

Stopka, Tadeusz / Kowalczyk, Jerzy

Badania magnetyczne w eksploatacji stanowisk archeologicznych

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 7/3, 321-328

1962

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



JERZY KOWALCZUK
TADEUSZ STOPKA

BADANIA MAGNETYCZNE W EKSPLOKACJI STANOWISK ARCHEOLOGICZNYCH

Liczne analizy chemiczne żużla z piecowisk starożytnego i średnio-wiecznego wytopu żelaza, na obszarze Gór Świętokrzyskich, wykonane w pracowniach chemicznych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie na zlecenie Zespołu Historii Polskiej Techniki Hutniczej i Odlewniczej Zakładu Historii Nauki i Techniki PAN¹, wykazały zawartość żelaza, dochodzącą do 50%. Żelazo to występuje w różnych związkach chemicznych, najczęściej w połączeniu z krzemionką, tworząc w tym przypadku ortokrzemian żelaza — fajalit $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$. Naturalny fajalit jest izomorficznym składnikiem oliwinu, a oliwin — charakterystycznym składnikiem skał zasadowych i ultrazasadowych (np. andezytu, bazaltu itp.). Wiadomo przy tym, że skały te odznaczają się dużą pobudliwością magnetyczną i tworzą silne pole anomalne.

Powstało pytanie, czy sztucznie otrzymany fajalit z żużla wytopowego cechuje się wystarczająco dużą pobudliwością magnetyczną, zdatną do wytworzenia odpowiednio silnego pola anomalnego, które mogłoby być przedmiotem prospekcji geofizycznej.

Pierwsze badania, podjęte w tym kierunku z inicjatywy Katedry Historii Techniki i Nauk Technicznych AGH przeprowadzono w Katedrze Geofizyki Geologicznej AGH. Chociaż były to badania kameralne, wykazały one, że żużel oddziałuje na magnetometr podobnie jak równej wielkości okaz andezytu. Aby uwolnić się od przypadkowego pola elektromagnetycznego w mieście, przeprowadzono dalsze badania poza jego obszarem w terenie, w którym umieszczono w pewnych miejscach okazy żużla. Badania dały pozytywne wyniki.

W kwietniu 1961 r. autorzy niniejszego artykułu podjęli się na zlecenie Zakładu Historii Nauki i Techniki PAN, reprezentowanego przez doc. M. Radwana, opracowania magnetometrycznej metody geofizycznej

¹ Por. na przykład M. Radwan, *Konferencja sprawozdawcza Zespołu Historii Techniki Hutniczej i Odlewniczej*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” nr 3/1958.

dla lokalizacji obiektów archeologicznych — piecowisk po wytopie żelaza. Opracowanie to objęło metodykę pomiarów i interpretacji materiału obserwacyjnego dla poszukiwań archeologicznych. Uzyskane wyniki zapewniają pracom geofizycznym szerokie zastosowanie dla archeologii obszaru świętokrzyskiego; należy przy tym podkreślić oryginalność tego rodzaju prac badawczych na terenie Polski, a pewnie i Europy.

PODSTAWY TEORETYCZNE PROSPEKCJI MAGNETYCZNEJ

Jednym ze składowych elementów pola magnetycznego Ziemi jest pole anomalii magnetycznych. Anomalie te zarówno miejscowe, jak i o charakterze regionalnym, spowodowane są obecnością ciał namagnesowanych w górnych warstwach skorupy ziemskiej. Prospekcja magnetyczna wyzyskuje to zjawisko dla celów poszukiwania bogactw naturalnych oraz przy kartowaniu geologicznym.

Badanie anomalii magnetycznych polega na pomiarze elementów magnetyzmu ziemskiego, głównie składowych poziomej i pionowej całkowitego wektora natężenia pola magnetycznego Ziemi. Interpretacja anomalii pozwala na wyznaczenie poziomego rozprzestrzenienia ciała ją wywołującego (interpretacja jakościowa), jego formy, rozmiarów pionowych i głębokości zalegania (interpretacja ilościowa).

Anomalie magnetyczne są bowiem proporcjonalne do intensywności namagnesowania i objętości anomального ciała, a odwrotnie proporcjonalne do drugiej potęgi głębokości jego zalegania. Intensywność namagnesowania zależy od magnetycznej podatności (pobudliwości) ciała, jego formy i sposobu zalegania. Podatność magnetyczna K (tj. stosunek namagnesowania do natężenia pola indukującego, w którym umieszczone zostało ciało), zmienia się w szerokich granicach. Istnieją ciała diamagnetyczne ($K < 0$) oraz paramagnetyczne ($K > 0$), a najbardziej wysoką podatnością charakteryzują się ciała zawierające minerały ferromagnetyczne ($K \gg 0$).

Anomalie magnetyczne wywołane obecnością ciał para- i ferromagnetycznych mogą być obserwowane za pomocą magnetometrów (wag magnetycznych), które pozwalają na pomiar zmian składowej pionowej Z lub składowej poziomej H magnetyzmu ziemskiego.

METODYKA PRAC POLOWYCH

W czasie trzech wyjazdów terenowych w kwietniu, lipcu i sierpniu 1961 r. nie tylko opracowano metodykę pomiarów, ale i przystąpiono do właściwej prospekcji magnetycznej dla celów archeologicznych. Już pierwszy przy tym ciąg pomiarowy w nieznanym terenie wykazał od-

działywanie pewnego czynnika na magnetometr. Okazał się nim kłoc żuźla. Dalsze pozytywne rezultaty osiągnięte zostały dzięki możliwości porównania wyników prospekcji magnetycznej z planami terenowymi wykopów archeologicznych wykonywanych natychmiast w miejscach występowania anomalii magnetycznych przez zespół archeologiczny pod kierunkiem mgra K. Bielenina, kustosza Muzeum Archeologicznego w Krakowie.

Badania magnetyczne przeprowadzono na następujących terenach:

1. Słupia Nowa — pole ob. Kowalskiego na granicy wsi Baszowice, nazwane «Słupia Nowa 4».
2. Łazy — południowo-zachodni stok góry Św. Krzyż, nazwany «Łazy» — oraz enklawa Bielnik — północno-wschodnie stoki góry Św. Krzyż, nazwane «Bielnik 1» i «Bielnik 2».
3. Skały, pow. Opatów — pole ob. S. Kłosińskiego i pole ob. W. Grzejsiaka, nazwane «Skały».

W czasie badań posługiwano się następującymi instrumentami:

1. Wagami przyrządowymi ΔZ typu A. Schmidta, firmy Askania nr 117008 i 117009. Czułość ΔZ — 18,10 γ na działkę i 16,69 γ na działkę.
2. Wagą uniwersalną $\Delta Z/\Delta H$ typu G. Fanselau, firmy VEB Gärete u. Regler Werke Teltow nr 0094 z systemem zawieszonym na nici. Czułość ΔZ — 12,66 γ na działkę, czułość ΔH — 18,41 γ na działkę.
3. Cewkami Helmholtza do wyznaczania czułości magnetometrów, nr 11773, $f = 26,8$ dla wag 1 i nr 58-E-129, $f = 132,4$ dla wagi 2.

Założono następujące liczby stanowisk pomiarowych na powierzchni:

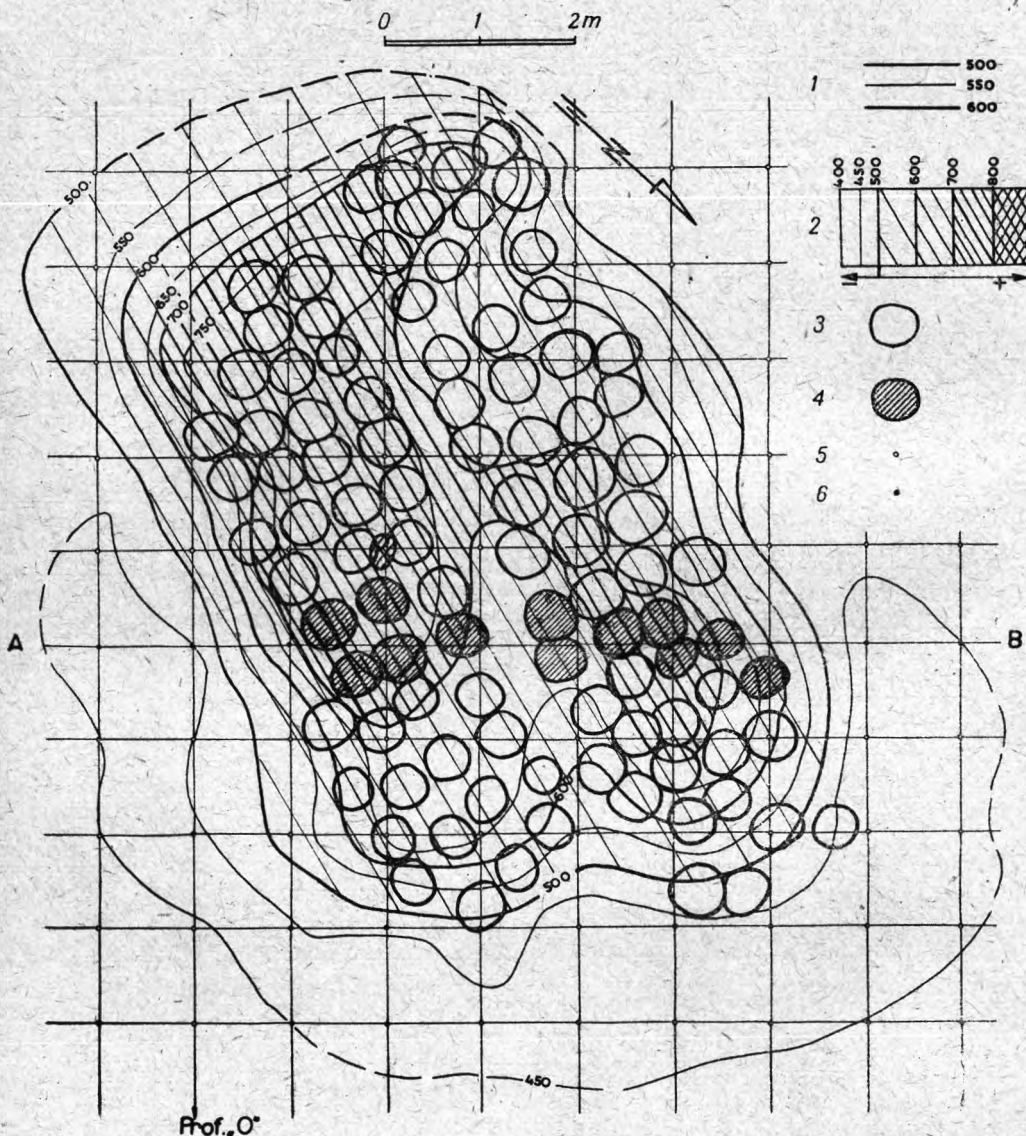
Nazwa terenu	Liczba stanowisk	Powierzchnie
«Słupia Nowe 4»	240 stanowisk na powierzchni	500 m ²
«Łazy»	271 „ „ „	52000 m ²
«Bielnik 1»	160 „ „ „	9000 m ²
«Bielnik 2»	414 „ „ „	5400 m ²
«Skały» pole S.K.	145 „ „ „	2200 m ²
pole W.G.	245 „ „ „	1200 m ²

Pomiary magnetyczne wykonywane były na stabilizowanych geodezyjnie stanowiskach obserwacyjnych odległych od siebie 5, 10 i maksymalnie 20 m. W przypadku anomalnego odczytu odległości zmniejszono do 1 m. Po całodzienniej serii pomiarowej obliczano poprawki, a wyniki wykreslano na szkicu terenowym, który był podstawą prowadzenia wykopów archeologicznych.

Wykopy te prowadzono w ten sposób, że w odkrywkach zachowywano stabilizację magnetycznych stanowisk obserwacyjnych.

INTERPRETACJA WYNIKÓW OBSERWACJI MAGNETYCZNYCH

Osiągnięte wyniki zastosowania prospekcji magnetycznej dla eksploatacji miejsc wytopu żelaza na obszarze świętokrzyskiego hutnictwa najlepiej ilustruje mapa anomalii magnetycznych (ryc. 1) dla stanowiska wykopaliskowego „Słupia Nowa 4”.



Ryc. 1 Mapa izoanomalii składowej pionowej ΔZ w gammach pola geomagnetycznego na tle piecowiska. Obiekt «Słupia Nowa 4» (Plan piecowiska wg mgra K. Bielenina)

1 — izoanomale ΔZ w gammach ($\Delta Z \gamma$), 2 — anomale ujemne i dodatnie względem 500 γ , 3 — kloce, 4 — kloce w profilu A—B, 5 — stanowisko pomiarów magnetycznych ΔZ , 6 — stanowisko pomiarów magnetycznych ΔZ i ΔH

Obecność piecowisk hutniczych wywołuje „dodatnie“ (względem poziomu bazowego 500 γ) anomalie magnetyczne. Skupienie kłoców metalurgicznych na niewielkiej powierzchni jest źródłem znacznych anomalii (amplituda ich przekracza niekiedy 300 γ) i dzięki temu stanowiska archeologiczne mogą być łatwo wydzielone z „obojętnego“ tła magnetycznego. Dodatnim anomaliiom kształtu eliptycznego towarzyszy rozległe pole anomalii „ujemnych“ (względem wartości bazowej) typowe dla zdjęć magnetycznych nad ciałami zaburzającymi typu płytowego.

Granice wykopów archeologicznych powinny przebiegać wzdłuż izoanomalii 550 \pm 50 γ , co zabezpiecza, że wykonane zostaną z maksymalną ekonomią. Uzyskane doświadczenia wskazują poza tym, że założenie sieci pomiarowej przy odstepie stanowisk obserwacyjnych co 1 m pozwala na dostatecznie szczegółowe określenie zarysu wykopów oraz szczegółów budowy samego piecowiska (np. oznaczenie charakterystycznej ścieżki między częściami piecowiska wyraźnie zaznaczającej się na ryc. 1 i 2). Dalsze zagęszczenie sieci prowadzi do detalizacji obiektu, jak np. określenia położenia poszczególnych kłoców.

Wielkości anomalii zależą od stopnia zachowania poszczególnych kłoców metalurgicznych. Jednakże w przypadku zniszczonego obiektu skupienie pewnych ilości żużla prowadzi też do pozytywnych rezultatów, jak to miało miejsce na stanowisku «Skały» (wykopy nr 4 i 1).

Przydatność metody dla celów archeologicznych została dostatecznie dobrze uzasadniona. Dalsze precyzowanie metodyki prac obserwacyjnych przy równoczesnym opracowaniu sposobu szybkiego uchwycenia obiektu anomalnego (piecowiska) niewątpliwie przyczyni się do szerokiego stosowania metody magnetycznej w archeologii.

Карта изоаномалии вертикальной составляющей ΔZ в гаммах геомагнитного поля на фоне того места, где в древности находились железоплавильные горны. Объект «Слупя Нова 4». План расположения горнов составлен К. Белениным.

1 — Изоаномалия ΔZ в гаммах ($\Delta Z\gamma$), 2 — Отрицательные и положительные аномалии по отношению к 500 γ , 3 — Бревно, 4 — Бревно в профиле А—В, 5 — Пункт магнитных измерений ΔZ , 6 — Пункт магнитных измерений ΔZ и ΔH

A map of the vertical component of isoanomaly ΔZ in gammas of the geomagnetic field against the background of the furnace. The object is «Slupia Nowa 4».

(The design of furnaces after K. Bielenin)

1 — Isoanomalies ΔZ in gammas ($\Delta Z\gamma$), 2 — anomalies positive and negative in relation to 500 γ , 3 — a log, 4 — a log in profile A—B, 5 — the stand of magnetic measurement ΔZ , 6 — the stand of magnetic measurement ΔZ and ΔH

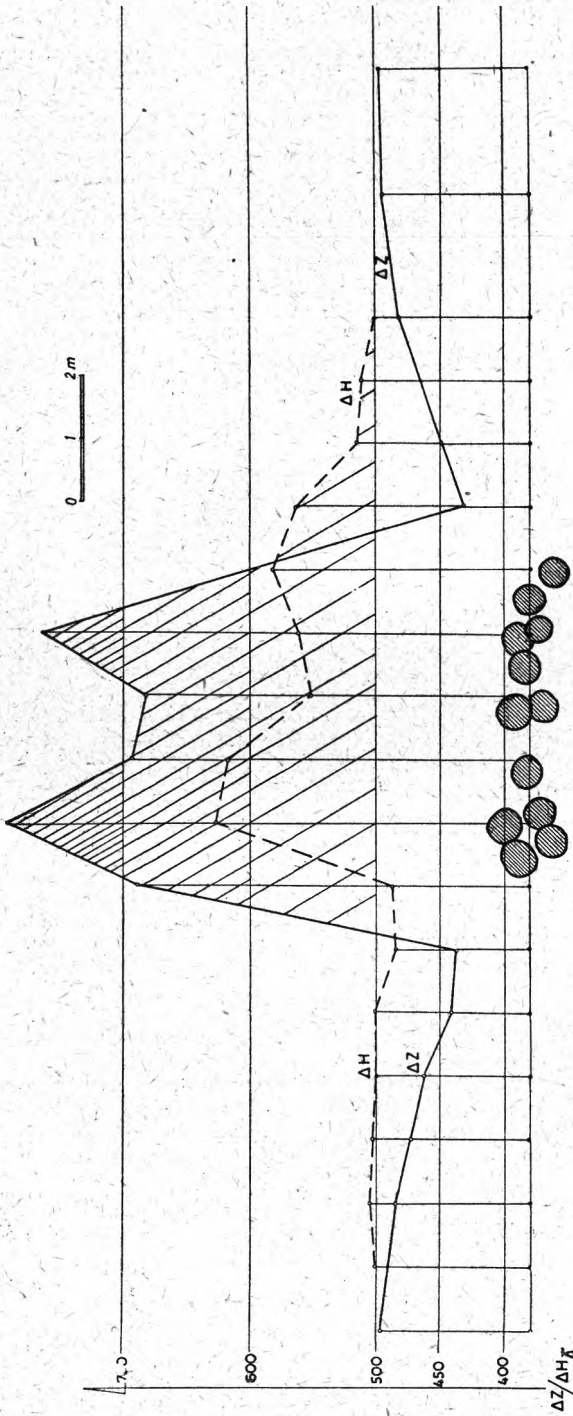


Рис. 2. Profile magnetyczne. Obiekt «Stupia Nowa 4». Wzdłuż profilu A—B=40 m
(Objaśnienie jak na rys. 1)

Магнитные профили. Объект «Ступя Нова 4». Вдоль профиля A—B = 40 м.
Объяснение как на рис. 1

Magnetic profiles. The object is «Stupia Nowa 4» Along the profile
A—B=40 m

(Explanations the same as under fig. 1)

LITERATURA

1. Bielenin K., Radwan M., *Badania nad starożytnym hutnictwem żelaza w rejonie Gór Świętokrzyskich w latach 1956 i 1957*, „Materiały Archeologiczne”, t. I, Kraków 1959.
2. Jakosky J. J., *Exploration Geophysics*, Newport Beach (California), 1957.
3. Kowalczyk J., Stopka T., *Zastosowanie metody magnetycznej w badaniach archeologicznych*, „Przegląd Geologiczny”, nr 10/1961.

МАГНИТНАЯ РАЗВЕДКА В АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

Химическим анализом шлака установлено, что в нем содержится искусственный фаялит $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$. Породы, содержащие фаялит, обладают большой магнитной восприимчивостью и образуют аномальное поле большой силы. Испытания, предшествовавшие полевым исследованиям, тоже показали, что шлак сильно магнитен. В апреле 1961 г. авторы приступили к разработке методов магнитных измерений и интерпретации результатов наблюдений, предназначенных для применения их в археологических исследованиях.

Теоретические основы магнитной разведки разработаны главным образом для геологических изысканий. Измерение вертикальной или горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля производится с помощью магнитоматов. Принципы измерений этими приборами, равно как и их конструкция общеизвестны и описаны во многих руководствах по геофизике.

В 1961 г. были проведены три экскурсии, во время которых были усвоены методы измерений, а затем начались работы собственно по магнитной разведке, предназначенной для археологических исследований. Магниторазведка была произведена в следующих местностях: Нова Слупя, Лазы, Вельник и Скалы на территории Келецкого воеводства. Сеть измерений опиралась на существующую сеть постоянных геодезических точек, расположенных друг от друга на расстоянии 5 и 10 м, максимально до 20 м. В тех случаях, когда обнаруживалась аномалия, расстояние было сокращено до 1 м. Применялись призматические вариометры и универсальный вариометр.

Результаты первых вычислений были нанесены на план местности и послужили основой для проведения археологических работ.

Присутствие остатков древних печей служивших, для выплавки железа, связано с „положительными” (по отношению к принятому значению 500 гамма для исходного уровня) магнитными аномалиями.

На приложенной карте (рис. 1) изоаномалии вертикальной составляющей земного магнетизма и магнитном профиле (рис. 2) отчетливо выражен точный контур древних горнов, а также характерные детали (например, типичная дорожка между комплексами бревен — рис. 1 и 2).

MAGNETIC STUDIES IN THE EXPLORATION OF ARCHEOLOGICAL POSTS

A chemical analysis of slag has shown the appearance of artificial fayalite $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$. Rocks containing fayalite are characterized by a great magnetic excitability and are forming strong anomalous fields. Tests that were made prior to field trials have shown also a great excitability of slag.

In April 1961 the authors have undertaken to find out a method for magnetic measurement and for interpretation of the results of observation destined for the conduct of archeological explorations.

The theoretical base of a magnetic prospection has been prepared before all for geological explorations. Measurements of a vertical or horizontal component of the tension of a magnetic field was done with the aid of a magnometer; the method of measurement by means of these instruments and their construction is well known from a number of geophysical text-books.

During our three field trips in 1961 we have worked out the method of measurement and have started the proper magnetic exploration for archeological purposes. The territory of our work comprised Słupia Nowa, Łazy, Bielnik and Skąły in the Kielce District. For our work we used prismatic variometers and one universal variometer.

The measurement net was based on a net of stabilized geodetic posts at a distance of 5, 10 and 20 meter at utmost from each other. The first computations and their transfer to a territorial sketch were the base of our archeological work.

The presence of metallurgical posts is connected with the "positive" (in relation to the adopter value of 500 gamma for base) magnetic anomalies.

The enclosed map (fig. 1) of the component vertical isoanomaly of earthy magnetism and the magnetic profiles (fig. 2) show the exact outline of the furnaces and characteristic details (such as a typical path between the sets of logs).