

WYKORZYSTANIE METODY RADIOMETRYCZNEJ W POSZUKIWANIU CIAŁ ILMENITOWYCH W MASYWIE ŚLĘŻY (DOLNY ŚLĄSK)

THE USE OF RADIOMETRIC METHODS IN THE PROSPECTING FOR THE ILMENITE BODIES IN THE MASSIF ŚLĘŻA (LOWER SILESIA)

Antoni Muszer - Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski

Mirosław Maliszewski – Poltegor-Instytut Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

Grzegorz Firlit – Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu Proxima S.A.

Zbadano możliwość zastosowania radiometrycznej metody pomiarów promieniowania gamma do poszukiwań ciał oraz skupień ilmenitowych w gabrach w rejonie góry Ślęży (Dolny Śląsk). Obróbka statystyczna pomiarów natężenia promieniowania gamma pozwoliła na zidentyfikowanie kierunku WSW-ENE występowania ciał ilmenitowych. Na podstawie opracowania rozkładu anomalii statystycznych wytypowano miejsca obecności ciał ilmenitowych w masywie ofiolitowym Ślęży. Wytypowane miejsca na zboczach góry Ślęży okazały się obszarem dawnej, przedwojennej prospekcji okruszcowania Ti-Fe. Ciała ilmenitowe wykazują makro i mikrorytmiczność typową dla masywów magmowych. Ich miąższość waha się od 5 cm do 10 m.

Słowa kluczowe: radiometria, poszukiwanie, kruszce, ilmenit, promieniowanie gamma, statystyka, roboty górnicze, ofiolit Ślęży

Radiometric method was used to search for ilmenite bodies in gabbroes in the area of the Ślęża Mt (Lower Silesia, the Strzegomiany-Kunów Zone). Statistical processing of gamma radiation measurements allowed us to identify the occurrence of WSW-ENE trending ilmenite bodies. The ilmenite bodies were found in the ophiolitic Massif Ślęża by means of the statistical anomalies distribution. The selected locations on the slopes of the Mount Ślęża proved to be an old, pre-WWII prospecting area of Ti-Fe mineralization. In the area of the Ślęża Massif the typical rhythm of macro- and microcrystallization of ilmenite characteristic for magmatic bodies was found. The ilmenite bodies occurring in the Strzegomiany - Kunów Zone are striking 60°-240° or 70°-250° and their thickness varies from 5 cm to 10 m.

Keywords: radiometric method, prospecting, ore minerals, ilmenite, gamma radiation, statistic, mining works, ophiolitic Massif Ślęża

Wstęp

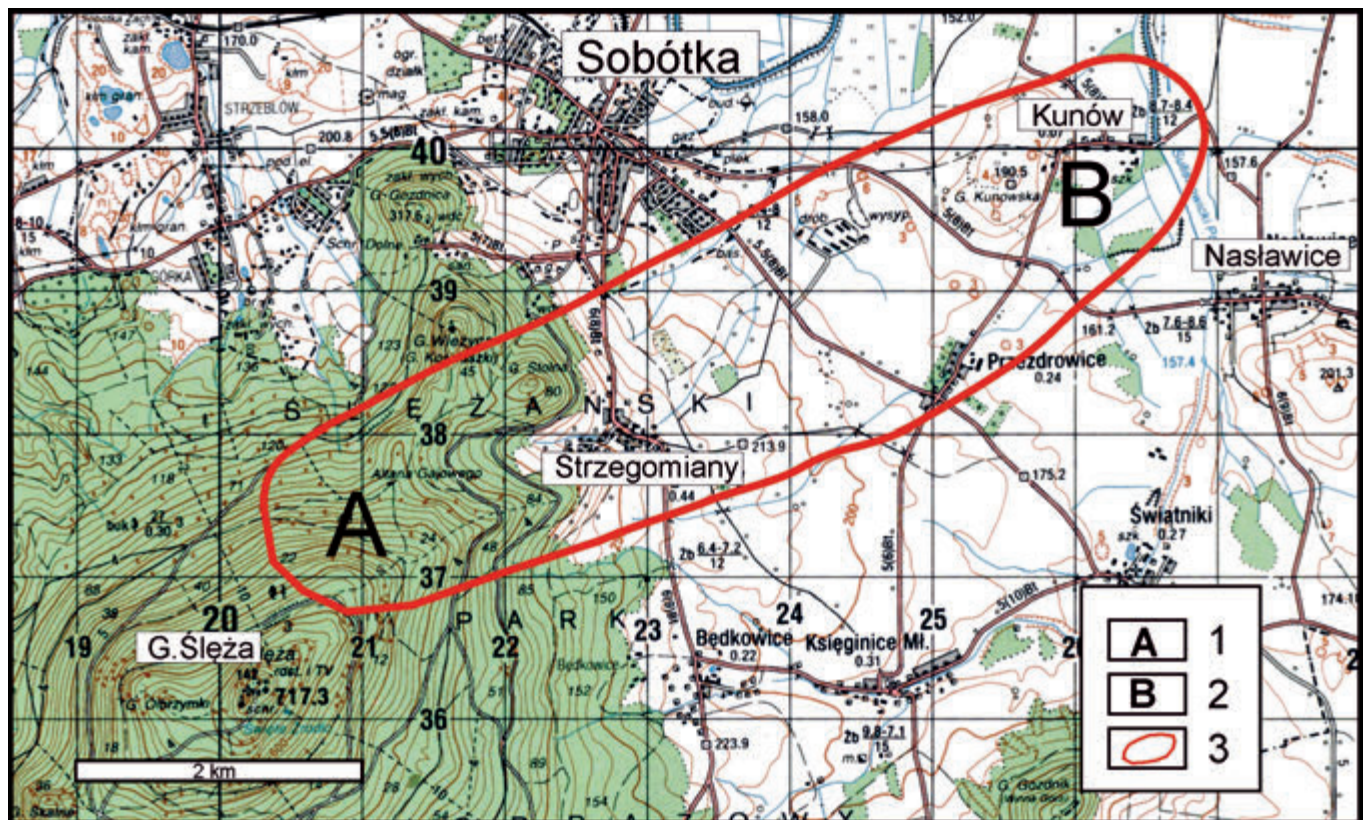
Obszar badań leży w strefie nazwanej przez Niškiewiczą i Siemiątkowskiego [1] strefą Strzegomiany-Kunów. Rozciąga się ona na długości 7 km i szerokości 2 km od NE zbocza góry Ślęży do wsi Kunów (rys. 1). W strefie tej występuje ilmenit w skałach zasadowych typu metagabr.

Obecność ciał ilmenitowych w masywie ofiolitowym Ślęży najprawdopodobniej znana jest już od co najmniej 100 lat. Dowodem na to są liczne wyrobiska górnicze (szybiki i rowy poszukiwacze) odkryte przypadkiem podczas prowadzonych badań. Wszystkie stwierdzone wyrobiska znajdują się na NE zboczach masywu. Dokumentacja tych prac poszukiwawczych nie zachowała się do naszych czasów. Najdokładniej opisanym ciałem ilmenitowym z tego obszaru jest ciało B-B (rys. 2, [2, 3]). Ciało to jest klasycznym przykładem struktury magmowej

ulegającej wtórnym przeobrażeniom hydatogenicznym [2].

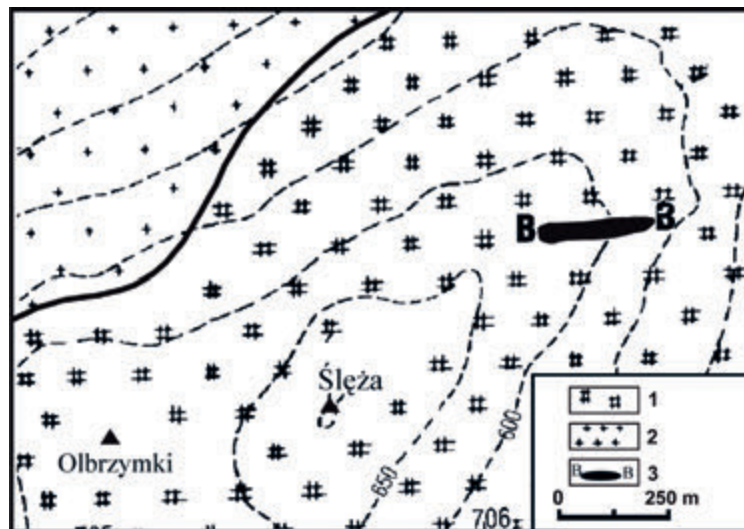
Obszar badań jest trudny do eksploracji geologicznej. Charakteryzuje się dużymi deniwelacjami morfologicznymi oraz licznymi blokowiskami. Ponadto pokryty jest gęstymi zaroślami i zagajnikami świerkowymi oraz bujnym podszytem leśnym. Klasyczne kartowanie geologiczne ciał ilmenitowych nie dało pozytywnych rezultatów. Wykonując mapę geologiczną ciała ilmenitowego B-B opisanego przez Wahedą i Mierzejewskiego [3] (rys. 2), otrzymano dwuznaczne wyniki badań, których nie można było wyjaśnić w prosty sposób. Wyniki klasycznego kartowania geologicznego sugerowały dwudzielność ciała ilmenitowego B-B.

Według Wahedą i Mierzejewskiego [3] ciało B-B stowarzyszone jest ze strefą typu *en-echelon*, z widocznymi poziomymi powierzchniami odkłucia, wskazującymi na transport materiału ku NNE. Ta informacja zawarta w artykule posłużyła do stwo-



Rys. 1. Szkic sytuacyjny strefy rudnej Strzegomiany-Kunów [1]. 1 – rejon Strzegomian, 2 – rejon Kunowa, 3 – przypuszczalny zasięg strefy wzbogaconej mineralizacji ilmenitowo-magnetytowej

Fig. 1. Location of the Strzegomiany-Kunów ore zone [1]. 1 – Strzegomiany area, 2 – Kunów area, 3 – zone of ore minerals with ilmenite-magnetite



Rys. 2. Fragment mapy według Waheda i Mierzejewskiego [3] z ciałem ilmenitowym B-B.

1 – metagabro, 2 – granitoidy strzegomskie, 3 – ciało rudne B-B

Fig. 2. Fragment of the map after Wahed & Mierzejewski [3] with body B-B of ilmenite.

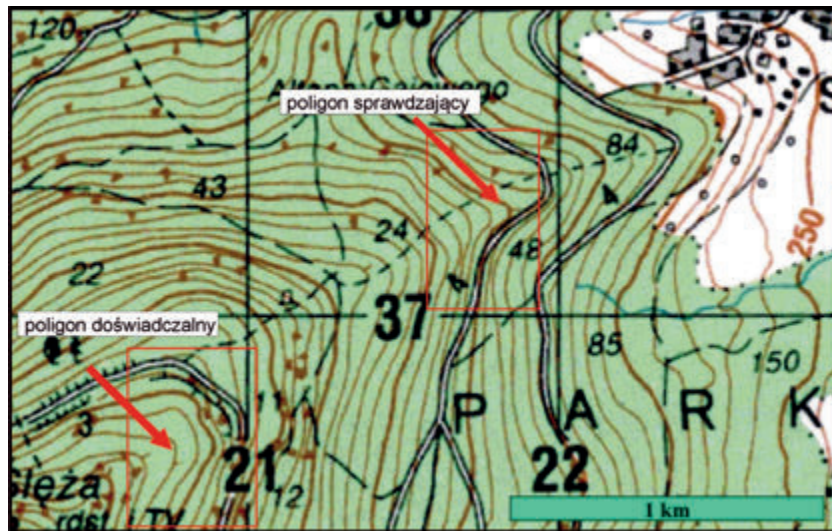
1 – metagabbro, 2 – Strzegom granite, 3 – body of ore minerals

zenia nowej koncepcji poszukiwawczej ciał ilmenitowych. Strefy zluźnień tektonicznych oraz przemieszczeń skalnych (strefy odkłucia, uskoki, lineamenty, itp.) są najczęściej strefami emanacji, np. radonu [4] oraz wzbogacenia w uran i potas. Strefy typu *en-echelon* są strefami intensywnego krążenia wód hydrotermalnych oraz zmian metasomatycznych [2], co w pomiarach radiometrycznych manifestuje się wzrostem promieniowania gamma [5]. Prace terenowe skupiły się na południowych stokach Ślęzy w dwóch rejonach: na poligonie doświadczalnym, tj. w partii podszczytowej Ślęzy - strefa B-B okruszczowana ilmenitem ([3], rys. 3) oraz na poligonie sprawdzającym, tj. w strefie okruszczowanej Fe-Ti w okolicach

Strzegomian [1, 6].

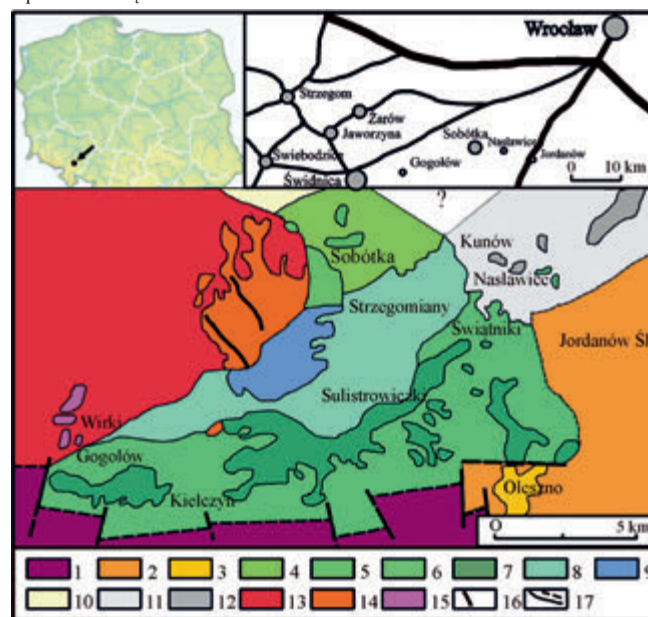
Zarys budowy geologicznej strefy Strzegomiany-Kunów

Stefa podwyższonego okruszczowania ilmenitem Strzegomiany – Kunów występuje w masywie ofiolitowym Ślęzy. Rozciąga się od północno-wschodnich stoków Ślęzy, przez okolice wsi Strzegomiany u podnóża masywu, do wsi Kunów na północnym – wschodzie. Obszar ten zbudowany jest z metagabr ślęzańskich (rys. 4). Skąły te stanowią człon kompleksu skał zasadowych i ultrazasadowych. Masyw ten do tej pory był rozpatrywany jako: intruzje skał zasadowych i ultrazasadowych



Rys. 3. Lokalizacja poligonów badawczych na stokach góry Ślęży

Fig. 3. Location of test polygons on the slopes of the Ślęża Mt



Rys. 4. Mapa geologiczna masywu Ślęży

1 - gnejsy bloku sowiogórskiego, 2 - gnejsy wschodniego obrzeżenia masywu Ślęży w podłożu, 3 - gnejsy wschodniego obrzeżenia masywu Ślęży, 4 - amfibolity (metadiabazy i metabazalty) w podłożu, 5 - amfibolity (metadiabazy i metabazalty), 6 - serpentyny (metamorficzne perydotyty) w podłożu, 7 - serpentyny (metamorficzne perydotyty), 8 - metagabra w podłożu, 9 - metagabra, 10 - łupki metamorficzne częściowo zmetamorfizowane kontaktowo, 11 - fyllity i epimetamorficzne łupki szarogłazowe, krzemionkowe z radiolarami w podłożu, 12 - fyllity i epimetamorficzne łupki szarogłazowe, krzemionkowe z radiolarami, 13 - granitoidy masywu Strzegom-Sobótka, 14 - granodioryt biotytowy, 15 - biotytowo-muskowitowe leukogranity, 16 - żyły kwarcowe, 17 - dyslokacje stwierdzone i przypuszczalne

Fig. 4. Geological map of the Ślęża Massif

1 - gneiss block of the Sowie Mts., 2 - gneisses of the eastern margin of the of the Ślęża Massif under Cenozoic cover, 3 - gneisses of the eastern margin of the of the Ślęża Massif, 4 - amphibolites (metadiabases and metabasalt) under Cenozoic cover, 5 - amphibolites, 6 - serpentinites under Cenozoic cover, 7 - serpentinites, 8 - metagabbro under Cenozoic cover, 9 - metagabbro, 10 - contact-metamorphic schists, 11 - phyllites and epimetamorphic greywacke schists, radiolaria siliceous shales under Cenozoic cover, 12 - phyllites epimetamorphic greywacke and schists, radiolaria siliceous shales, 13 - granitoids of the Strzegom-Sobótka Massif, 14 - biotite granodiorite, 15 - muscovite and biotite leucogranites, 16 - quartz veins, 17 - faults observed and hypothetical

[7, 8], protrzuje [9], fragment skorupy oceanicznej [19, 11, 12] oraz ofiolit [13, 14]. Wykazuje on charakterystyczne dla ofiolitu [15, 16] relacje przestrzenne i czasowe pomiędzy poszczególnymi wydzieleniami litologicznymi, tj. zmetamorfizowane i ztektonizowane ultrabazyty (masyw serpentynitowy Gogółów – Jordanów), kumulaty (gabra i diabazy masywu Ślęży), serie subwulkaniczne – roje dajek (amfibolity okolic Wieżycy) oraz serie wulkaniczne – lawy bazaltowe, w tym poduszkowe, tufy i tufity (pn. część masywu Ślęży, [13]).

Głównymi minerałami skałotwórczymi gabr są labrador i diallag, które ulegają wtórnym przemianom: labrador - saursurytyzacji, a diallag uralityzacji. Dlatego też mają skład

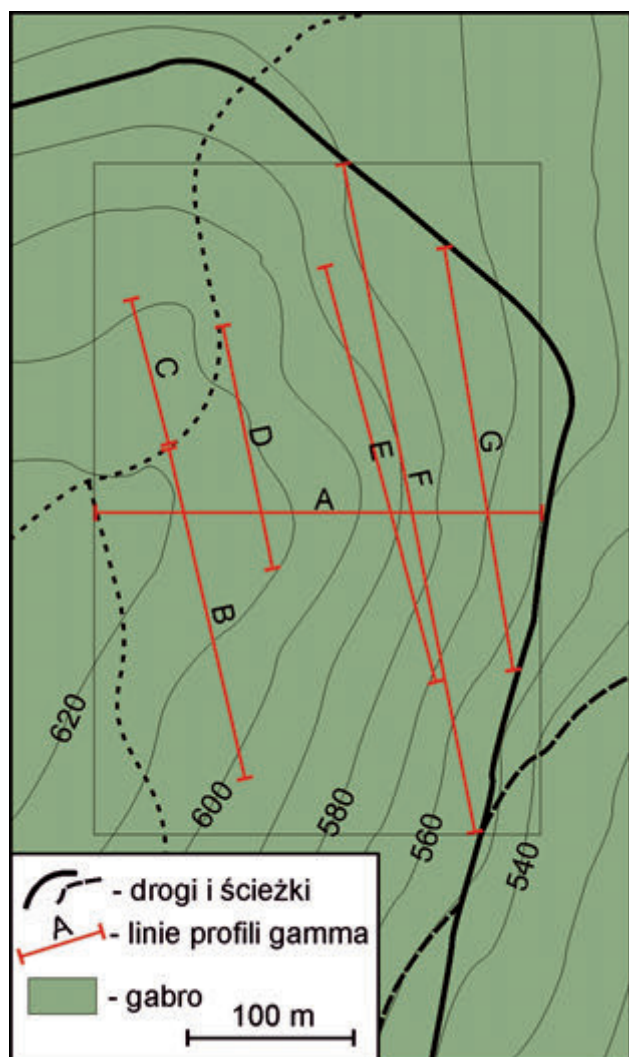
amfibolitów (metagabra), chociaż makroskopowo nie różnią się od typowego gabra.

Obecność ilmenitu w metagabrach masywu Ślęży została stwierdzona przez Fincka [17]. Po II wojnie światowej badania przeprowadzone przez Majerowicza [18] potwierdziły obecność okruszczowania tlenkowego. W roku 1986 Jamrozik [19] jako pierwszy opisał strefę okruszczowaną ilmenitem o podwyższonej zawartości TiO_2 oraz V_2O_5 , występującą na NE zboczach góry Ślęży. Obszar ten został szczegółowo zbadany geofizycznie przez zespół Jamrozik i in. [6] w okolicach wsi Strzegomiany. Prace geofizyczne [20] pozwoliły na okonturowanie tego obszaru oraz określenie jego rozprzestrzenienia. Na podstawie

anomalii geofizycznej wyznaczono również inny, prospekcyjny obszar znajdujący się w rejonie wsi Kunów (rys. 1), przykryty osadami czwartorzędowymi. Prace badawcze przeprowadzone przez Waheda i Mierzejewskiego [3] pozwoliły na znalezienie nowych miejsc okruszczonych ilmenitem, są to: ciało B-B na wys. ok. 600 m n.p.m. (rys. 2) i ciało C na wys. ok. 670 m n.p.m. na N-E stokach Ślęży oraz ciało D-D w rejonie skał Olbrzymki, na zach. od szczytu Ślęży. Według tych autorów ilmenit w metagabrach Ślęży powstał na skutek procesu hydrotermalnego. We wcześniejszych opracowaniach ilmenit strefy Strzegomiany-Kunów opisywany był jako minerał związany z krystalizacją magmy [1, 13, 21]. Magmową genezę ilmenitu potwierdził Muszer [2], na co wskazują jednoznacznie struktury z rozpadu roztworu stałego ilmenit-magnetyt-ulvit, występujące w metagabrach.

Metodyka badań

Badania terenowe profilowania gamma zostały wykonane radiometrem mikroprocesorowym „RUM-1” z sondą scyntylacyjną SSU-3-2, tj. z NaJ aktywowanym talem. Podczas badań terenowych wykonano 1750 pomiarów promieniowania gamma w 9 profilach w rejonie strefy B-B (7 za pomocą RUM-1, 2 za pomocą Spektrometru GR-320 (rys. 3, 5) poligon doświadczalny) oraz w 4 profilach rejonie Strzegomian (rys. 3, 6, poligon sprawdzający) o łącznej długości 3200 m.



Rys. 5. Przebieg linii profilowania gamma na poligonie doświadczalnym
Fig. 5. Gamma profiles on the test polygon (with ilmenite body)

Odległość między punktami pomiarowymi w profilach ustalono od 1 do 3 m. Czas poszczególnych pomiarów wynosił 10 sek. Napięcie sondy scyntylacyjnej zostało ustawione na 900 eV. Używany w badaniach sprzęt radiometryczny zliczał ilość impulsów na sekundę. Z uwagi na brak kalibracji radiometru RUM-1 dla obszaru Ślęży, pozwalającej na przeliczenie impulsów promieniowania gamma na jednostkę mocy dawki, do analizy zastosowano procedurę standaryzacji w celu uchwycenia pola przestrzennej zmienności. Wartość standaryzowaną z obliczano według wzoru:

$$z = (\gamma - x) / S,$$

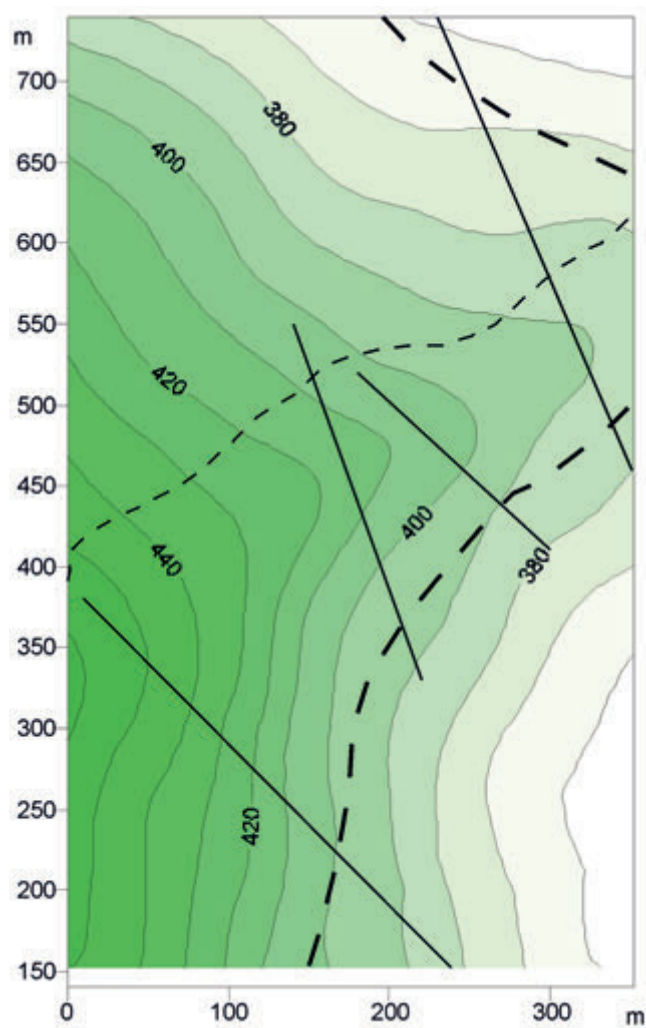
gdzie:

γ = liczba impulsów promieniowania gamma,

S- odchylenie standardowe,

x – wartość średnia liczona w profilu.

Statystycznie opracowane dane wykorzystano do sporządzenia map rozkładu promieniowania gamma. Mapy wykonano przy użyciu programu Surfer ver. 10, wykorzystując procedurę kriginu. Po wykonaniu map rozkładu wartości standaryzowanej z promieniowania gamma, przeprowadzono rekonesans geologiczny do miejsc, gdzie na mapach pojawiły się anomalie. Po stwierdzeniu w tych miejscach obecności skał gabrowych okruszczonych ilmenitem oraz starych robót poszukiwawczych, wykonano lokalizację wyrobisk górniczych na obszarze strefy Strzegomiany-Kunów przy użyciu GPS.



Rys. 6. Przebieg linii profilowania gamma na poligonie sprawdzającym
Fig. 6. Gamma profiles on the check polygon

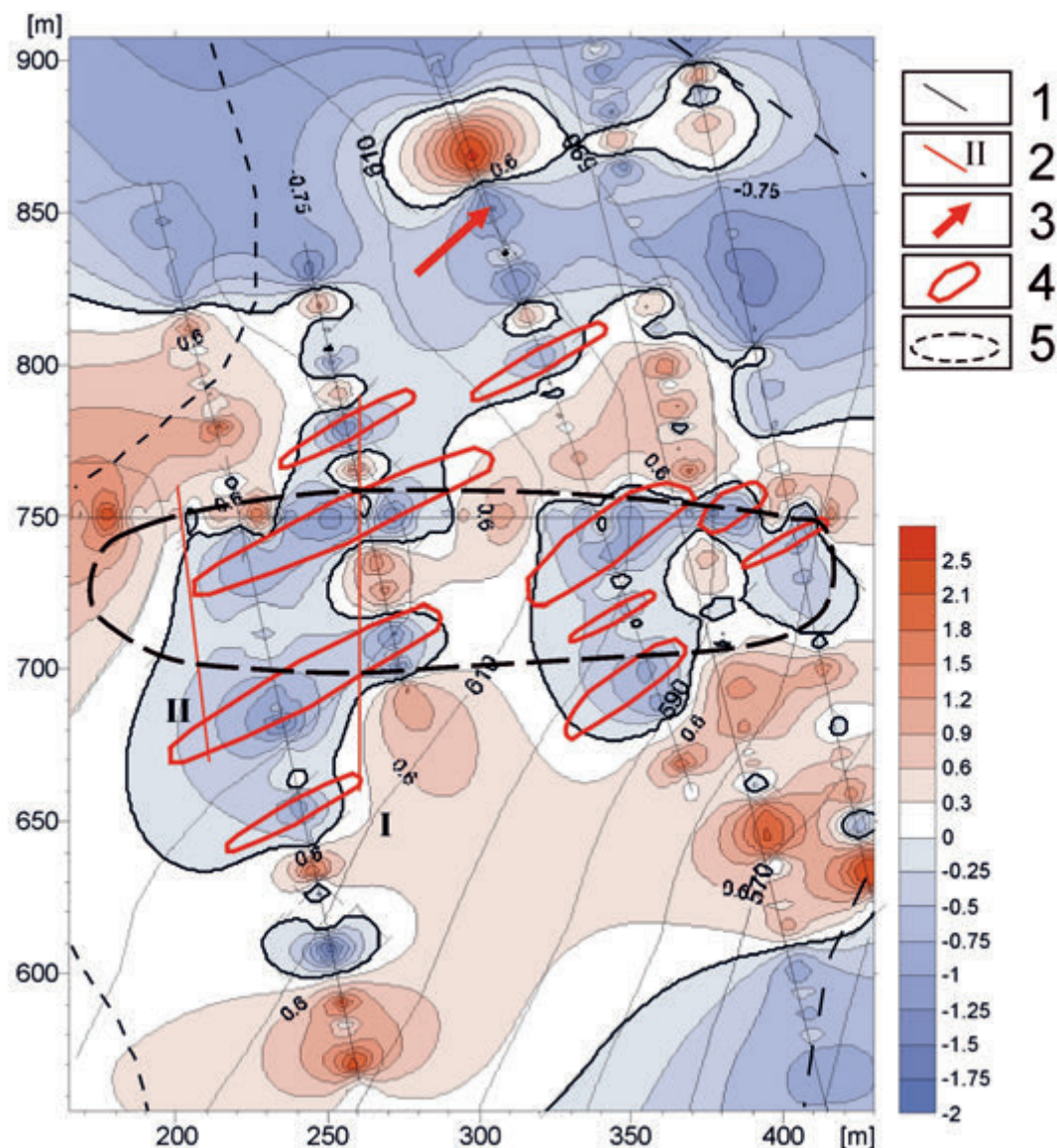
Wyniki badań

Koncepcja badawcza, którą przyjęto do realizacji na poligonie doświadczalnym (rys. 3), zakładała ścisły związek pomiędzy strefami *en-echelon* a obecnością ciała ilmenitowego B-B, tak jak sugerował Wahed i Mierzejewski [3]. Wykonując pomiary promieniowania γ prostopadłe do rozciągłości ciała B-B zakładano uzyskanie przebiegu strefy tektonicznej, sugerowanej przez powyższych autorów, a tym samym uzyskanie równoleżnikowego przebiegu ciała ilmenitowego B-B (rys. 2, 7). Rozkład promieniowania gamma został sprawdzony w dwóch profilach (rys. 7) za pomocą radiometru GR-320, analizującego zawartość rzeczywistą Th w ppm (rys. 8, 9).

wyraźny kierunek WSW-ENE (rys. 9).

Wyniki analizy zawartości Th w profilach I i II, skierowanych prawie prostopadłe do sugerowanego przebiegu równoleżnikowego ciała B-B wykazały wyraźny podział ciała ilmenitowego na co najmniej dwie części (rys. 8, 9). Przeprowadzając rekonesans geologiczny na obszarze badań zauważono, że w miejscach obecności na mapie anomalii ujemnych wartości standaryzowanej, znajdują się bloki lub odsłonięcia metagabra z okruszczeniem ilmenitowym. Ilmenit występuje w bokach i bloczkach układających się w soczewki, których przebieg można z dużym prawdopodobieństwem określić na WSW-ENE (rys. 7).

Wyniki analizy rozkładu wartości standaryzowanej z pro-

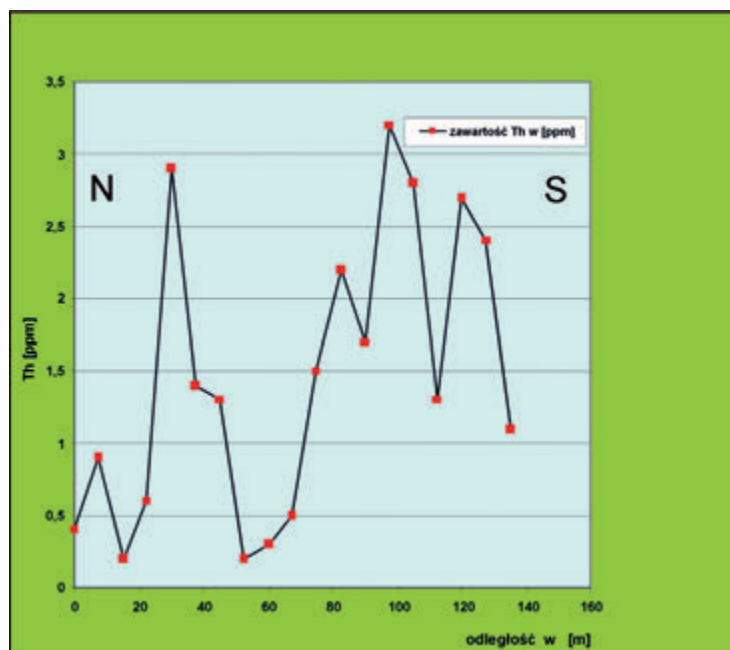


Rys. 7. Mapa rozkładu wartości standaryzowanej z promieniowania gamma na poligonie doświadczalnym
1 – linie profilowe, 2 – linie profilowania GR-320 przez ciało ilmenitowe B-B, 3 – profil krystalizacji ilmenitu w gabrze,
4 – prawdopodobny przebieg ciał ilmenitowych, 5 – przebieg ciała B-B wg Wahed i Mierzejewski [3]

Fig. 7. Map of distribution of standardized gamma radiation on the test polygon
1 - profile lines, 2 - profile lines GR-320 through the ilmenite body B-B, 3 - profile of crystallization ilmenite in gabbro,
4 - the probable course of the bodies of ilmenite, 5 - the occurrence of the body B-B by Wahed i Mierzejewski [3]

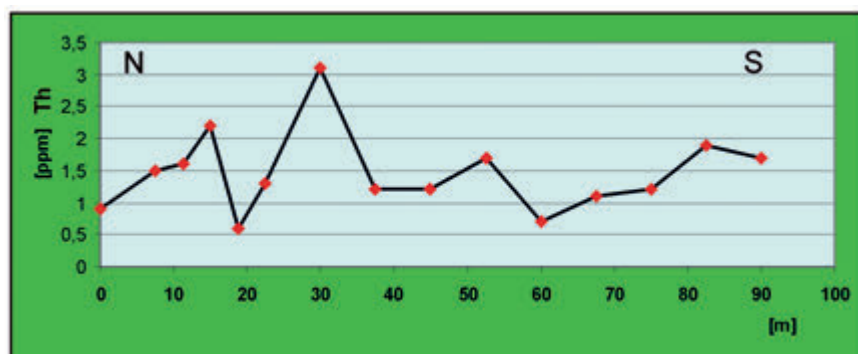
Rozkład wartości standaryzowanej z promieniowania gamma na obszarze ciała ilmenitowego B-B wykazał wyraźną niezgodność z pierwotnym obrazem przedstawionym przez Waheda i Mierzejewskiego [3] (rys. 2, 7). Zamiast przewidywanego kierunku rozciągłości soczewy ilmenitowej W-E zarysował się

mieniowania gamma na badanym poligonie doświadczalnym pozwoliły na sformułowanie koncepcji zastosowania tej metody w innych obszarach masywu Ślęży. Badania zostały skierowane na NE od ciała ilmenitowego B-B w kierunku Strzegomian (rys. 3), gdzie znajdują się gołoborza zbudowane z metagabr,



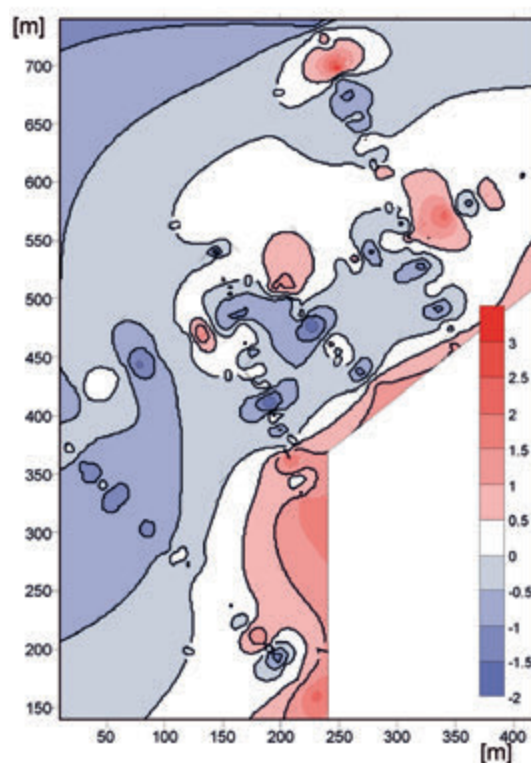
Rys. 8. Profil I, zawartości Th przez ciało B-B (profilowania GR-320)

Fig. 8. Profile I, Th-content of the body B-B (profiling of GR-320)



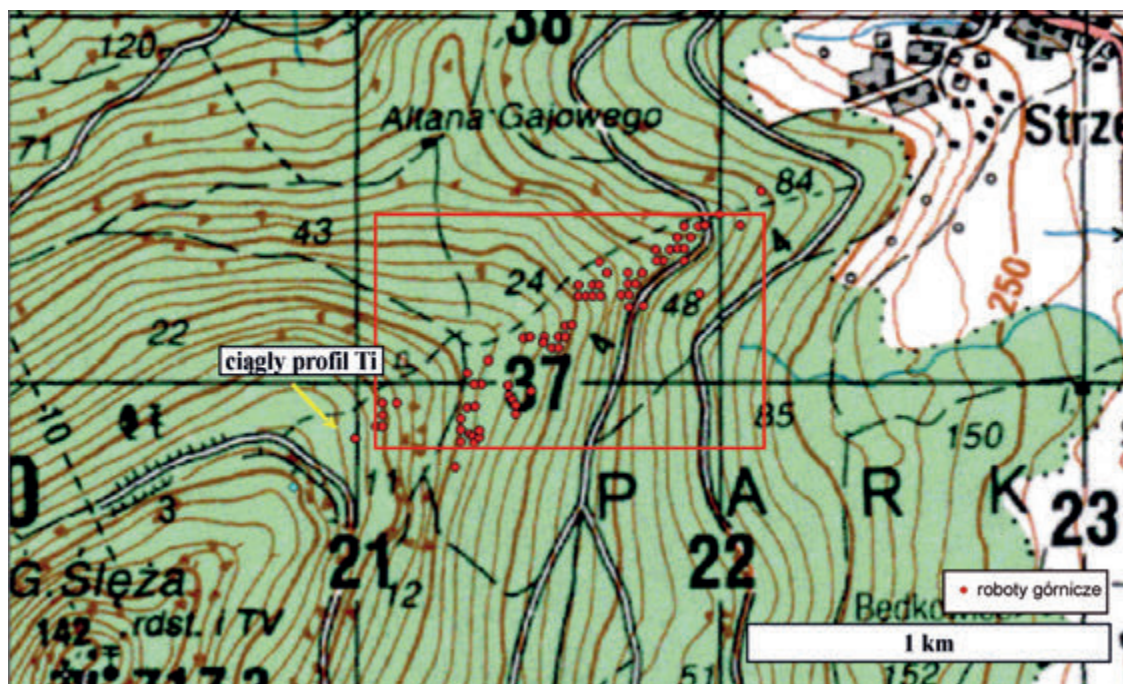
Rys. 9. Profil II, zawartości Th przez ciało B-B (profilowania GR-320)

Fig. 9. Profile II, Th-content of the body B-B (profiling of GR-320)

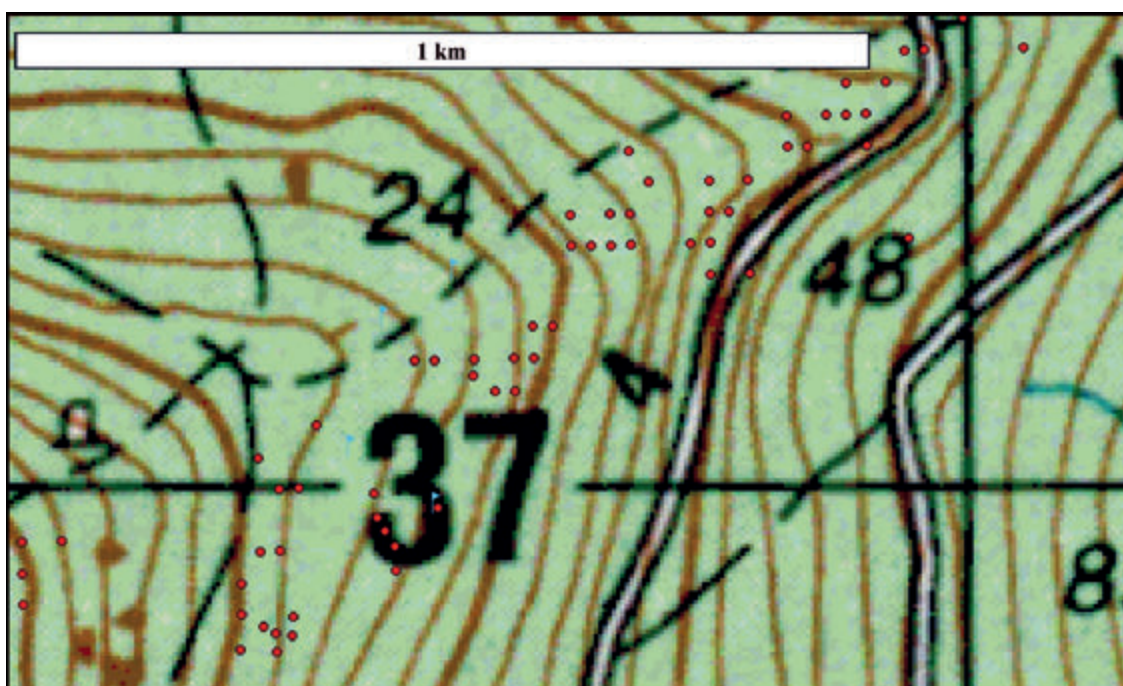


Rys. 10. Mapa rozkładu wartości standaryzowanej z promieniowania gamma na poligonie sprawdzającym

Fig. 10. Map of distribution of standardized gamma radiation on the check polygon



Rys. 11. Mapa wyrobisk poszukiwawczych na zboczu Ślęzy
Fig. 11. Map of prospecting workings on the slope of Mt. Ślęża



Rys. 12. Powiększony obraz wyrobisk poszukiwawczych z rys. 11 (ramka na rys. 11)
Fig. 12. Enlarged image from Fig. 11

trudne do kartowania klasycznego. Założono, że w miejscach ujemnych anomalii, pozyskanych za pomocą analizy standaryzacyjnej promieniowania gamma, powinny pojawić się podobne skupienia i ciała ilmenitowe.

Linie profilowania radiometrycznego, podobnie jak na poligonie doświadczalnym, ustawiono w kierunku prostym do potencjalnej strefy *en-echelon* ([3], rys. 6). Po zastosowaniu standaryzacji wartości promieniowania gamma oraz wykreśleniu map, okazało się, że na obszarze poligonu sprawdzającego pokazały się identyczne anomalie jak w przypadku poligonu doświadczalnego (rys. 10). Ich przebieg wyraźnie nawiązuje do anomalii z poligonu doświadczalnego. Anomalie z o wartościach ujemnych postanowiono zidentyfikować za pomocą GPS.

Rekonesans geologiczny wykazał, że w miejscach obecności anomalii ujemnych na poligonie sprawdzającym znajdują się nie tylko bloczki gabra okruszczonego ilmenitem, ale także wkopy i szurfy poszukiwawcze, wcześniej nie opisywane przez geologów pracujących na obszarze masywu Ślęzy (rys. 11). Wkopy układają się w klasyczny sposób linii poszukiwawczych, co świadczy o wysokim kunszcie prac geologicznych prowadzonych na tym obszarze, najprawdopodobniej przed II wojną światową (rys. 12).

Podsumowanie

Strefa Strzegomiany-Kunów została odkryta i przebadana przez nieznaną geologów niemieckich. Rozpoznanie strefy

nastąpiło zgodnie ze sztuką poszukiwania złóż. Wyniki analiz rozkładu promieniowania γ na badanym obszarze wskazują na odmienny przebieg ciała ilmenitowego B-B od opisywanego w literaturze [3].

Zmodyfikowany statystycznie przez autorów rozkład promieniowania gamma wskazuje, że na obszarze masywu ofiolitowego Ślęzy występuje typowa makrorytmiczność i mikrorytmiczność ilmenitowa, szeroko opisywana w literaturze dotyczącej magmatyzmu skał zasadowych [22]. Zastosowana metoda standaryzacji promieniowania gamma w poszukiwaniu ciał ilmenitowych wykazała bardzo dużą skuteczność w znalezieniu formy i miejsca występowania okruszcowania. Szczególnie przydatna była w miejscach blokowisk skalnych, gdzie klasyczne metody kartowania są bardzo mało skuteczne. Dzięki rozpoznaniu ciała ilmenitowego zwanego B-B oraz znalezieniu prawidłowości w jego występowaniu, można było określić potencjalny przebieg innych skupień ilmenitu na zbożu Ślęzy w strefie Strzegomiany-Kunów. Ciała ilmenitowe

występujące w powyższej strefie mają przebieg 60° - 240° lub 70° - 250° a ich miąższość waha się od 5 cm do około 10 m. Obserwując przebieg anomalii wartości standaryzowanej z promieniowania gamma można przypuszczalnie określić makrorytmiczność ciał ilmenitowych. Na obszarze ofiolitu Ślęzy wynosi ona najprawdopodobniej od 10 do 25 m.

Omawiana strefa Strzegomiany-Kunów ma bardzo stare założenia tektoniczne i można z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że funkcjonowała przed okresem konsolidacji ofiolitu Ślęzy. Wskazuje na to podobny przebieg ciał ilmenitowych opisanych w tej strefie Strzegomiany-Kunów, do ciał chromitowych w dawnej kopalni Tąpadła wykartowanych na poziomie 408 [23]. Jednocześnie strefa ta oraz zawarte w niej ciała ilmenitowe pokrywają się z liniowymi strukturami regionalnymi, opartymi na badaniach grawimetrycznych, magnetycznych i na zdjęciach satelitarnych [24].

Badania finansowano w ramach grantu 1017/S/ING/14-5.

Literatura

- [1] Niškiewicz J., Siemiątkowski J., 1993, *Mineralizacja rudna metagabr strefy Strzegomiany - Kunów (Masyw Ślęzy, Dolny Śląsk) - Prace Geologiczno-Mineralogiczne XXIII*, s. 119-144
- [2] Muszer A., 2000, *Geneza ilmenitu w rejonie Strzegomian (strefa Strzegomiany - Kunów, Dolny Śląsk)*. PTM – Prace Spec. Z. 16. 191-209
- [3] Wahed A.M., Mierzejewski M.P. (1998): *Następne odkrycia stref zmineralizowanych ilmenitem w metagabrze Ślęzy, Dolny Śląsk – Przegląd Geologiczny*, vol. 46, nr 8, s. 684- 688
- [4] Ciężkowski W., A.T. Solecki, 1992, *Radon cartography as a tool of research*, examples from the Sudety Mts Area (SW Poland). Mem. Expl. Cartes Geologiques et Mineres de la Belgique, No 32, 322 xp/b, ss 133-139, 4 Figs, 18 poz. lit.
- [5] Solecki A.T. 1997, *Radioaktywność środowiska geologicznego*. (English summary: Radioactivity in the geological environment) Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, p. 72
- [6] Jamrozik L., Niškiewicz J., Cholewicka-Meysner D., Farbisz J., Jodłowski S. (1988): *Odkrycie strefy zmineralizowanej Fe-Ti w gabrach masywu Ślęzy*, Geologia Sudetica, 23, 1
- [7] Oberc J., 1972, *Sudety i obszary przyległe*. [W:] Budowa geologiczna Polski – Tektonika cz. 2, Wyd. Geol. Warszawa
- [8] Teisseyre H., 1960, *Rozwój budowy geologicznej Sudetów od prekambriu po trzeciorzęd*. Regionalna Geologia Polski t. III, z. 2, Kraków
- [9] Jamrozik L., 1989, *Strefa mineralizacji ilmenitowej Strzegomiany-Kunów w intruzji gabrowej Ślęzy w obrębie ofiolitu Sobótka (Dolny Śląsk)*. Przegl. Geol. nr 10
- [10] Cwojdzński S., 1980, *Ewolucja geologiczna Polski południowo-zachodniej w interpretacji tektoniki płyt*. Geol. Sud. 1, 43-56
- [11] Cymerman Z., 1987, *Związek ofiolitu Ślęzy z waryscyjską strukturą metamorfiku sowiogórskiego*. Prz. Geol. 6. 304-312
- [12] Mierzejewski P. M., 1999, *Ofiolit Ślęzy – fragment skorupy typu oceanicznego czy też protruzja*. [W:] wybrane zagadnienia stratygrafii, tektoniki i okruszcowania dolnego Śląska. 22-27
- [13] Majerowicz A., 1981, *Rock series of the Ślęza Mt. Group in the light of petrologic studies of ophiolitic complexes*, Ophiolites and Initialites of Northern Border of the Bohemian Massif, Guidebook of Excursions, vol II, Multilateral Cooperation of Academies of Science of the Socialist Countries, Problem Commission IX, Subcommission 2. 38-43
- [14] Majerowicz A., 1994, *Petrologia wybranych zespołów maficzno-ultramaficznych w Sudetach i na ich przedpolu* - Polskie Towarzystwo Mineralogiczne - Prace Specjalne, Zeszyt 5, str. 75 - 77
- [15] Majerowicz A., 1999, *Mechanizm koncentracji ilmenitu we wschodniej części ofiolitu Ślęzy – Wybrane zagadnienia stratygrafii, tektoniki i okruszcowania Dolnego Śląska*. 25-34
- [16] Majerowicz A., Mierzejewski M., 1995, *Petrologia, pozycja tektoniczna i geotektoniczna skał krystalicznych NE i SE osłony masywu granitowego Strzegom-Sobótka*. W: Przewodnik LXVI Zjazdu PTG. Wrocław. 59-84
- [17] Finckh L., 1928, *Erläuterungen zur geologischen Karte von Preussen 1:25000*, Lief. 210, Blatt Zobten, Preuss. Berlin

- [18] Majerowicz A., 1963, *Granit z okolic Sobótki i jego stosunek do osłony w świetle badań petrograficznych*. Arch. Miner. 24(2), s. 7-96
- [19] Jamrozik L., 1986, *Pozycja geologiczna i tektonika wewnętrzna masywów ultrabazytowych i bazytowych rejonu Ślęzy, Niemczy i Żąbkowic Śląskich, oraz jej znaczenie w poszukiwaniu stref mineralizacji*. W: Sprawozdanie z I etapu prac prowadzonych pod kierunkiem J. Niškiewiczza. Arch. AGH w Krakowie
- [20] Cholewicka-Meysner D., Farbisz J., Jodłowski S., 1989, *Ofiolit Ślęzy w świetle badań geofizycznych*. W: Ofiolit Ślęzy u jego mineralizacja rudna. Sympozjum, Wrocław-Sobótka 4-6 września. 38-48
- [21] Niškiewicz J., 1993, *Mineralizacja rudna w skałach masywów ofiolitowych występujących na obrzeżeniu bloku sowiogórskiego (Dolny Śląsk)*. Acta Univer. Wratis. Prace Geologiczno - Mineralogiczne XXXVI. 27-59
- [22] Sharkov E. V., 2006, *Formirovanie rassloennyh intruzivov i sviazannogo s nimi orudenia*. In Russian. Moskwa. 365
- [23] Birecki T., 1962, *Występowanie chromitów w Tąpadlach*, Przegl. Geol., 3, Wyd. Geol., Warszawa. 144-150
- [24] Doktor S. Graniczny M., Kanasiewicz J., Kucharski R., 1989, *Metody kompleksowej analizy danych teledetekcyjnych i geofizycznych dla wyznaczenia struktur rudnych*. Prz. Geol. 1., Warszawa. 86-90



Serpentynit antygorytowy

fol. Paweł Łączny