

MIKROPRZESZŁOŚĆ

Badania specjalistyczne w archeologii



pod redakcją
Aldony Kurzawskiej i Iwony Sobkowiak-Tabaki



WYDZIAŁ
ARCHEOLOGII

MIKROPRZESZŁOŚĆ

Badania specjalistyczne w archeologii

pod redakcją

Aldony Kurzawskiej i Iwony Sobkowiak-Tabaki

Poznań 2021

Mikroprzeszłość
Badania specjalistyczne w archeologii

Recenzje:
dr hab. Maria Lityńska-Zajac, prof. IAE PAN
dr hab. Marek Nowak, prof. UJ

Redakcja:
Aldona Kurzawska
Iwona Sobkowiak-Tabaka

Opracowanie techniczne i skład komputerowy:
Bartłomiej Gruszka

Korekta językowa:
Agnieszka Gruszka

Projekt okładki i rycin poprzedzających rozdziały:
Przemysław Matejko

ISBN: 978-83-946591-8-9

<https://doi.org/10.14746/WA.2021.1.978-83-946591-8-9>

Monografia jest dostępna online w Repozytorium Uniwersytetu im A. Mickiewicza w Poznaniu
<https://repozytorium.amu.edu.pl/>

Wydział Archeologii
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Publikacja dofinansowana z Projektu Wydziału Archeologii nr DEC/19/WArch/2021

Copyright by Faculty of Archaeology Adam Mickiewicz University in Poznań and authors

Poznań 2021

Nakład:
200 egz.

SPIS TREŚCI

Przedmowa	5
Andrzej Michałowski	
Wprowadzenie	7
Aldona Kurzawska, Iwona Sobkowiak-Tabaka	
Palinologia	13
Piotr Kołaczek, Monika Karpińska-Kołaczek, Sambor Czerwiński, Katarzyna Marcisz, Mariusz Lamentowicz	
Archeobotanika	31
Magdalena Moskal-del Hoyo	
Dendroarcheologia	67
Henryk P. Dąbrowski	
Mikroskamieniałości okrzemkowe	89
Monika Rzodkiewicz	
Wioślarki	115
Izabela Zawiska	
Archeoentomologia	131
Marcin Kadej, Szymon Konwerski, Agata Hałuszko	
Archeomalakologia	155
Aldona Kurzawska	
Izotopy stabilne węgla ($\delta^{13}\text{C}$) i tlenu ($\delta^{18}\text{O}$) w archeomalakologii	181
Karina Apolinarska	
Archeozoologia	199
Jarosław Wilczyński	

Antropologia fizyczna	219
Dorota Lorkiewicz-Muszyńska, Julia Sobol, Wojciech Kociemba, Anna Hyrchała, Mariusz Glapiński	
Archeogenetyka	249
Maciej Chyleński	
Mikromorfologia	277
Karolina Leszczyńska, Michał Jankowiak	
Petroarcheologia	297
Piotr Gunia, Ewa Lisowska	
Surowce krzemionkowe – możliwości badań	315
Iwona Sobkowiak-Tabaka	
Traseologia	333
Katarzyna Pyżewicz	
Ceramika – badania petroarcheologiczne	353
Piotr Gunia, Marta Krueger, Ewa Lisowska	
Ceramika – badania osadów organicznych wnętrza naczyń	367
Marta Krueger	
Tekstylnia	387
Maria Cybulska, Anna Drązkowska	
Archeometalurgia	407
Marcin Biborski, Mateusz Biborski	
Mikroskopy stosowane w archeologii	431
Piotr Gunia, Ewa Lisowska, Aldona Kurzawska	
Ręczny spektrometr fluorescencji rentgenowskiej (XRF) w archeologii	443
Michał Krueger	
Wykaz autorów	451



Ręczny spektrometr fluorescencji rentgenowskiej (XRF) w archeologii

Michał Krueger

WPROWADZENIE

Ręczny spektrometr fluorescencji rentgenowskiej (XRF) w ostatnich latach zyskał dużą popularność wśród archeologów. Aparat umożliwia oznaczanie od kilku do kilkudziesięciu pierwiastków chemicznych w zależności od wybranego trybu analitycznego. Jest prosty w użyciu i ma kompaktowe rozmiary pozwalające na pracę w terenie. Badania przy użyciu spektrometru wpisują się w coraz powszechniejsze studia z zakresu archeometrii i stanowią ważne uzupełnienie analiz mikroskopowych.

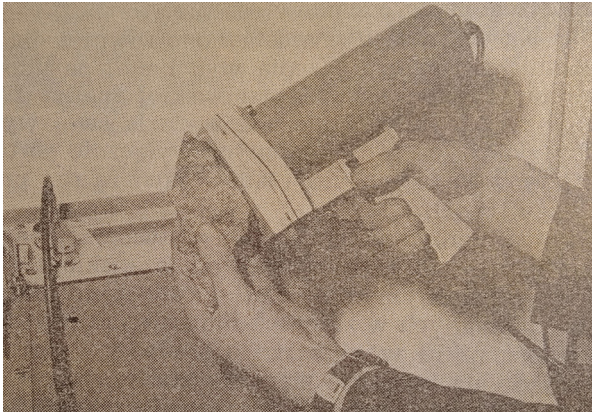
Specjalistyczne analizy zabytków archeologicznych mają bardzo długą tradycję sięgającą XIX w. Badacze od dawna zainteresowani byli materiałem, z którego został wykonany zabytek, użytą do jego wyrobu technologią czy datowaniem. Zabytki czasem trafiały do laboratoriów, gdzie prowadzono analizy składu chemicznego. Przykładowo w 1870 r. Albin hr. Węsierski z Zakrzewa, wieloletni badacz grodu na Ostrowie Lednickim, przekazał fragmenty zaprawy murarskiej z budowli lednickiej do laboratoriów farmaceutycznych celem określenia ich składu pierwiastkowego (Fogel 1991: 23). Dalekowzroczność A. Węsierskiego jest godna podziwu; zaprawy z Lednicy były niedawno analizowane pod kątem składu chemicznego ręcznym spektrometrem (Niedzielski 2020), a ten rodzaj aktywności jest podawany za przykład nowoczesności

prac badawczych. Mało kto jednak pamięta, iż szlak został przetarty 150 lat wcześniej.

Pierwsze przykłady użycia na świecie ręcznych spektrometrów są datowane na drugą połowę lat 60. XX w. W Polsce na początku lat 60. XX w. wykorzystywano stacjonarny spektrometr fluorescencji rentgenowskiej do analiz artefaktów archeologicznych (Pytliński 1962), natomiast już w 1968 r. powstały pierwsze aparaty przenośne o oficjalnej nazwie „fluorescencyjny analizator rud FAR-1” (ryc. 1) produkowane przez Zakład Doświadczalny Biura Urządzeń Techniki Jądrowej w Krakowie (Manecki i Niewodniczański 1988: 647). W latach 70. XX w. prowadzono przy ich użyciu badania naukowe (np. Niewodniczański i in. 1974; Dziunikowski i in. 1976). Archeolodzy bardzo szybko dostrzegli potencjał tej aparatury do badań zabytków archeologicznych, czego efektem są prace na temat identyfikacji surowców krzemiennych (Lech i in. 1974) czy srebrnych monet (Stós-Fertner 1975). Kolejne lata przyniosły gwałtowny rozwój kompaktowych spektrometrów umożliwiających analizy w terenie.

METODA BADAWCZA

Ręczne spektrometry z dyspersją energii służą do analizy chemicznej opartej na obserwacji promieniowania rentgenowskiego pierwiastków



Ryc. 1. Analizator FAR-1 (źródło: Manecki i Niewodniczański 1988: 655)

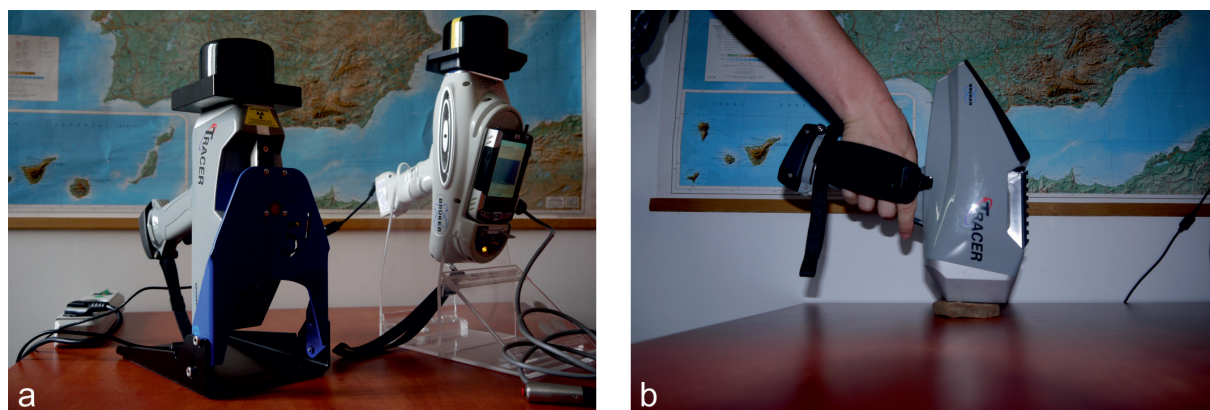
występujących w próbce, wzbudzanego przez lampę rentgenowską (Maneck i Niewodniczański 1988: 632). Promieniowanie powoduje przejście atomów w stan wzbudzony. Następstwa tego procesu zostały ostatnio opisane przez E. Proniewicz: „Jeżeli bombardujące elektrony mają wystarczającą energię kinetyczną, to w wyniku oddziaływania dochodzi do wybicia elektronów z wewnętrznych powłok elektronowych atomów, z których zbudowana jest badana próbka, w wyniku czego powstają luki. Luki po wybitych elektronach są zapelniane przez elektrony z wyższych powłok elektronowych atomu. Elektron przechodząc z wyższej powłoki do powłoki niższej emituje kwant promieniowania rentgenowskiego. Ponieważ każdy pierwiastek ma unikalną strukturę atomową, to promieniowanie emitowane tworzy unikalny i charakterystyczny zestaw pików (o ściśle określonych energiach) w widmie emisji elektromagnetycznej, co pozwala na identyfikację pierwiastków obecnych w badanej próbce” (Proniewicz 2021).

Zanim jednak dojdzie do samej analizy, konieczne jest pozyskanie i przygotowanie artefaktów potrzebnych do jej przeprowadzenia. Ręczny spektrometr fluorescencji rentgenowskiej umożliwia badanie szerokiej gamy artefaktów archeologicznych, wśród których najbardziej popularne są: ceramika, metale i obsydian. Dużą popularnością cieszą się także analizy substancji barwiących. Największą zaletą tego rodzaju badań jest ich nieinwazyjny charakter oraz możliwość transportu aparatury w dowolne miejsce, np. na wykopaliska lub do magazynu muzealnego. Zarówno analizy w Polsce, jak i poza granicami kraju wymagają uzyskania pozwolenia Państwowej Agencji Atomistyki lub jej zagranicznego odpowiednika.

Spektrometrem można analizować całe zabytki albo ich części. Zabytki mogą być dowolnych rozmiarów. Ważne natomiast jest znalezienie płaskiej powierzchni, do której można przyłożyć spektrometr. Często wybieraną strategią jest pobór próbek. Te powinny być pobierane z artefaktów o ustalonym kontekście archeologicznym, możliwe są wówczas analizy wieloaspektowe, a nie tylko chemiczne. Wszelkie informacje o charakterze archeologicznym (precyzyjna lokalizacja, stratygrafia, typologia i datowanie, zabytki towarzyszące, osady i zabrudzenia, geologia obszaru, wykonane zabiegi konserwatorskie itp.) są bardzo cenne i trudno sobie bez nich wyobrazić świadomy proces interpretacji danych. Czasem jednak analizowane są artefakty pozbawione kontekstu archeologicznego, ponieważ specjalistyczne analizy są jedyną drogą do poszerzenia wiedzy o takich zabytkach; jest to przypadek całkiem licznych artefaktów pozyskanych w XVIII lub XIX w., kiedy warsztat badawczy archeologii jeszcze nie istniał lub dopiero raczkował.

Na etapie pobierania prób należy pamiętać, by zabytek właściwie zabezpieczyć i oznakować: w przypadku niewielkich przedmiotów wskazane jest użycie woreczków strunowych i umieszczenie oznaczeń inwentaryzacyjnych na ich powierzchni, w żadnym razie na samej próbce. Oznaczenia warto powtórzyć, ponieważ nawet niezmywalne markery nie są wystarczająco trwałe. Do analiz niekoniecznie muszą być przeznaczone wyłącznie małe artefakty. Ręczny spektrometr ze względu na możliwość łatwego przenoszenia i pracę bez zewnętrznego źródła zasilania umożliwia analizy obiektów o znacznych rozmiarach znajdujących się w otwartej przestrzeni. Warunkiem powodzenia jest uzyskanie płaskiej, czystej powierzchni. Zalecane jest przemywanie próbek wodą o czystości laboratoryjnej. Małe próbki powinny mieścić się pod metalową osłoną nakładaną na stolik laboratoryjny, kiedy spektrometr ustawiony jest pionowo (ryc. 2a). Gwarantuje to zatrzymanie promieni rentgenowskich w obrębie osłony. Praca w trybie ręcznym (ryc. 2b) jest przez to bardziej ryzykowna; należy zwracać uwagę, by aparat ściśle dolegał do badanej powierzchni.

Próbki metalowe powinny być wolne od korozji i jakichkolwiek innych zanieczyszczeń. Nałożone warstwy konserwacyjne wykluczają przeprowadzenie wiarygodnych analiz. W przypadku ceramiki istnieje możliwość sproszkowania próbki, analizy powierzchni zewnętrznej lub przełamu. Powierzchnia wewnętrzna nie powinna być analizowana ze



Ryc. 2. Ręczne spektrometry fluorescencji rentgenowskiej w pozycji laboratoryjnej (a); Spektrometr użytkowany w trybie ręcznym (b). Fot. M. Krueger

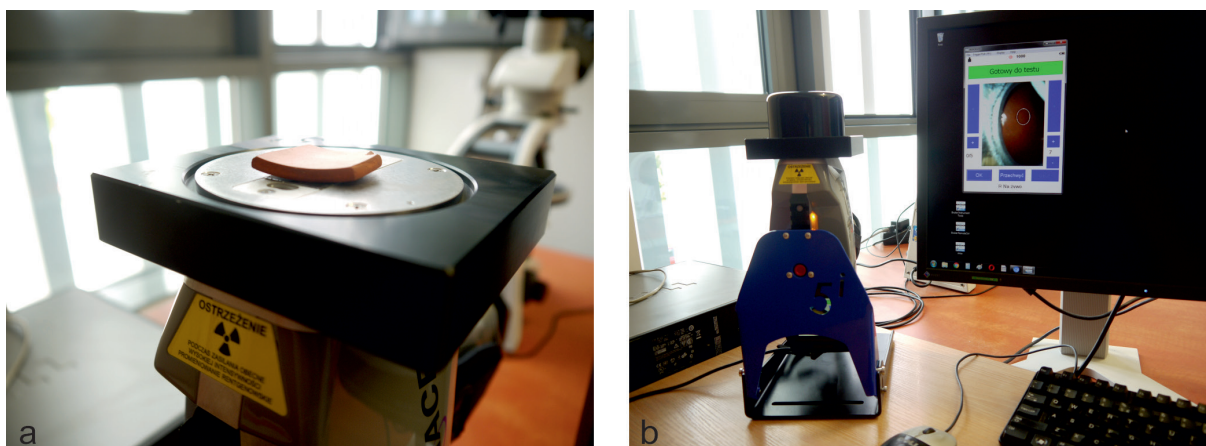
względem na krzywizny uniemożliwiające zachowanie minimalnej odległości między spektrometrem a próbką. Proszkowanie próbki jest dobrym rozwiązaniem, jako że materiał staje się homogeniczny, ale ma także poważną wadę: w przypadku chęci powiększenia zbioru próbek (np. o zabytki pochodzące z wystawy muzealnej) proszkowanie kolejnych fragmentów ceramiki może okazać się niewykonalne ze względów konserwatorskich. Najbardziej polecane jest analizowanie powierzchni zewnętrznej skorupy (ryc. 3a), ponieważ odległość między zabytkiem a detektorem jest stała, a poza tym, decydując się na badania powierzchni zewnętrznej, mamy możliwość analiz kompletnie zachowanych naczyń. Bardzo istotne jest, by zawsze badać w ten sam sposób zabytki z określonego zbioru; badania eksperymentalne pokazują, że wyniki dla tych samych próbek poddanych zmieleniu i niemielonych są odmienne (Niedzielski i in. 2020). Podczas pobierania próbek ceramiki przydają się obcegi pozwalające na dość precyzyjne wydzielenie potrzebnego fragmentu. Do badań spektrometrycznych wystarczające są nawet tak małe skorupy, jak te o powierzchni 1 cm², jednak korzystniej jest zdobyć większe fragmenty, ponieważ można je przeanalizować w kilku miejscach, przesuwając skorupę na stoliku laboratoryjnym.

Wybór napięcia, natężenia, filtru, użycie pompy próżniowej są uzależnione od trybów analitycznych i zaleceń producenta aparatury. Im dłuższy czas pojedynczej analizy, tym jej dokładność jest większa. Już piętnastosekundowy pomiar pozwala na uzyskanie wiarygodnego wyniku: aparat automatycznie wykonuje w tym czasie piętnaście powtórzeń pomiarów. Artefakty archeologiczne cechują się małą homogenicznością, dlatego korzystniej jest dokonać trzech

pomiarów piętnastosekundowych w odmiennych punktach artefaktu niż jednego czterdziestopięciusekundowego pomiaru w jednym miejscu. Niektóre modele spektrometrów oferują możliwość obserwacji próbki za pomocą kamery (ryc. 3b), dzięki czemu można wybrać obszar najbardziej nadający się do analiz. Warto unikać miejsc z widoczną na powierzchni naczynia domieszką czy zdobieniami wykonanymi przy użyciu pigmentów, chyba że celem badań są powierzchnie malowane. Wyniki analiz widoczne są od razu na ekranie palmtopa (ryc. 4a) lub także na ekranie komputera współpracującego ze spektrometrem (ryc. 4b). Rezultaty powinny zostać uśrednione. Należy także obliczyć odchylenie standardowe dla poszczególnych grup wyników. Jeżeli jest ono duże, to wiarygodność takich pomiarów jest niska. Otrzymane wyniki mogą stać się przedmiotem analiz statystycznych, np. przy użyciu darmowego programu PAST, który zawiera powszechnie używane testy statystyczne i oferuje możliwość sporządzania wykresów.

Wskazane jest tworzenie kolekcji referencyjnych i publikowanie, o ile wydawca na to pozwala, pełnych danych analitycznych. Inne rozwiązanie to upublicznianie wyników w internetowych bazach danych. Dane wyjściowe mogą w przyszłości posłużyć do studiów komparatystycznych.

Wykorzystanie ręcznego spektrometru w sposób pełny związane jest ze współpracą z chemikiem, geologiem i osobą, która biegle posługuje się testami statystycznymi. Archeolog może postawić pytania badawcze, wybrać materiał, przygotować próbki, przeprowadzić analizy i wstępnie obrobić dane. Ocena warunków geologicznych stanowisk archeologicznych, z których pochodzą badane materiały, oraz wyjaśnienie różnic w składzie chemicznym artefaktów



Ryc. 3. Właściwe ułożenie próbki ceramiki na stoliku laboratoryjnym (a); Obraz próbki z kamery spektrometru na ekranie monitora (b). Fot. M. Krueger

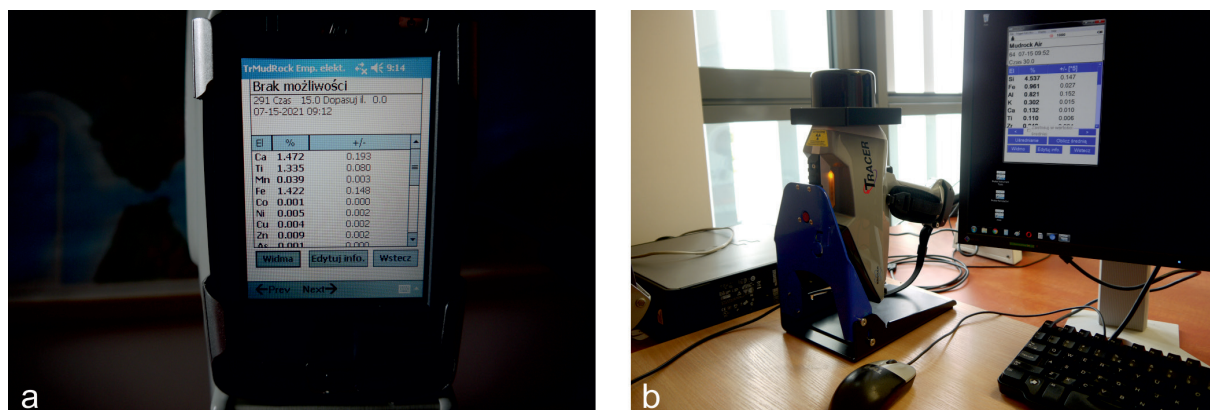
to zadanie dla specjalistów z zakresu nauk o Ziemi i nauk chemicznych. Etap analiz statystycznych i interpretacji przyniesie najlepsze efekty, jeżeli nad rezultatami badań będzie pracował interdyscyplinarny zespół, ponieważ analizy specjalistyczne materiałów archeologicznych są z założenia wielokierunkowe.

WYBRANE PRZYKŁADY ANALIZ SPEKTROMETRYCZNYCH

Jedną z klasycznych prac ukazujących potencjał ręcznego spektrometru w studiach nad wypaloną gliną jest artykuł autorstwa Y. Gorena, H. Mommsena i J. Klingera (2011). Badacze wybrali tę aparaturę ze względu na jej nieinwazyjny charakter i chęć skonstruowania wyników z przeprowadzonymi wcześniej obserwacjami petrograficznymi i rezultatami neutronowej analizy aktywacyjnej. Zespół analizował obszerny zbiór tabliczek klinowych celem ustalenia ich proveniencji. Wyniki pokazały, że ręczny spektrometr nadaje się do tego typu analiz. Zaobserwowano, że najlepsze rezultaty otrzymuje się, analizując wyniki dla następujących pierwiastków: glin, krzem, potas, tytan, rubid, cyrkon i niob. Oprócz zaawansowanych testów statystycznych przeprowadzono także testy par pierwiastków; szczególnie dobre wyniki uzyskano, zestawiając potas z tytanem. Ten test ma charakter uniwersalny i sprawdził się także na drugim krańcu basenu Morza Śródziemnego podczas analiz artefaktów z zachodniej Andaluzji. Dzięki niemu można pogrupować ceramikę pochodzącą z różnych stanowisk archeologicznych. Dla przykładu, ceramika

toczona na kole szybkoobrotowym o niskiej zawartości potasu i tytanu jest charakterystyczna dla stanowiska La Cruz del Negro (Krueger i Brandherm 2019: 80). Taka informacja może być kluczowa, by wykryć przedmioty importowane z La Cruz del Negro wśród materiału ceramicznego pochodzącego z innego stanowiska archeologicznego. Warto przy tym dodać, że to narzędzie w określonych warunkach nie będzie działać. Przeszkodą może być praktyka mieszania glin pochodzących z różnych wychodni albo takie same warunki geologiczne panujące w różnych miejscach czerpania gliny. Szczególnie trudne są badania materiałów ceramicznych pochodzących z terenów Niziny Środkowoeuropejskiej pokrytej utworami polodowcowymi.

Na problemy w badaniu ceramiki ręcznym spektrometrem fluorescencji rentgenowskiej zwrócili m.in. uwagę L. Ceccarelli, I. Rossetti, L. Primavesi i S. Stoddart (2016). Badacze podkreślają dotkliwy brak próbek wzorcowych i reprezentatywnych kalibracji dla materiałów ceramicznych. Cechy fizyczne ceramiki, niska gęstość i mała jednorodność również nie ułatwiają pracy z tego typu artefaktami. Autorzy wybrali jednak do badań przede wszystkim ceramikę pochodzącą ze stanowiska Montelabate położonego w prowincji Perugia, na którym odkryto piec garncarskie, co umożliwia zidentyfikowanie lokalnej produkcji, określenie cech naczyń wyrabianych w tej osadzie i odróżnienie ich od amfor pochodzących z innych stanowisk. Stwierdzono, że poziom zawartości wapnia, strontu i ołowiu jest związany przede wszystkim z procesem garncarskim, natomiast zawartość żelaza i chromu wiąże się z obecnością tych pierwiastków w glinie użytej do toczenia naczyń (Ceccarelli



Ryc. 4. Wyniki ilościowe widoczne są na ekranie palmtopa natychmiast po wykonaniu pomiaru. Informacja „brak możliwości” oznacza, że badana próbka nie może być zaklasyfikowana do materiałów referencyjnych zgromadzonych w bazie danych spektrometru. Prawa kolumna cyfr pokazuje zakresy błędów (a); Spektrometrem można sterować z poziomu komputera (b). Fot. M. Krueger

i in. 2016: 260). W toku analiz stworzono wzorce kalibracyjne dla ceramiki, które, jak twierdzą autorzy, mają charakter reprezentatywny i odtwarzalny.

Ręczny spektrometr może, rzecz jasna, badać inne materiały niż tylko wypaloną glinę. Często wykorzystywany jest do analiz obsydianu. Przykładem mogą być badania zespołu zabytków obsydianowych z chalkolitycznej osady Dava Göz w północno-zachodnim Iranie w ujęciu diachronicznym, zainicjowane przez A. Abedi, B. Varoutsikos i C. Chataignera (2018). Badacze przeanalizowali ponad sto dwadzieścia artefaktów z różnych faz istnienia stanowiska. Stwierdzili, że na początku obsydian docierał z różnych źródeł, natomiast wraz z upływem czasu zaczęto korzystać z jednej wychodni. Zmiany te mogły być spowodowane reorganizacją sezonowego pasterstwa; pastarze mogli być bowiem pośrednikami w handlu tą skałą (Abedi i in. 2018: 763). Badania spektrometryczne zidentyfikowały wychodnie, natomiast autorzy wyciągnęli z tych danych interesujące, daleko idące wnioski o przeobrażeniach w ponadregionalnych kontaktach mieszkańców osady Dava Göz.

Powyższe przykłady pokazują, że ręczny XRF jest często wykorzystywany jako narzędzie do badań nad pochodzeniem artefaktów archeologicznych. Jest to wciąż zadawane pytanie badawcze i trudno się temu dziwić, skoro w wielu regionach świata podstawowe problemy archeologii mające implikacje społeczno-ekonomiczne, w tym kwestie związane z proveniencją artefaktów, nie zostały satysfakcjonująco rozwiązane. Upowszechnienie spektrometrów w archeologii zapewne przyczyni się do przewyżczenia tego impasu.

Warto także wspomnieć o możliwościach analiz ręcznym spektrometrem metali. Nie są to badania często przeprowadzane ze względu na powszechną korozję zabytków, która utrudnia otrzymanie wiarygodnych wyników. H. Wrobel Nørgaard (2017) dowiodła istnienia znacznych różnic w składzie chemicznym między powierzchnią zewnętrzną a rdzeniem zabytku wykonanego z brązu. Niemniej jednak, zdaniem autorki, nie należy kompletnie zaniechać analiz artefaktów wykonanych ze stopów miedzi, nawet skorodowanych. Podstawowe pierwiastki chemiczne tworzące materię zabytku są możliwe do zidentyfikowania przez ręczny spektrometr, co daje pewne możliwości rozpoznania stopu (Wrobel Nørgaard 2017: 120). Nie ulega jednak wątpliwości, że nie jest to najlepsze narzędzie do analiz zabytków metalowych, ale zwykle ze względów konserwatorskich nie ma innej alternatywy niż ręczny spektrometr fluorescencji rentgenowskiej.

KILKA SŁÓW REFLEKSJI

Baza aparaturowa i sposoby jej używania to tylko jeden z aspektów związanych z wprowadzeniem do archeologii tego typu narzędzi. Użycie zaawansowanych instrumentów technologicznych może dawać złudne poczucie docierania do obiektywnych danych pozwalających rekonstruować przeszłość. M. Pawleta i R. Zapłata zastanawiają się (2011: 344-345), czy zastosowanie w archeologii nowych narzędzi z kręgu szeroko rozumianej techniki może być postrzegane jako przejaw fetyszyzacji. Istnieje bowiem



Ryc. 5. Analiza XRF zapraw z palatium na Ostrowie Lednickim. Fot. P. Niedzielski

ryzyko, że nowe technologie zostaną przez archeologów wykorzystane w sposób instrumentalny.

W podobnym kierunku podąża W. Rączkowski, który stwierdza, że technika jest powiązana ze sposobem odkrywania, z poznaniem, a nie tylko z użyskiwaniem rezultatów. Wykazuje, że technika, choć powszechnie postrzegana jako neutralna, w istocie taka nie jest (2018: 224). Nieco parafrazując rozważania profesora dotyczące wizualizacji w archeologii, można powiedzieć, że każdy etap procesu badawczego jest uwarunkowany indywidualnymi decyzjami osób zaangażowanych w analizy, a końcowe dane są efektem procesów podejmowanych na podstawie wiedzy, możliwości technicznych i umiejętności (2018: 225). Rezultatów analiz nie można zatem traktować jako wiernego odwzorowania rzeczywistości.

Nie oznacza to oczywiście, że należy pominąć specjalistyczne analizy i rzucić się w wir rozważań wyłącznie teoretycznych. Sedno problemu leży w świadomym podejściu do złożoności procesu badawczego i do licznych ograniczeń z nim związanych. Warto pamiętać, że same wyniki w postaci ciągów liczb czy licznych wykresów niewiele mówią o przeszłości, a są przecież atrakcyjnymi apendyksami w archeologicznych monografiach. Dokumentują przeprowadzone analizy, ale bez próby interpretacji mogą być co najwyżej elementem publicznej bazy danych, którą można wykorzystać w przyszłości.

Pytanie o sensowność prowadzenia badań przy użyciu ręcznego spektrometru przed dekadą postawiła R. Joyce, znana przede wszystkim z prac z zakresu archeologii społecznej. Jej opinia była jednoznacznie pozytywna, a opierała się na stwierdzeniu, iż kwestie technologiczne są nierozdzielnie związane z relacjami społecznymi (Joyce 2011: 196-198). W takim ujęciu badania z zakresu archeometrii mogą znaleźć się w kręgu zainteresowań archeologii społecznej.

Wybór określonej technologii jawi się jako ściśle uzależniony od czynników społecznych, takich jak tradycja, wierzenia, organizacja społeczna etc., a wyrabiane przedmioty stanowią ślad podejmowanych decyzji w zakresie użytkowanej kultury materialnej. Poprzez użycie określonych surowców oraz technologii dawne społeczności mogły manifestować własną tożsamość, przywiązanie do lokalnych tradycji lub przeciwnie – otwartość na przyjęcie impulsów z zewnątrz. Jest to wystarczający argument, by nie tylko nie zaniechać analiz specjalistycznych, lecz przyjmując krytyczną postawę, próbować docierać do dawnych znaczeń za pomocą nowoczesnej aparatury. Kluczowe wydają się być dobrze przemyślany i zaplanowany proces badawczy, gruntowna znajomość ograniczeń metody, refleksja nad uzyskanymi informacjami i współpraca ze specjalistami z zakresu nauk ścisłych.

PODSUMOWANIE

Ręczny spektrometr fluorescencji rentgenowskiej (XFR) jest bez wątpienia użytecznym narzędziem, które może dostarczyć nowych informacji o artefaktach archeologicznych. Rozpoznanie składu pierwiastkowego, poza identyfikacją rodzaju badanego materiału, co w przypadku niektórych zabytków wcale nie jest rzeczą oczywistą, stanowi pierwszy krok w kierunku ustalenia proveniencji zabytku i poznania technologii wyrobu. Jest to asumpt do dalszych refleksji o charakterze społeczno-ekonomicznym. Poza badaniem materiału masowego spektrometr umożliwia także nieinwazyjne analizy artefaktów, które znajdują się w kolekcjach muzealnych. Dostarcza przez to nowych informacji o artefaktach pozbawionych kontekstu archeologicznego. Potencjał badawczy aparatury może być właściwie wykorzystany poprzez standaryzację procedur analitycznych, tworzenie referencyjnych baz danych i nade

wszystko, krytyczne podejście do otrzymywanych wyników. Aparatura ta powinna być wykorzystywana jako narzędzie komplementarne względem technik mikroskopowych. Ręczny spektrometr fluorescencji rentgenowskiej co prawda nie jest tak precyzyjny jak przystawka EDS do skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM), jednak na korzyść XRF przemawia jego wielokrotnie niższa cena niż SEM, a także możliwość przeprowadzenia analiz artefaktów o nieograniczonych rozmiarach (ryc. 5). Ważną cechą tej aparatury są jej niewielkie rozmiary pozwalające na przewóz spektrometru w bagażu podręcznym.

FINANSOWANIE

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki na podstawie decyzji 2017/25/B/HS3/00635. Bardzo dziękuję Panu Profesorowi Przemysławowi Niedzielskiemu z Wydziału Chemii UAM oraz Panu Inżynierowi Mikołajowi Szulerowiczowi z firmy PIK Instruments za wszechstronną pomoc w zakresie użytkowania spektrometrów fluorescencji rentgenowskiej.

LITERATURA

- Abedi, A., Varoutsikos, B., Chataigner, C. 2018. Provenance of obsidian artifacts from the Chalcolithic site of Dava Göz in NW IRAN using portable XRF. *Journal of Archaeological Science: Reports* 20: 756–767.
- Ceccarelli, L., Rossetti, I., Primavesi, L., Stoddart S. 2016. Non-Destructive Method for the Identification of Ceramic Production by Portable X-Rays Fluorescence (PXRF). A Case Study of Amphorae Manufacture in Central Italy. *Journal of Archaeological Science: Reports* 10: 253–262.
- Dziunikowski, B., Markowicz, A., Hybińska-Gacek, E. 1976. Radiometryczne oznaczanie Fe_2O_3 w glinach i łupkach ogniotrwałych w warunkach kopalnianych, (w:) M. Wasilewska (red.), *Postępy techniki izotopowej w nauce i gospodarce narodowej*. Kraków, 11–27.
- Fogel, J. 1991. *Pompeja polska. Z dziejów archeologii wielkopolskiej XIX wieku: działalność Albina hr. Węsierskiego i Zbigniewa hr. Węsierskiego-Kwileckiego*. Poznań.
- Goren, Y., Mommsen, H., Klinger, J. 2011. Non-destructive provenance study of cuneiform tablets using portable X-ray fluorescence (pXRF). *Journal of Archaeological Science* 38: 684–696.
- Joyce, R.A. 2011. Is There a Future for XRF in a 21st Century Archaeology?, (w:) M.S. Shackley (red.), *X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*. New York-Dordrecht-Heidelberg-London, 193–202.
- Krueger, M., Brandherm, D. 2019. Chemical Characterization via pXRF of Early Iron Age Pottery from SW Iberia. *UISPP Journal* 2(1): 77–82.
- Lech, J., Nowicki, Z., Sołtyk, W. 1974. Zastosowanie reaktorowej analizy aktywacyjnej i fluorescencji rentgenowskiej do identyfikacji surowców krzemieniach dla badań archeologicznych, (w:) M. Wasilewska (red.), *Postępy techniki izotopowej w nauce i gospodarce narodowej*. Kraków, 87–96.
- Manecki, A., Niewodniczański, J. 1988. Rentgenowska analiza fluorescencyjna, (w:) A. Bolewski, W. Żabiński (red.), *Metody badania minerałów i skał* (II wyd.). Warszawa, 632–657.
- Niedzielski, P. 2020. Wstępne wyniki badań składu pierwiastkowego zapraw palatium na Ostrowie Lednickim z użyciem rentgenowskiej spektrometrii fluorescencyjnej (XRF), (w:) D. Banaszak, A. Kowalczyk, A. Tabaka, A.M. Wywra (red.), *Ostrów Lednicki - palatium Mieszka I i Bolesława Chrobrego. Chronologia i kontekst*. Lednica, 261–274.
- Niedzielski, P., Krueger, M., Brandherm, D. 2020. Effects of sample processing on XRF results from archeological pottery. *Materials and Manufacturing Processes* 35(13): 1455–1460.
- Niewodniczański, J., Manecki, A., Dominik, B. 1974. Non-destructive determinations of nickel in iron meteorites. *Journal of Radioanalytical Chemistry* 20: 71–75.
- Pawleta, M., Zapłata, R. 2011. Obrazowanie przeszłości w świetle nowych mediów – technologii cyfrowych, (w:) R. Zapłata (red.), *Digitalizacja dziedzictwa kulturowego. Wybrane zagadnienia*. Lublin: 335–358.
- Proniewicz, E. 2021. Spektroskopia rentgenowska z dyspersją energii, (w:) M. Starowicz (red.), *Podstawy chemii polimerów* (e-podręcznik AGH). Kraków. Dokument elektroniczny <https://epodreczniki.open.agh.edu.pl/tiki-index.php>, dostęp 5 lutego 2021.
- Pytliński, A. 1962. Rentgeno-spektrograficzna analiza fluorescencyjna i możliwości jej zastosowania dla badania składu chemicznego zabytków archeologicznych. *Kwartalnik Historii Kultury Materialnej* 10(1-2): 137–142.
- Rączkowski, W. 2018. Fetyszizacja: chwila namysłu nad technologiami i wizualizacjami w archeologii, (w:) A. Posern-Zieliński, J. Sawicka, J. Kabaciński, M. Kara, K. Zamel-ska-Monczak (red.), *Archeologia jako humanistyczna interpretacja przeszłości. Studia dedykowane Profesorowi Henrykowi Mamzerowi*. Poznań, 229–245.
- Stós-Fertner, Z. 1975. Zastosowanie radioizotopowej analizy fluorescencyjnej do oznaczania zanieczyszczeń ciężkimi metalami srebra dirhemów arabskich. *Wiadomości Numizmatyczne* 19(4): 207–224.
- Wrobel Nørgaard, H. 2017. Portable XRF on Prehistoric Bronze Artefacts: Limitations and Use for the Detection of Bronze Age Metal Workshops. *Open Archaeology* 3(1): 101–122.

