

## WYBRANE MINERALOGICZNO-PETROGRAFICZNE METODY BADAWCZE W STUDIACH NAD CERAMIKĄ ZABYTKOWĄ

UKD 550.85:571.55+666.3+666.64:549.12:535.826.4+536.41+543.21+543.226+537.533.35:548.734

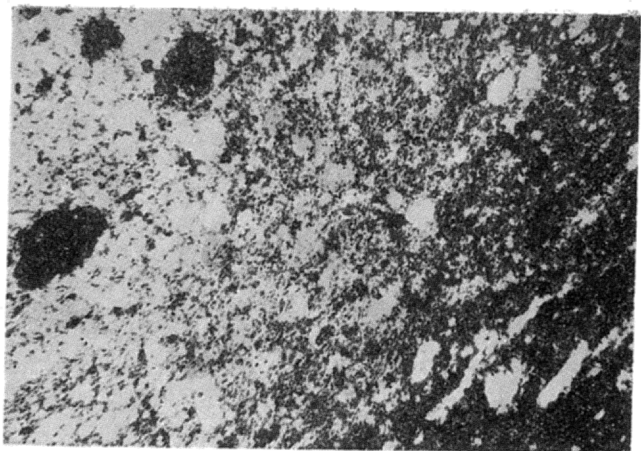
Oprócz licznych opracowań materiałów archeologicznych metodami paleobotaniki czy metalurgii, pojawiają się publikacje, których autorzy starają się za pomocą kompleksowych metod współczesnej nauki wyjaśnić pewne, wybrane zagadnienia technologiczne, związane z wytwórczością ceramiki dawnej. Wbrew wielu poglądom, badań zabytkowych materiałów ceramicznych nie ogranicza się do określenia form i ornamentyki wyrobów oraz makroskopowej obserwacji tworzywa. W śledzeniu wytwórczości garncarskiej na przestrzeni wieków zauważyć się daje ustawiczną dążność do stosowania coraz doskonalszych metod produkcyjnych i lepszego zestawu składników masy dobranej z surowców swoistych dla danego obszaru.

Eksperymentalne metody technologiczne, stosowane obecnie w odniesieniu do ceramiki dawnej, obejmują przede wszystkim badania nad ustaleniem składu surowców wprowadzonych do masy oraz od-

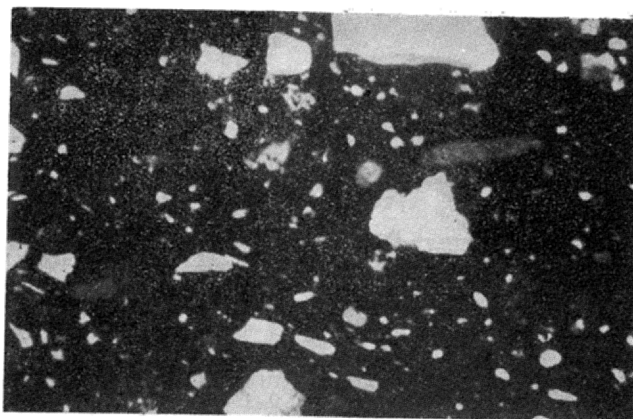
tworzeniem pierwotnych warunków wypalania wyrobów. Uzyskane dane o poziomie produkcji stanowią cenny wkład do wiedzy o stopniu kultury materialnej danej społeczności.

W studiach nad ceramiką zabytkową szczególną przydatność znajdują niektóre metody stosowane w mineralogii, przy czym najszersze możliwości interpretacji stwarza mikroskopowa analiza cienkich płytek wprowadzona w archeologii polskiej przez T. Reymana (9) w 1955 r. Nie została ona jednak wówczas zastosowana na szerszą skalę.

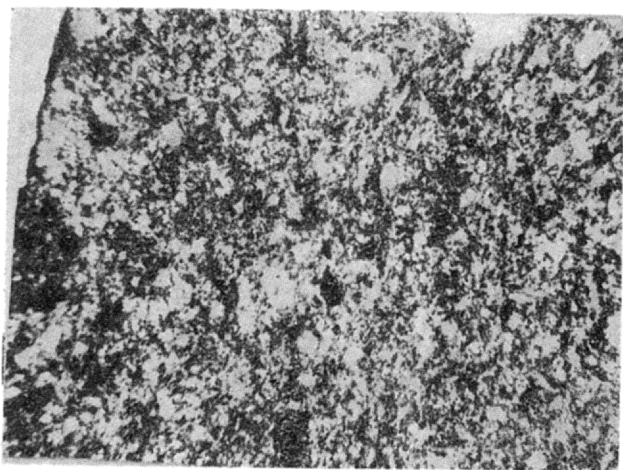
Spoza terenu Polski znane są interesujące wyniki badań petrograficznych ceramiki Meksyku i Stanów Zjednoczonych, wykonane przez A. O. Sheparda (10) i H. Williamsa (12), opracowania ceramiki antycznej M. W. Felisa (4) i starosyryjskiej F. R. Matsona (6), a także W. Buttlera, R. Obenauera (3), G. Ottona (8), F. Oberliesa (7) i in.



Ryc. 1. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym ceramiki szarej, szorstkiej, wytoczonej na kole garncarskim (Cło pow. Kraków — okres rzymski). Pow. 100 X.



Ryc. 2. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym ceramiki szarej, szorstkiej, wytoczonej na kole garncarskim (Vindonissa, Szwajcaria — okres rzymski). Pow. 100 X.



Ryc. 3. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym ceramiki rzymskiej tzw. terra sigillata (Leányvár, Węgry). Pow. 100 X.



Ryc. 4. Makrofotografia zglądu ceramiki siwej, gładkiej, wytoczonej na kole garncarskim (Igołomia pow. Kraków — okres rzymski). Pow. 100 X.

Analiza mikroskopowa cienkich płytek jest metodą dającą najwięcej wiadomości o strukturze i teksturze czerepu. Jednym z warunków uzyskania trafnej oceny badanego materiału, jest właściwy dobór próbek przeznaczonych do analizy. Najlepiej nadają się do tego celu fragmenty naczyń dobrze określonych kulturowo i chronologicznie, o znanej lokalizacji znaleziska. Wskazane jest też zaznaczenie z jakiej partii naczynia pochodzi wytypowany do badania odłamek, gdyż niektóre fragmenty np. dna i krawędzi dają często — szczególnie w przypadku ustalania techniki formowania wyrobu, nietypowy układ wewnętrznej struktury tworzywa.

W analizie mikroskopowej ceramiki wyróżnia się w zasadzie następujące cechy materiału:

- 1) skrytokrystaliczne, bezpostaciowe, szkliste (izotropowe),
- 2) mikrokrystaliczne i ziarniste (anizotropowe),
- 3) substancje igielkowate,
- 4) przestrzenie niewypełnione (pory).

Obserwacja mikroskopowa umożliwia określenie mineralnego składu wypalanej masy garncarskiej, kształtu i wielkości ziarn, a w połączeniu z analizą planimetryczną ich wzajemnej ilościowej relacji. Dzięki niej ustalić można ponadto w większości przy-

padków sposób uformowania naczynia (lepione z powierzchniowym obtaczaniem czy toczone), na podstawie orientacji wewnętrznej ziarn wydłużonych i kształtu porów w tworzywie (ryc. 1, 2), stopień wykończenia powierzchni wyrobów (ryc. 3), spoiłość z ewentualną glazurą i in. Obserwacja preparatów pod względem ilości występujących składników mineralnych, substancji szklistej czy zmian daje możliwość przybliżonej oceny warunków wypalenia wyrobu. Mikroskopowa analiza wskazać może niekiedy na źródło surowców, pozwala także na ustalenie czy obecne w masie substancje są składnikami surowca, czy są dodatkami (np. tłuczeń skalny, tłuczeń ceramiczny, piasek, muszle, węgiel drzewny, sieczka i in.).

Dla uzyskania lepszej charakterystyki tworzywa ceramicznego wskazane jest uzupełnienie wyników badań analizą spektralną, chemiczną i racjonalną, gdyż otrzymane dane, zwłaszcza odnośnie występujących topników czy związków charakterystycznych, pozwalają niekiedy na ściślejszą lokalizację surowców.

Dla rozwiązania problemu techniki uformowania zabytkowego naczynia — oprócz obserwacji mikroskopowych tekstury w cienkich płytkach — stosować można także dwustronne zglądy, wycinane z rdzeni czerepów ceramicznych i ujawniające wewnętrzny



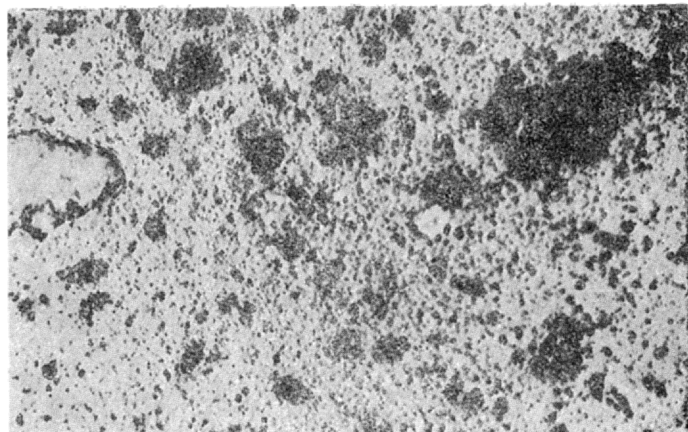
Ryc. 5. Makrofotografia zglądu ceramiki siwej, chropowatej, wytoczonej na kole garncarskim (Igołomia pow. Kraków — okres rzymski). Pow. 100 X.

układ tworzywa. W przypadku naczyń toczonych układ taki — podobnie jak w cienkich płytkach — jest wyraźnie ukierunkowany (ryc. 4, 5), natomiast chaotyczny, nieuporządkowany dla ceramiki wykonanej ręcznie i obtaczanej powierzchniowo (ryc. 6).

Zastosowanie analizy mikroskopowej w odniesieniu do zabytków ceramicznych spotyka się z zarzutem iż w niewielkim, cienkim preparacie niekoniecznie znaleźć się muszą wszystkie obecne w tworzywie minerały i że właściwsza byłaby metoda obserwacji materiału sproszkowanego. Wydaje się jednak, że jest to pogląd niesłuszny, w substancji sproszkowanej zanika bowiem tekstura i morfologia masy tworzywa oraz stopień rozdrobnienia składników. Nic również nie stoi na przeszkodzie stosowania obu metod równolegle.

Mimo iż w studiach mikroskopowych uwzględnić należy wiele okoliczności, które mają właściwy obraz surowego tworzywa ceramicznego (m. in. wtórne przepalenie wyrobu w trakcie użytkowania, przypadkowe wtrącenia w masie surowej itp.), to jednak ostateczne podsumowanie wyników (zwłaszcza w szerszym kontekście materiałowym) prowadzi do ustalenia wielu cech charakterystycznych dla danej kultury i do poznania niestosowanych już dziś procesów technologicznych i zestawów surowcowych.

Ważnym kryterium oceny poziomu dawnej technologii garncarskiej jest możliwość określenia warunków wypalania ceramiki. Szczególnie przydatne są tu pomiary dylatometryczne, umożliwiające określenie punktu spiekalności tworzywa w powiązaniu z pierwotną najwyższą temperaturą wypalania wyrobu. Metoda ta polega na rejestrowaniu zmian objętości badanej ceramiki w trakcie jej powtórnego wypalania. Punkt spiekalności, oznaczający początek pojawienia się fazy szklistej w tworzywie, zaznacza się na krzywej dylatometrycznej wyraźnym przegięciem. Ustalenie temperatury, w której pojawiło się przegięcie jest na ogół zbliżone z oznaczeniem pierwotnej, najwyższej temperatury wypalania wyrobu, z tym że (11, 16), była o około 10–20° niższa (ryc. 7). Jednocześnie stwierdzono, że w przypadku ceramiki niedopalonej lub wypalanej do temperatury niższej niż ta, w której zaznaczał się normalnie początek spiekalności badanych glin garncarskich, tzn. około 800–850°, załamanie krzywej zbiega się z punktem załamania dla glin surowych. W takich przypadkach pomiar dylatometryczny znalazł cenne powiązanie z termiczną analizą różnicową (TAR), umożliwiającą rejestrowanie przemian zachodzących w ogrzewanej substancji.



Ryc. 6. Makrofotografia zglądu ceramiki szorstkiej, obtaczanej powierzchniowo (Tropiszów pow. Kraków — okres rzymski). Pow. 100 X.

Ceramika wypalona w temperaturze zbiegającej się z temperaturą początku spiekania glin surowych daje w TAR obojętny, nieaktywny przebieg krzywych (oprócz odwracalnego efektu endotermicznego przemiany kwarcu w 573° C), a ewentualny efekt zaznacza się dopiero powyżej najwyższej temperatury pierwotnego wypalania. Próbkę ceramiki niedopalonej lub wypalanej w zbyt niskiej temperaturze dają wskutek zachodzącej najczęściej wtórnej hydratacji krzywą TAR zbliżoną do krzywych dla glin surowych (ryc. 8).

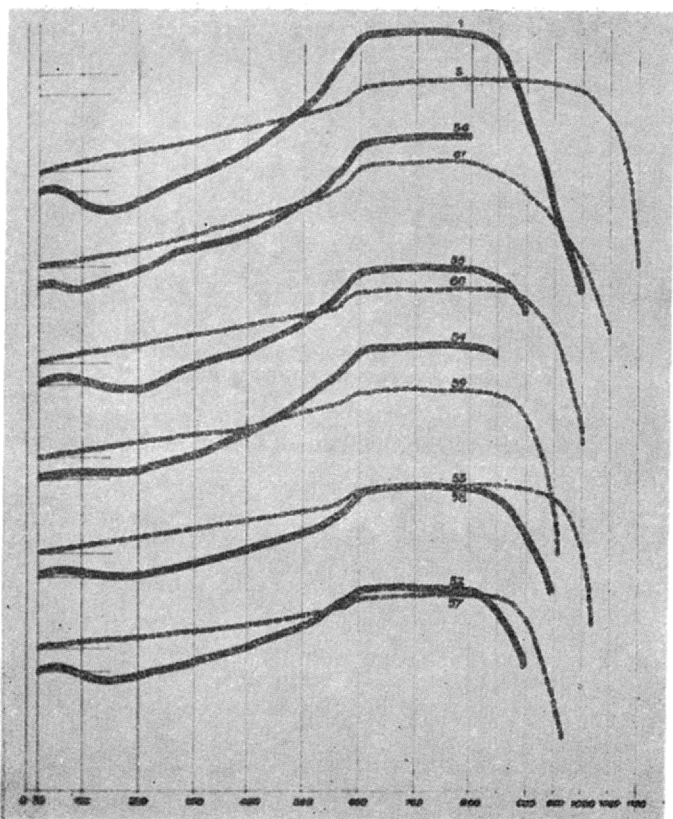
Podobne uzupełnienie analizy dylatometrycznej stanowić mogą pomiary termogravimetryczne (DTG), w których wzrost strat na ciężarze podczas ogrzewania pozwala często na uchwycenie najwyższej temperatury, w jakiej znajdowała się ceramika w trakcie pierwotnego wypalania. Ceramika niedopalona wykazuje bowiem — wskutek wtórnej hydratacji — ciągły ubytek na ciężarze w trakcie ogrzewania, natomiast próbki wyrobów dobrze wypalonych dają jedynie niekiedy skok wartości straty prażenia powyżej temperatury, do której nie zostały pierwotnie ogrzane.

Szereg podstawowych testów (oznaczenia twardości, porowatości lub przesiąkliwości czerepu) znaleźć może pełne uzasadnienie w badaniach nad stopniem wypalania, a nawet funkcją naczyń, np. naczynia przesiąkliwe nie mogły służyć do gotowania czy przechowywania płynów.

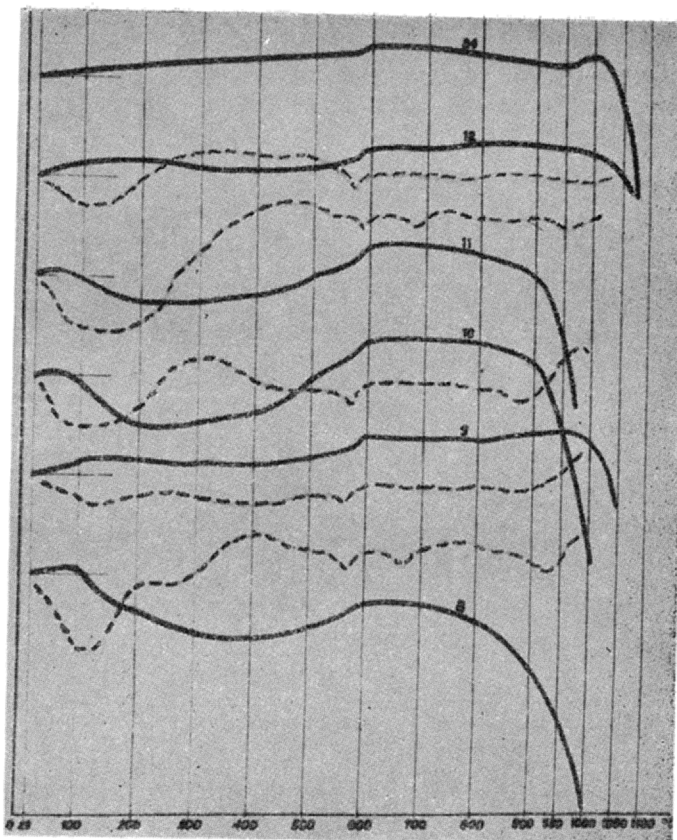
W odniesieniu do wysokogatunkowych, często szklawionych wyrobów ceramicznych, znajduje dość często zastosowanie analiza rentgenograficzna. Oddała ona szczególne usługi w badaniach technologii produkcji antycznych wyrobów garncarskich, a przede wszystkim zdobionych czarnoczerwoną malaturą naczyń greckich oraz rzymskich wyrobów „terra sigillata” i „terra nera”.

W niektórych przypadkach stosuje się również w badaniach zabytków ceramicznych mikroskop elektronowy, dzięki któremu poznać można szczegółowo wewnętrzny układ i strukturę tworzywa, a zwłaszcza szklaw i śledzić ich przyczepność do podłoża. Mikroskop elektronowy został ostatnio z powodzeniem użyty do identyfikacji ceramiki celtyckiej, określonej mianem grafitowej, dla odróżnienia tejże wykonanej z domieszką mineralnego grafitu bądź sadzy (5).

Badania nad ustaleniem chronologii zabytków ceramicznych znajdują się obecnie w fazie prób podejmowanych przez naukowców amerykańskich, angielskich (1, 2), japońskich i radzieckich. Jedną z metod wykorzystuje w tym celu termoluminescencję, której intensywność emitowana przez próbkę badanej ceramiki przy ogrzaniu od 100 do 400°, jest proporcjonalna do czasu, jaki upłynął od momentu, kiedy przedmiot poddany był po raz ostatni działaniu wysokiej



Ryc. 7. Korelacja pierwotnej temperatury wypalania próbek surowej gliny z okolic Igołomii (linia ciągła) oraz przebieg krzywej w procesie ich wtórnego wypalania (linia przerywana).



Ryc. 8. Krzywe pomiarów dylatometrycznych (linie ciągłe) i termicznej analizy różnicowej (linie przerywane) ceramiki zabytkowej wypalanej i niedopalonej.

temperatury i wartość jego luminescencji była wówczas zerowa. Inna metoda oznaczania wieku ceramiki wykorzystuje utrwalone w trakcie wypalania oddziaływanie pola magnetycznego Ziemi w porównaniu z aktualnym stanem pola magnetycznego na danym obszarze. Dla określenia daty powstania przedmiotu, który liczy setki lat, wykorzystuje się jedynie znajomość ogólnych praw zmian pola magnetycznego Ziemi, a zatem ścisłość tej metody stoi wciąż jeszcze pod znakiem zapytania.

#### LITERATURA

1. Aitken M. J., Tite M. S., Reid J. — Thermoluminescent Dating of Ancient Ceramics. Nat. Vol. 202, No. 4946, June 1964, Oxford University.
2. Aitken M. J. — Remanent Magnetism in Ancient Ceramics and Pottery Kilns. Brit. Cer. Soc. No. 2, Dec. 1964.
3. Buttler W., Obenauer R. — Petrographische Methoden bei Untersuchung vor- und frühgeschichtlicher Keramik. Forschungen u. Fortschritte, Vol. 10, 1934.
4. Felts M. W. — Petrographic Examination of Potsherds from Ancient Troy. Amer. Journ. of Archaeology, 46, No. 2, 1942.
5. Kwiecińska B., Wirska-Parachoniak M., Parachoniak W. — Zastosowania mikroskopu elektronowego w badaniach nad tzw. grafitową ceramiką celtycką. Ochr. Zabytków 1969, nr 4.
6. Matson F. R. — Technological Development of Pottery in Northern Syria during the Chalcolithic Age. Journ. of Amer. Ceramic Soc. 1945, No. 1.

7. Oberlies F., Knoppen N. — Untersuchung an Terra Sigillata und griechischen Vasen. Ber. DKG, 1953, Z. 5.
8. Otto G. — Die petrographische Untersuchung der Gefäßfunde der Siedlung Hohenrode. Veröffentlichungshefte, 1939, Nr. 11.
9. Reyman T. — Archeologia Polski. T. III, z. 1, 1955.
10. Sheppard A. O. — Rio Grande Glazed Paint War. Centr. Amer. Anthrop. a. Hist. Carnegie Inst., Washington, 1942.
11. Tite M. S., Roberts J. P. — Determination of the firing Temperature of Ancient Ceramics by Measurement of Thermal Expansion. Progr. Rep. No. 1, Dec. 1954 — May 1966 University of Leeds.
12. Williams H. — Petrographic Notes on Tempers of Pottery from Chupicuaro, Cerro del Tepalcate and Ticoman, Mexico. Trans. Amer. Phil. Soc. Vol. 46, 1956.
13. Wirska-Parachoniak M. — Metoda mikroskopowej analizy cienkich szlifów w badaniach zabytków ceramicznych. Ochr. Zabytków, 1968, nr 4.
14. Wirska-Parachoniak M. — Metody technologiczne w badaniach ceramiki zabytkowej. Acta arch., t. VIII, fasc. 1—2, 1966.
15. Wirska-Parachoniak M. — Ceramika tzw. ośrodka igołomskiego z okresu wpływów rzymskich w świetle badań technologicznych. Kwart. Hist. Kult. Mat., 1968, nr 1.
16. Wirska-Parachoniak M. — Rekonstrukcja pierwotnych warunków wypalania ceramiki zabytkowej przy zastosowaniu współczesnych badań termicznych. Szkło i Ceramika, 1966, nr 10.



## SUMMARY

Both mineralogical and petrographical methods are applied also in studying ancient ceramics, mainly to reconstruct the composition of pottery mass and the conditions of original baking process. The best results in the interpretation of ceramic material may be obtained by applying microscope analysis of thin slides in translucent light, which allows us to determine the mineral composition of pottery mass, the shape and size of grains, and, with the aid of planimetric analysis, also their quantitative relations. The mode of shaping pots may be reconstructed on the basis of internal orientation of elongated grains and of pores in the material baked.

Dilatometric and gravimetric examinations, as well as thermal-differential analysis are broadly applied to evaluate the original highest baking temperature of the product in study. Electron microscope and X-ray analyses are introduced in studying glass-covered ceramics and other high-quality ceramic products, e.g. Celtic ceramics called graphite ceramics, Grecian black-red pots, or Roman products, known as „terra sigillata“ or „terra nera“.

## РЕЗЮМЕ

Методы минералогии и петрографии находят применение в исследовании древних керамических изделий, в первую очередь при восстановлении

состава гончарного сырья и условий обжига. Наиболее широкий диапазон интерпретации керамического материала предоставляет микроскопическое изучение шлифов в проходящем свете, позволяющее определять минеральный состав обожженной гончарной массы, форму и величину частиц, а в совокупности с планиметрическим анализом — количественные соотношения между этими компонентами. Первичную форму сосуда можно восстановить по внутренней ориентировке удлиненных частиц и поровых пространств в обожженном изделии.

С помощью дилатометрического, гравиметрического и дифференциального термического анализов можно определять первичную максимальную температуру обжига. Электронный микроскоп и рентгенографический анализ находят применение в исследовании глазурованной керамики и других тонкокерамических изделий, как например, кельтская, так наз. графитовая керамика, греческие сосуды, украшенные черно-красным орнаментом, римские изделия „terra sigillata“ и „terra nera“.

Попытки определения хронологических данных древних керамических изделий проводятся в настоящее время учеными США, Великобритании, Японии и СССР. Один из разработанных методов основывается на определении интенсивности люминесценции исследованного керамического материала, другой использует для этой цели магнитное поле данного периода в данном районе, сохраненное в керамике