

## ZASTOSOWANIE SPEKTROMETRYCZNYCH POMIARÓW NATURALNEGO PROMIENIOWANIA GAMMA W BADANIACH GEOFIZYCZNYCH W POLSCE

Emisja promieniowania jądowego, towarzysząca rozpadom promieniotwórczym izotopów szeregu U-238, Th-232, a także promieniowania izotopu K-40, jest od kilku dziesięcioleci wyzyskiwana zarówno w geofizycznych metodach prospekcji złóż pierwiastków promieniotwórczych, jak i w badaniach geofizycznych wykonywanych w otworach wiertniczych. Przez wiele lat w badaniach tych stosowano metodę pomiarów natężenia sumarycznego promieniowania gamma, emitowanego przez wszystkie wymienione grupy źródeł. W przypadku pomiarów powierzchniowych metoda nosiła nazwę powierzchniowego zdjęcia gamma, natomiast w przypadku pomiarów otworowych – profilowania gamma (PG).

Z końcem lat 60-tych w krajach zachodnich (10) wprowadzona została w sposób praktyczny w zakres stosowanych metod produkcji – metoda spektrometrycznych pomiarów naturalnego promieniowania gamma. Wprowadzenie selektywnego określenia rodzaju emiterów promieniowania, a także określenia ich koncentracji, w sposób istotny rozszerzyło możliwości prospekcyjne metody pomiarów naturalnego promieniowania gamma.

Mija 10 lat od momentu podjęcia w Polsce pierwszych prób zastosowania w badaniach geofizycznych metody spektrometrycznych pomiarów naturalnego promieniowania gamma. W okresie tym wykonano tą metodą dużą liczbę pomiarów, stosując ją zarówno w badaniach wykonywanych w otworach wiertniczych, w zdjęciach powierzchniowych, jak i w badaniach lotniczych. Całkowity brak publikacji na powyższy temat powoduje, że znajomość samej metody, a głównie jej możliwości prospekcyjnych, jest bardzo niewielka lub też w wielu przypadkach niewłaściwa. Celem artykułu jest przybliżenie polskiemu czytelnikowi zarówno zagadnień metodycznych związanych z omawianą metodą, jak i zaprezentowanie niektórych wyników uzyskanych w badaniach prowadzonych przez Instytut Geologiczny.

### EMITERY NATURALNEGO PROMIENIOWANIA GAMMA

Pole naturalnego promieniowania gamma jest jednym z naturalnych pól fizycznych towarzyszących wszystkim ciałom. Podstawowy udział w promieniowaniu gamma, obserwowanym w przyrodzie, mają niestabilne izotopy dwóch podstawowych rodzin promieniotwórczych, tj. U-238 oraz Th-232 (ryc. 1). Porównywana do nich ilość promieniowania gamma produkuje jedyny niestabilny izotop potasu K-40. Udział pozostałych naturalnych emiterów gamma, w tym również U-235, ze względu na ich nieznaczną koncentrację w przyrodzie, można uznać za nieistotny z praktycznego punktu widzenia. Równie niewielki

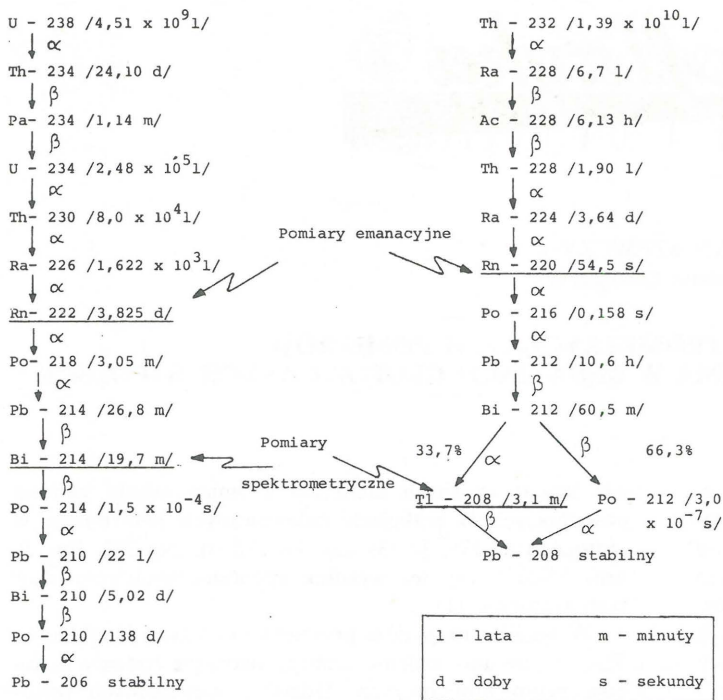
jest udział wtórnych emiterów promieniowania gamma powstających w reakcjach indukowanych neutronami w izotopach U-235, U-238 czy Th-232 (tj. Np-237, Pu-239 oraz U-233), czy też wskutek spontanicznych rozpadów tych izotopów (1).

W wyniku rozpadów promieniotwórczych U-238 oraz Th-232 powstają kolejno izotopy tworzące rodziny izotopów promieniotwórczych. Udział poszczególnych izotopów w promieniowaniu gamma, towarzyszącym rozpadom, jest bardzo zróżnicowany (7). W przypadku rodziny U-238 dominujący udział ma izotop Bi-214, posiadający ponad 50 linii energetycznych oraz Pb-214 – 4 linie. Energia promieniowania tych dwóch izotopów stanowi w przybliżeniu 98% całkowitej energii promieniowania rodziny i około 80% całkowitej liczby kwantów gamma. Izotop U-238, stanowiący 99,2739% uranu naturalnego ma dwie linie energetyczne w zakresie niskoenergetycznej części widma (0,048 oraz 0,112 MeV), z których praktycznie żadna nie daje się mierzyć w warunkach polowych. W przypadku szeregu Th-232, stanowiącego blisko 100% naturalnego toru, około 85% kwantów gamma emitowanych jest przez Tl-208 oraz Ac-228. Z linią energetyczną 2,615 MeV izotopu Tl-208, dającą około 8% całkowitej liczby kwantów gamma związane jest ponad 46% całkowitej energii promieniowania gamma szeregu Th-232. Izotop K-40, będący jedynym niestabilnym izotopem potasu ma jedną silną linię energetyczną o wartości 1,415 MeV, łatwo mierzalną w warunkach polowych. Na ryc. 2a przedstawiono widma fizyczne wszystkich trzech omówionych grup emiterów promieniowania gamma. Wskutek procesów oddziaływania kwantów gamma w procesach fizycznych z atomami ośrodka (rozpraszanie Comptona, zjawisko fotoelektryczne oraz powstawanie par), widmo energetyczne – noszące w tym przypadku nazwę widma aparaturowego, rejestrowane za pomocą spektrometru ma bardzo złożony i „rozmyty” charakter.

Na ryc. 2b przedstawiono przykład widm aparaturowych rejestrowanych dla poszczególnych rodzajów emiterów. W warunkach naturalnych, w środowisku geologicznym zawsze mamy do czynienia ze wszystkimi typami źródeł jednocześnie. W tej sytuacji widmo aparaturowe ma bardzo złożony charakter. Przykłady takich widm dla pełnego zakresu energii, dla utworów dewonu środkowego z rejonu Gór Świętokrzyskich przedstawił autor we wcześniejszej pracy (12).

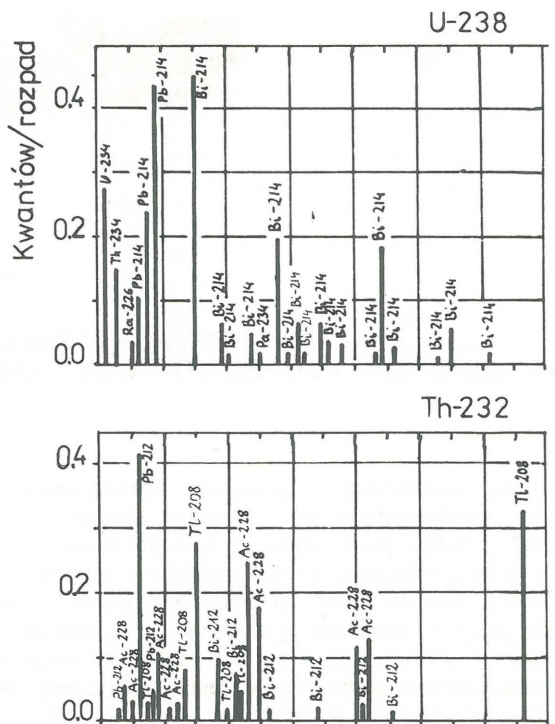
### ZAGADNIENIE STANU RÓWNOWAGI PROMIENIOTWÓRCZEJ

W skład rodziny U-238 czy Th-232 wchodzi izotopy różnych pierwiastków chemicznych. Różnice własności



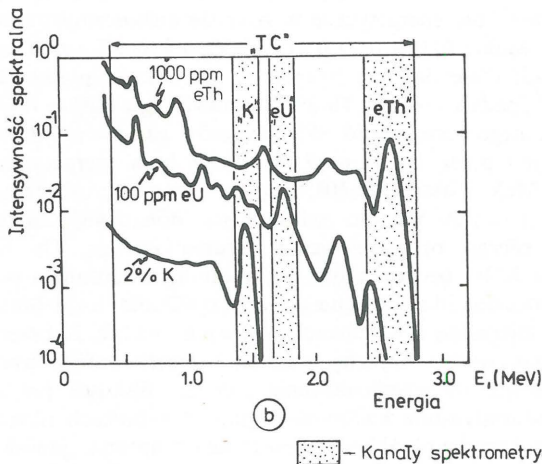
Ryc. 1. Izotopy rodziny promieniotwórczej U-238 oraz Th-232 wraz z typem oraz półokresem rozpadu. Zaznaczono miejsca wykonania pomiarów metodą emanacyjną oraz spektrometryczną.

Fig. 1. Isotopes of the radioactive family U-238 and Th-232 and their types and half-life periods. The places of taking measurements by the emanation and spectrometric methods are shown.



Ryc. 2a. Energetyczne widma fizyczne emiterów naturalnego promieniowania gamma izotopów rodziny U-238, Th-232 oraz izotopu K-40.

Fig. 2a. Physical energy spectra of natural gamma radiation emitters of the isotope family U-238, Th-232 and isotope K-40.



Ryc. 2b. Energetyczne widma aparaturowe naturalnego promieniowania gamma otrzymane na powierzchni gruntu za pomocą detektora NaJ (Tl) o wymiarach 76 x 76 mm (6).

Fig. 2b. Apparature energy spectra of natural gamma radiation, recorded at the soil surface with the use of detector NaJ/Tl, 76 x 76 mm in size (6).

fizycznych, jak i chemicznych tych pierwiastków (lub ich związków) wpływają na to, że ich rozkład czasowo-przestrzenny w środowisku geologicznym jest zróżnicowany. Wpływa to na pojawienie się zaburzeń stanu równowagi promieniotwórczej. Oznacza to, że w danym punkcie czasoprzestrzeni ilość atomów izotopu  $N_i$  odbiega od ilości wynikającej z równania stanu równowagi promieniotwórczej:

$$N_1\lambda_1 = N_2\lambda_2 = \dots = N_i\lambda_i = \text{const}$$

gdzie:  $\lambda_i$  jest stałą rozpadu izotopu  $i$ .

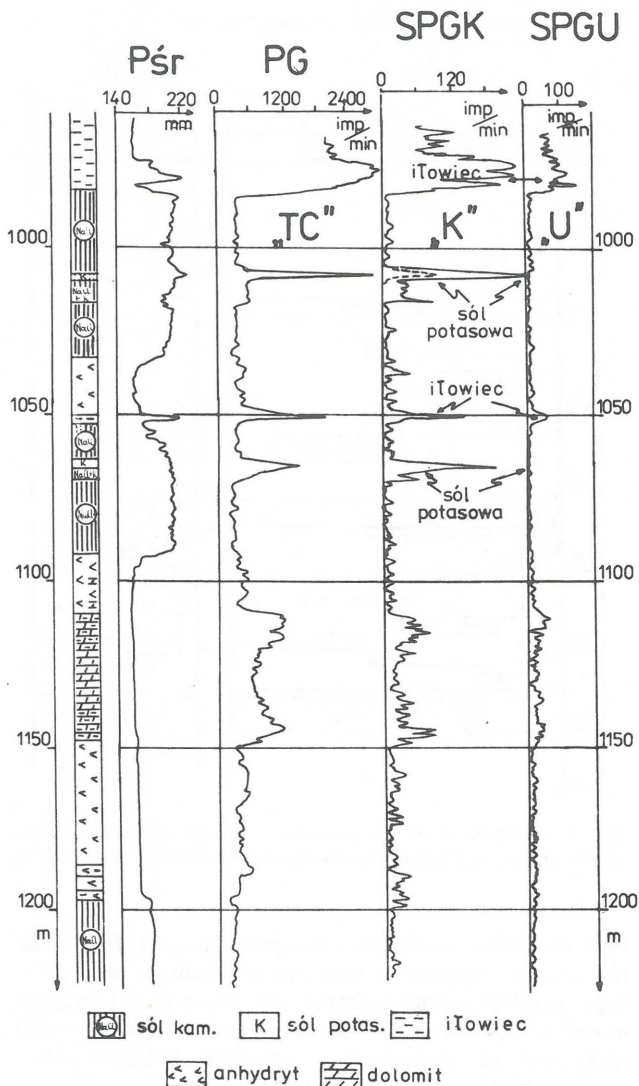
Ponadto musi być spełniony warunek  $\lambda_1 \ll \lambda_i$  dla  $i \neq 1$ .

Szczególnie drastyczne zaburzenie stanu równowagi promieniotwórczej występować może w rodzinie promieniotwórczej U-238. W przypadku pierwotnie czystego uranu stan równowagi dla całej rodziny – przy założeniu, że nie występuje w tym czasie migracja żadnego z izotopów – produktów rozpadu izotopu wyjściowego – praktycznie następuje po około 1 mln lat (14). Oznacza to, że pomiar promieniowania gamma produktów rozpadu U-238 może być źródłem informacji o ilości uranu w skale jedynie w sytuacji, gdy od momentu jego zdeponowania upłynął czas nie mniejszy niż 1 mln lat.

Dla warstwy przypowierzchniowej występowanie zamkniętego układu geochemicznego jest praktycznie niemożliwe. Ma to poważne konsekwencje dla zakresu stosowania metody spektrometrycznej, a głównie interpretacji jej wyników.

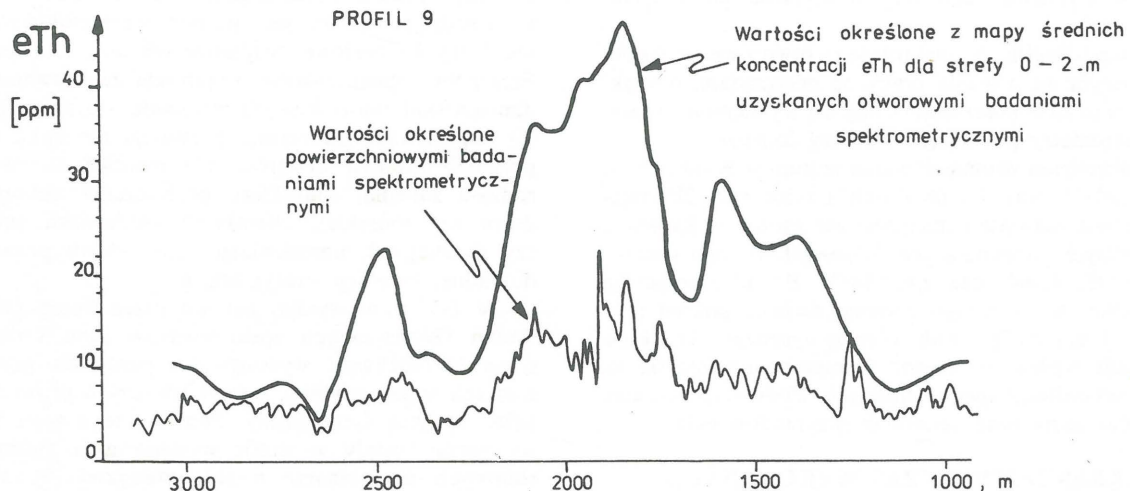
Znacznie prostsza sytuacja ma miejsce w przypadku izotopów rodziny Th-232. Ze względu na krótkie pół-





Ryc. 3. Wyniki spektrometrycznych otworowych pomiarów naturalnego promieniowania gamma w utworach cechsztynu w otworze wiertniczym Lelechów IG-2.

Fig. 3. Results of spectrometric well logs of natural gamma radiation in Zechstein rocks in the borehole column Lelechów IG-2.



Ryc. 4. Porównanie spektrometrycznych oznaczeń koncentracji  $eTh$  uzyskanych za pomocą pomiarów powierzchniowych z wynikami pomiarów spektrometrycznych wykonanych w strefie głębokościowej 0-2 m. Strefy podwyższonej koncentracji  $eTh$  związane są z występowaniem trachitów.

okresy rozpadów należących do niej izotopów (vide ryc. 1) stan równowagi dla całej rodziny ustala się praktycznie już po 70 latach. Jednak i w tym przypadku, jak wynika z badań autora (13), w warunkach powierzchniowych występuje zaburzenie stanu równowagi promieniotwórczej, związane z ucieczką toronu ( $Rn-220$ ), będącego gazem szlachetnym.

Ze względu na możliwość występowania zaburzeń stanu równowagi promieniotwórczej w obydwu rodzajach promieniotwórczych, przy oznaczeniach koncentracji pierwiastków promieniotwórczych stosowane są oznaczenia  $eU$  oraz  $eTh$  ( $e$  – equilibrium). Wielkości te określają koncentracje odpowiednio  $U$  oraz  $Th$  przy założeniu istnienia stanu równowagi promieniotwórczej dla obydwu rodzin izotopów.

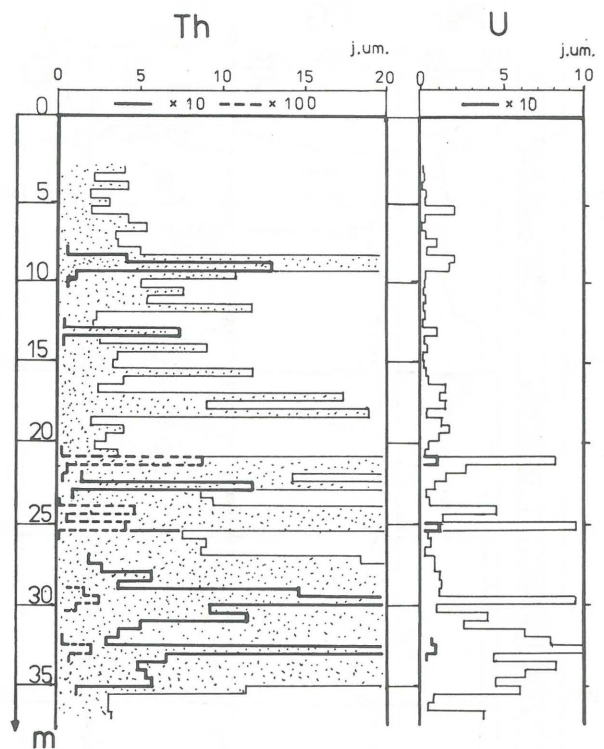
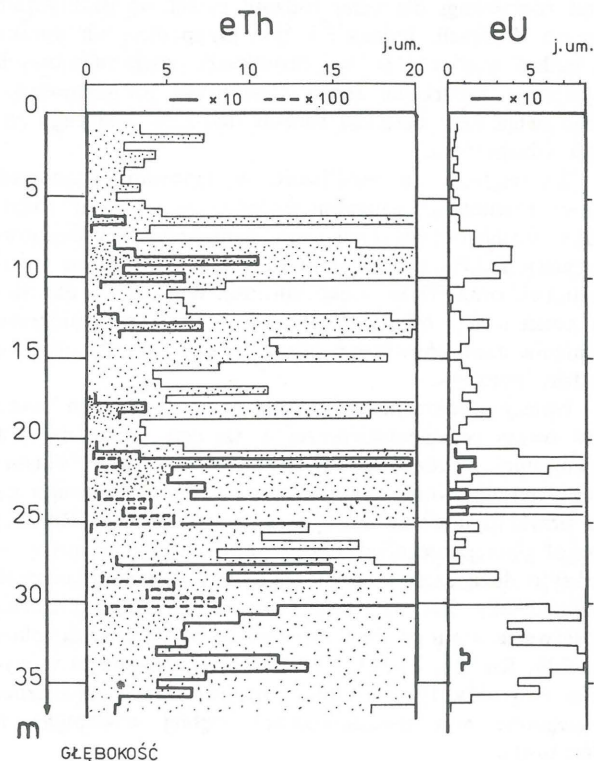
Należy podkreślić, że występowanie zaburzeń stanu równowagi promieniotwórczej w szeregu  $U-238$  nie jest bynajmniej „wadą” metody spektrometrycznej. Właśnie dzięki występowaniu tego zjawiska – manifestującego się na przykład powstawaniem aureoli radonowych ( $Rn-222$ ) wokół głębiej zalegających stref mineralizacji uranowej – odkryto dużą część obecnie znanych złóż uranu (metoda emanacyjna). Jak się obecnie uważa (3) dopiero łączna obserwacja wielu produktów rozpadu  $U-238$ , a szczególnie  $Ra-226$ ,  $Rn-222$ ,  $Bi-214$ , a także  $He$  powstającego w wyniku rozpadów typu  $\alpha$ , daje pełną informację użyteczną, szczególnie przy poszukiwaniach głębiej występujących złóż uranu.

Niewielka miąższość strefy, z której pochodzi bezpośrednio promieniowanie gamma (0,3-0,4 m) utożsamiana jest niekiedy mylnie z głębokościowym zasięgiem prospekcyjnym metody. W rzeczywistości zasięg ten może być o kilka rzędów wielkości większy, sięgając ponad 100 m (8).

#### REALIZACJA POMIARÓW

W typowych spektrometrach, służących do pomiarów naturalnego promieniowania gamma w warunkach polowych, stosowane są zazwyczaj detektory scyntylacyjne typu  $NaI(Tl)$  o objętości kryształów dostosowanej do celów oraz warunków realizacji pomiarów (11).

W badaniach wykonywanych w Polsce, w przypadku zdjęć powierzchniowych stosowane są od 1975 r. spektrometry kanadyjskiej firmy Exploranium, model DISA-400A,



Ryc. 5. Porównanie spektrometrycznych otworowych oznaczeń koncentracji eTh oraz eU z wynikami laboratoryjnych chemicznych oznaczeń Th oraz U.

Fig. 5. Comparison of spectrometric well logs of concentrations of eTh and eU and laboratory chemical identifications of Th and U.

o objętości kryształu  $347 \text{ cm}^3$ , a przy zdjęciach lotniczych spektrometr lotniczy również tej firmy – model DiGRS-3001, o łącznej objętości kryształów  $7414 \text{ cm}^3$ . Natomiast w badaniach otworowych stosowano dotychczas spektrometry dwóch typów zbudowane w Akademii Górniczo-Hutniczej w zespole kierowanym przez dr inż. Karola Pałkę. Był to odpowiednio – spektrometr do pomiarów w głębokich otworach wiertniczych (do 5000 m) typu SP-0-72, wyposażony w detektor o objętości  $103 \text{ cm}^3$  oraz spektrometr typu SP-1-75, przeznaczony do pomiarów w płytkich otworach wiertniczych (do 100 m), wyposażony w wymienne detektory o objętościach  $49,5 \text{ cm}^3$  oraz  $6,3 \text{ cm}^3$ .

Warto podkreślić, że spektrometry otworowe, ze względu na specyficzne warunki pracy, są przyrządami o większym stopniu złożoności technicznej niż wymienione wcześniej spektrometry powierzchniowe czy lotnicze.

Dla określenia promieniowania izotopów K-40 („K”), Bi-214 („eU”) oraz Th-232 („eTh”) (vide ryc. 2b) rejestrowana jest zazwyczaj intensywność zliczeń w kanałach energetycznych, obejmujących odpowiednio linie energetyczne 1,415, 1,764 oraz 2,614 MeV. Ponadto rejestruje się wielkość sumarycznego promieniowania gamma (kanał „TC”) dla całego widma energetycznego. Wielkość tła, a także wpływ rozprożeń Comptona określa się za pomocą procedur eksperymentalnych. Podobny charakter ma standaryzacja oraz kalibracja przyrządów (11).

#### ZAKRES DOTYCHCZAS WYKONANYCH BADAŃ SPEKTROMETRYCZNYCH

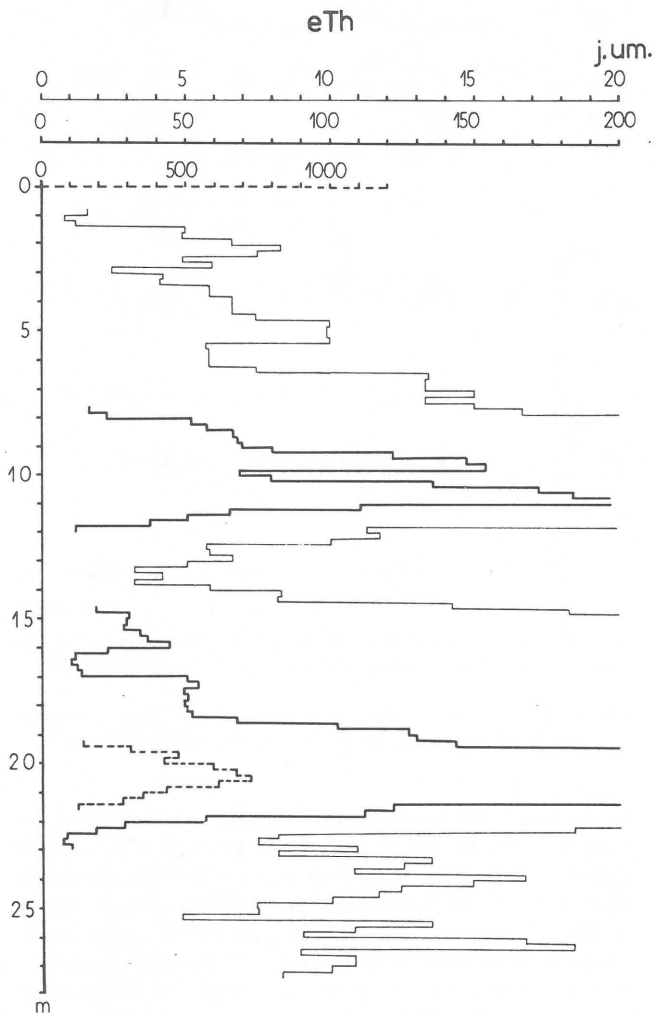
Historycznie pierwszym pomiarem spektrometrycznym, wykonanym w kraju, był pomiar wykonany w 1974 r., w otworze wiertniczym Lelechów IG-2. Celem badań

było określenie możliwości zastosowania metody pomiarów spektrometrycznych zarówno naturalnego, jak i wtórnego promieniowania gamma dla identyfikacji litologii utworów cechsztynu (2). Na ryc. 3 przedstawiono wyniki spektrometrycznych rejestracji w kanale „K” oraz „eU”, a także wynik konwencjonalnego profilowania gamma. Pomiar wykonywany był w sposób ciągły prototypową sondą SP-0-72 z prędkością 120 m/h. Widoczna jest tu wyraźna przewaga metody spektrometrycznej nad metodą klasyczną, np. przy odróżnianiu soli potasowych od ilowców.

Należy zaznaczyć, że spektrometryczne pomiary naturalnego promieniowania gamma są od kilku lat rutynowym rodzajem badań, stosowanym przez czołowe zachodnie firmy karotażowe: Schlumberger oraz Dresser Atlas. Szczególnie spektakularne osiągnięcia zanotowano w badaniach skał zbiornikowych w rejonie Morza Północnego (5). Uzyskiwane informacje pozwalają nie tylko na rozpoznanie litologii utworów, ale również na określenie rodzaju zailenia, charakteru pochodzenia utworów (lądowe czy morskie), charakteru środowiska (utlenione czy redukcyjne), umożliwiając tym samym prowadzenie dokładnej korelacji stratygraficznej.

W 1975 r. w wyniku zakupu przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych spektrometrów typu DISA-400A powstała możliwość wykonywania pomiarów powierzchniowych w ramach prac poszukiwawczych prowadzonych przez Instytut Geologiczny. Pierwsze tego typu badania wykonane zostały w strefie występowania anomalii toronowych na obszarze niecki żytdawskiej (9). Pomiary spektrometryczne wykazały swoją przydatność w lokalizacji stref występowania mineralizacji torowej. Podobne pomiary, lecz w znacznie większym zakresie, wykonano w rejonie Szklarskiej Poręby. W obydwu przypadkach pomiary wykonano w sposób punktowy, bezpośrednio





Ryc. 6. Przykład wyników otworowych spektrometrycznych oznaczeń eTh w otworze posiadającym fragmentaryczne opróbowanie chemiczne.

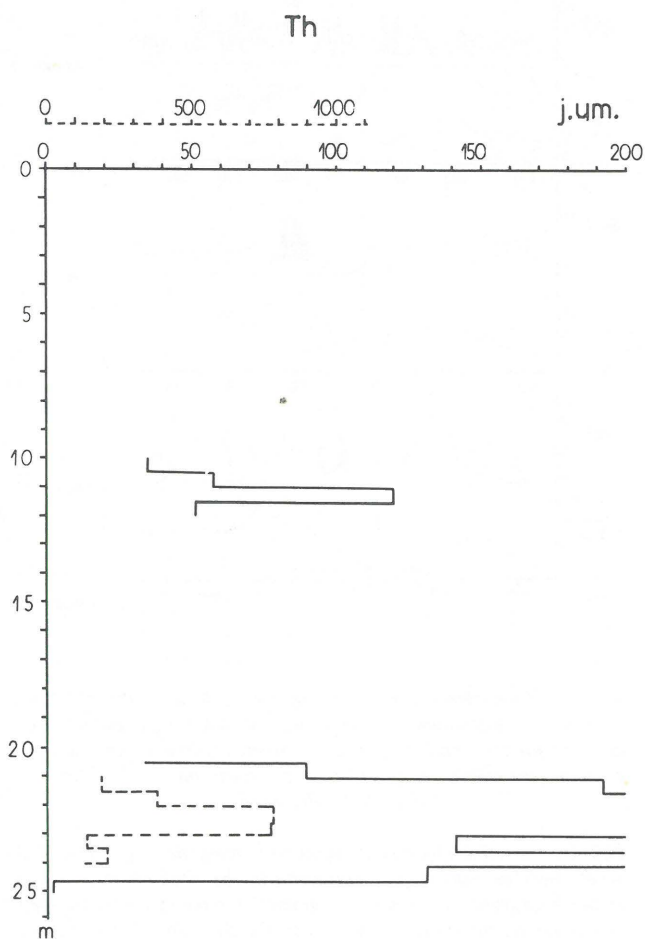
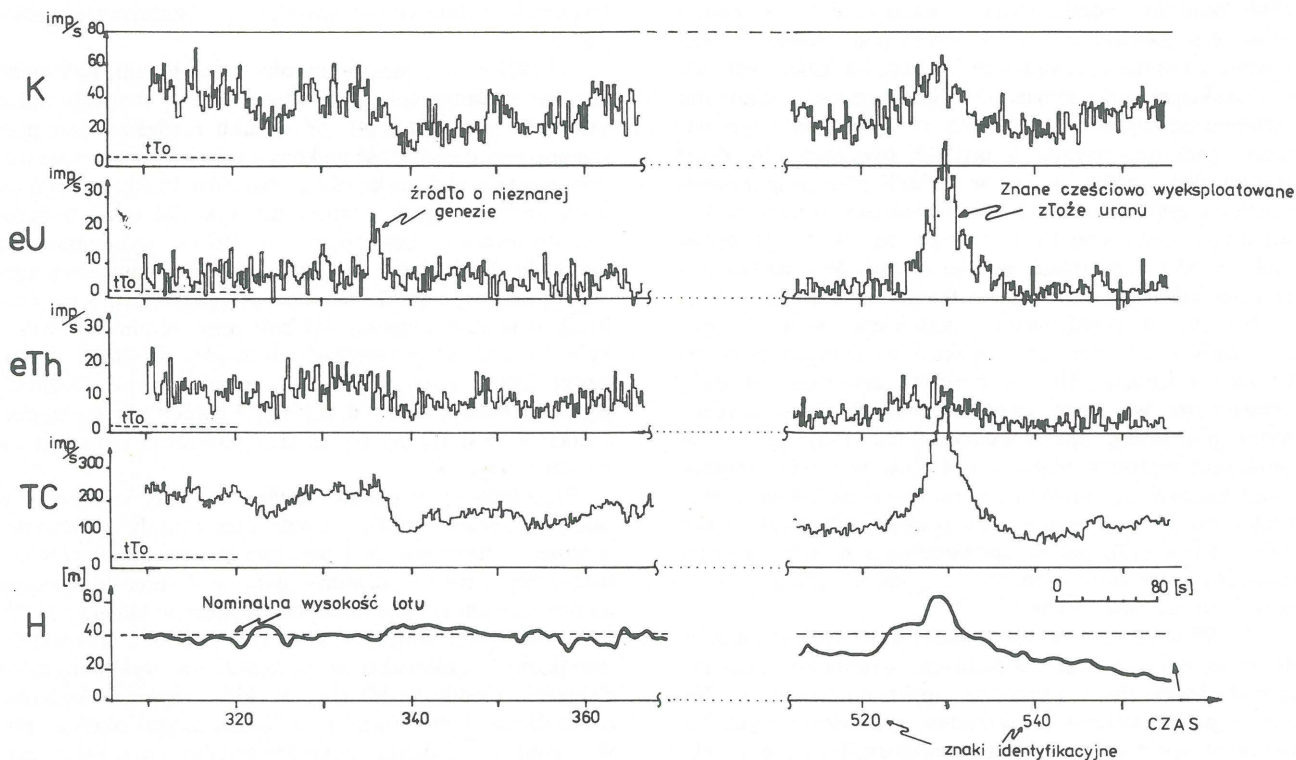
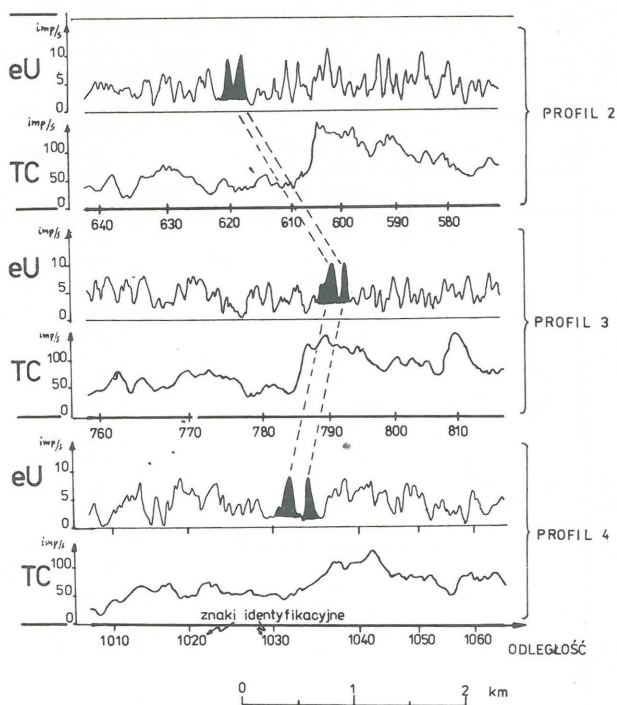


Fig. 6. An example of spectrometric well logs of eTh for borehole column with partial chemical sampling.



Ryc. 7. Fragment wyników pomiarów aerospektrometrycznych nad obszarem Sudetów Zachodnich.

Fig. 7. Results of aerospectrometric measurements for the western Sudety Mts.



Ryc. 8. Wydzielenie aerospektrometrycznych anomalii eU związanych z wystąpieniami mineralizacji uranowej w granitach Karkonoszy na tle wyników pomiarów sumarycznego promieniowania gamma (interpretacja geologiczna pochodzi od dr J. Lisa oraz doc. dr S. Przeniosły).

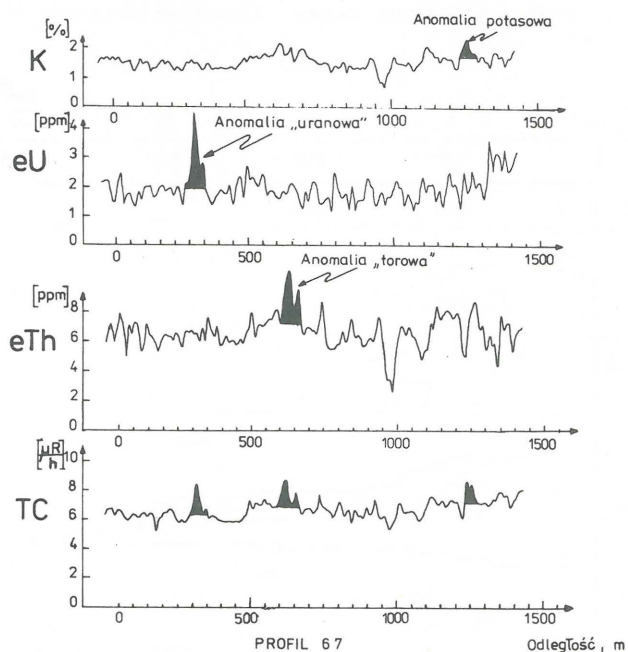
Fig. 8. Aerospectrometrically identified anomalies eU, related to occurrences of uranium mineralization in the Karkonosze granites, at the background of results of summative gamma radiation (geological interpretation after Dr. J. Lis and Doc. Dr. S. Przeniosło).

na powierzchni gruntu, przy odległościach 5 m, między poszczególnymi punktami.

W latach 1977–1979 na obszarze niecki żyławskiej wykonano badania metodą spektrometryczną w ponad 8000 punktów pomiarowych. Badania te wykonywano głównie w znanych z wcześniejszych prac strefach występowania anomalii toronowych, a także na kilku profilach o charakterze regionalnym (13). Jednocześnie z badaniami powierzchniowymi wykonywano również punktowe pomiary spektrometryczne w płytkich otworach (do 30 m) wiertniczych, realizowanych w ramach prac poszukiwawczych na tym obszarze. Badania spektrometryczne wykonano aparaturą typu SP-1-75 w ponad 700 takich otworach, w 23 157 punktach pomiarowych. Wykonawcą pomiarów było Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych.

Na ryc. 4 przedstawiono zestawienie wyników powierzchniowych pomiarów spektrometrycznych rejestrowanych w kanale „Th”, ze średnimi zawartościami eTh, określonymi w strefie głębokościowej 0–2 m, otworowymi pomiarami spektrometrycznymi. Przy generalnej zgodności wyników obydwu rodzajów w strefie przypowierzchniowej, zawartość eTh jest wyraźnie niższa w stosunku do jego zawartości na większej głębokości. Jak uważa autor (13), jest to spowodowane ucieczką toronu (Rn-220) z utworów geologicznych, znajdujących się bezpośrednio na powierzchni.

W 109 wspomnianych otworach, w których stwierdzono występowanie stref anomalnych, wykonano pełną interpretację ilościową pomiarów spektrometrycznych. Na ryc. 5 przedstawiono przykładowe zestawienie wyników oznaczeń spektrometrycznych koncentracji eTh oraz eU



Ryc. 9. Fragment wyników interpretacji powierzchniowych pomiarów spektrometrycznych na obszarze niecki śródsudeteckiej.

Fig. 9. A fragment of results of interpretation of surface spectrometric measurements in area of the Intra-Sudetic Basin.

z wynikami laboratoryjnych, chemicznych oznaczeń Th oraz U. Wyniki powyższe dotyczą jednego z nielicznych otworów mających kompletny rdzeń z pełnymi analizami chemicznymi. W większości przypadków wyniki badań spektrometrycznych były jedyną kompletną, ciągłą informacją o rozkładzie koncentracji omawianych pierwiastków (vide ryc. 6). Na podstawie wyników interpretacji pomiarów spektrometrycznych określono przestrzenne rozkłady mineralizacji torowej na całym obszarze objętym badaniami, a także określono zasoby toru metalicznego dla wydzielonych stref (13). Wyniki badań spektrometrycznych wykorzystano również w dokumentacji geologicznej.

W 1977 r., nad niektórymi obszarami Polski, wykonano testowe badania aerospektrometryczne z zastosowaniem samolotu typu An-2 (4). W wyniku realizacji tych prac stwierdzono niecelowość wykonywania badań aerospektrometrycznych nad większością obszarów Polski z wyłączeniem Sudetów, gdzie zamierzano wykonać takie badania z zastosowaniem helikoptera. W 1980 r. wykonano nad Sudetami Zachodnimi badania testowe z zastosowaniem helikoptera typu Mi-2. Badania przeprowadzono na profilach o łącznej długości 441 km, przy nominalnej wysokości lotu 40 m i przy odległości między profilami, wynoszącej 250 m (16). Na ryc. 7 przedstawiono fragment wyników badań, m.in., nad jedną z dwóch kopalń uranu, a także nad strefą występień śródgranitowej mineralizacji uranowej (ryc. 8).

Przykłady te w sposób bardzo wyraźny wskazują na zalety i znacznie większe możliwości metody spektrometrycznej w stosunku do klasycznej metody pomiarów sumarycznego promieniowania gamma (reprezentowanego na pokazanych przykładach przez pomiar w kanale „TC”). Podsumowania całości wykonanych badań aerospektrometrycznych dokonano w opracowaniu wykonanym w Zakładzie Geofizyki IG (14). W kilku rejonach Sudetów prowadzone były również w omawianym okresie powierzchniowe badania spektrometryczne związane z po-



szukiwaniami złóż uranu. Na ryc. 9 przedstawiono fragment wyników badań spektrometrycznych wykonanych na obszarze niecki śródsudeckiej, będący dobrą ilustracją możliwości metody zarówno w odniesieniu do prospekcji złóż pierwiastków promieniotwórczych, jak i przy rozpoznawaniu litologii utworów przypowierzchniowych (15).

## ZAKOŃCZENIE

Przedstawione informacje, dotyczące metody spektrometrycznych pomiarów naturalnego promieniowania oraz zakresu jej dotychczasowych zastosowań w badaniach geofizycznych wykonanych w kraju, z konieczności sygnalizują jedynie w sposób ogólny powyższe zagadnienia.

Stosunkowo duży zakres wykonanych dotychczas w kraju badań i uzyskanych dzięki nim wielu interesujących wyników interpretacyjnych wskazuje na celowość szerszego i bardziej szczegółowego przedstawienia zarówno zagadnień metodyczno-interpretacyjnych, jak i geologicznych związanych ze stosowaniem omawianej metody badawczej.

## LITERATURA

1. Adams J.A.S., Gasparini P. – Gamma-ray spectrometry of rocks. Elsevier 1970.
2. Curyło Z., Niewodniczański J., Pałka K. – Ocena możliwości zastosowania metod spektrometrycznych dla rozpoznawania litologii skał węglanowych. Sprawozdanie z realizacji zad. 01.c.12 tematu 03 problemu węglowego 01.1.1., Instytut Naftowy, Kraków 1974.
3. Dyck W. – Application of hydrogeochemistry to the search for uranium. [W:] Geophysics and geochemistry in the search for metallic ores. Red.: P.J. Hood, Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 31, 1979.
4. Duda W., Wasiaś I. – Dokumentacja pomiarów aerospektrometrycznych na temat: Sudety, Karpaty, Góry Świętokrzyskie, Niecka Górnośląska, profil regionalny F. Arch. PBG 1977.
5. Fertl W.H. – Gamma ray spectral data assists in complex formation evaluation. The Log Analyst, 1979, nr 5.
6. Gamma-ray surveys in uranium exploration. IAEA, Techn. Rep. 1979, no. 186.
7. Kogan R.M. et al. – Osnovy gamma-spektrometrii prirodnykh sried. Atomizdat, 1969.
8. Kristiansson K. et al. – Evidence for non-diffusive transport of Rn-222 in the ground and a new physical model for the transport. Geophysics 1982 nr 10.
9. Mikuszewski J. – Wyniki poszukiwań pierwiastków ziem rzadkich w zachodniej części bloku izerskiego. Arch. Inst. Geol. 1976.
10. Nuclear techniques and mineral resources. IAEA, 1969.
11. SzeWCzyk J. – Zastosowanie spektrometrycznych

pomiarów naturalnego promieniowania gamma w prospekcji geologicznej. Arch. PBG 1973.

12. SzeWCzyk J. – Związek naturalnego promieniowania gamma z zaileniem oraz litologią na przykładzie utworów dewonu Gór Świętokrzyskich. Pr. Geol. 1974 nr 12.
13. SzeWCzyk J. – Dokumentacja metodyczno-wynikowa otworowych pomiarów spektrometrycznych zastosowanych w badaniach mineralizacji torowej w zachodniej części metamorfiku izerskiego. Arch. Inst. Geol. 1981.
14. SzeWCzyk J. – Wyniki badań aerospektrometrycznych w Sudetach Zachodnich. Ibidem 1983.
15. Wasiaś I. – Dokumentacja badań spektrometrycznych z obszaru niecki śródsudeckiej. Arch. PBG, 1981.
16. Wasiaś I. – Dokumentacja zwiadowczych badań aerospektrometrycznych w Sudetach Zachodnich. Ibidem.

## SUMMARY

Possibilities of selective identification of sources of natural gamma radiation in geological medium markedly widened the usability of method of measurement of complete natural gamma radiation, used for a long time in geophysical surveys. In Poland, surface, airborne and well variants of this method have been used for more than 10 years, giving a lot of interesting methodological and documentary data.

In the Polish literature there is no paper which would present the above method or results obtainable with its use. That is why the knowledge of this method is very limited or, sometimes, incorrect. The paper is aimed at presentation to the Readers both some methodological questions related to this method and some results of surveys carried out with its use by the Geological Institute.

## РЕЗЮМЕ

Возможность селективного определения источников естественного гамма-излучения в геологической среде существенным образом расширила пригодность давно уже применяемого в геофизических исследованиях метода суммарной естественной радиоактивности. Свыше 10-летний период применения этого метода в стране с борта самолета, как и в наземном и скважинном вариантах, позволил многие интересные сведения как методического, так и прикладного характера.

Существующее до сих пор отсутствие в нашей стране публикаций, как относительно самого метода, так и получаемых с его помощью результатов, сказывается на том, что знание метода весьма ограничено, а иногда и неправильно. Целью статьи является приближение польскому читателю как методических вопросов, связанных с упомянутым методом, так представление некоторых результатов, полученных в ходе работ, проводимых Геологическим институтом.