

Maria WICHROWSKA, Zenon WICHROWSKI, Irena ŻEJMO

## Naturalna promieniotwórczość biotytów z granitoidów strzegomskich i strzelińskich

### WSTĘP

Naturalna promieniotwórczość skał i minerałów jest zjawiskiem powszechnym w przyrodzie. W litosferze stwierdzono obecność takich radionuklidów, jak Rb-87, K-40, szeregi uranowo-radowy i torowy, Sm-147, La-138, Re-187. Koncentrację ważniejszych pierwiastków promieniotwórczych i ich aktywnych izotopów ilustruje zestawienie sporządzone dla granitów (A. Polański, 1961): uran ogółem — 4 ppm; U-238 — 4 ppm; U-235 — 0,03 ppm; tor Th-232 — 13 ppm; potas ogółem — 34000 ppm; K-40 — 4 ppm; rubid ogółem — 250 ppm; Rb-87 — 70 ppm. Jak widać, zdecydowaną przewagę mają pierwiastki „lekkie” — rubid i potas; przemiany promieniotwórcze ich izotopów stanowią podstawę pewnych metod geochronologii. Spośród „ciężkich” izotopów uran i tor wraz z członami swoich szeregów są najbardziej efektywne w tworzeniu ciepła radiogenicznego Ziemi.

Zagadnienie obecności izotopów radioaktywnych w skorupie ziemskiej stało się jednym z ważnych kierunków badań geochemicznych. W wielu krajach prowadzi się systematyczne pomiary aktywności skał i minerałów a także sporządza szczegółowe tabele zawartości w nich radu, uranu, toru i potasu. Stwierdzono, że największą promieniotwórczością charakteryzują się kwaśne skały magmowe, szczególnie intruzywne. Podwyższoną aktywnością, zbliżoną do promieniotwórczości granitów, odznaczają się również pewne typy skał osadowych — gliny i ły towarzyszące węglom brunatnym (W. I. Baranow, N. A. Titajewa, 1961; I. Żejmo, Z. Wichrowski, 1969).

Przy badaniu rozmieszczenia pierwiastków promieniotwórczych w skorupie ziemskiej oraz przy ocenie ich zasobów należy się liczyć z faktem, że pierwiastki te występują w stanie znacznego rozproszenia, ponadto charakteryzuje je nierównomierna koncentracja w skałach jednego typu. Na przykład ilość radu w granitach Finlandii jest dwa razy większa niż w granitach USA, Irlandii, Indii i Japonii i 4—6 razy większa niż w granitach Antarktydy.

Badaniem promieniotwórczości skał magmowych w Polsce zajmowali się Stefan Pieńkowski i współpracownicy — M. Borkowska, Z. Grygle-

wicz i C. J. Szwaacka. Zaobserwowano, że granity Karkonoszy oraz masywu kudowskiego są bogatsze w pierwiastki promieniotwórcze od granitów masywu strzelińskiego oraz masywu Strzegom—Sobótka (S. Pieńkowski, D. Rygierowa, C. J. Szwaacka i in., 1956). Wobec nielicznych dotychczasowych danych ilościowych dotyczących promieniotwórczości granitów dolnośląskich wydaje się interesujące podjęcie badań globalnej  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$  — aktywności biotytów z granitoidów masywów Strzegom — Sobótka i Strzelina.

Próbki biotytów pobrane do badań pochodzą z granitów biotytowych, które stanowią główną odmianę skalną obu masywów. S. Kural i T. Morawski (1968) na podstawie własnych opracowań oraz prac poprzedników wyodrębnili spośród granitów typu strzegomskiego dwie odmiany, różniące się zarówno zasięgiem występowania, jak też istotnymi cechami petrograficznymi. Granity o składzie adamellitu, występujące w rejonie Strzegomia i na NW od tej miejscowości aż po Paszowice i Męcinkę, nazwano granitami typu Kostrzy. Granity o składzie granodiorytu, skupione w pobliżu Sobótki, Chwałkowa oraz Granicznej i Morowa, określono jako granity typu Chwałkowa. Granity typu Chwałkowa w porównaniu z granitami typu Kostrzy charakteryzują się słabym ukierunkowaniem ułożenia ziarna i licznymi reakcjami międzymineralnymi, polegającymi na korodowaniu i regenerowaniu składników skały. Ponadto w obrębie masywu Strzegom — Sobótka spotyka się szereg odmian granitów o drugorzędym znaczeniu, takich jak: granit droбноziarnisty z okolic Rogoźnicy i Zimnika, aplogranit z Paszowic, granit dwułyszczkowy z rejonu Gogołów — Wierzbno — Mrowiny.

Najpospolitszą odmianą skalną masywu strzelińskiego są granity biotytowe, zaliczone do granitów monzonitowych (B. Bereś, 1969). Obok wymienionych występują również lokalnie tonality w okolicach Gromnika i Dobroszowa i granity dwułyszczkowe Białego Kościoła. Petrograficzne zróżnicowanie wymienionych granitów z obu masywów nie wykazuje w sposób wyraźny wpływu na skład chemiczny biotytów zawartych w tych skałach. Jedyną zaobserwowaną różnicą dotyczy zdecydowanie wyższej koncentracji potasu w biotytach z granitów Kostrzy w porównaniu z biotytami z granitów typu Chwałkowa. Biotyty z granitów strzelińskich wykazują również zasadnicze podobieństwo pod względem składu chemicznego, a zaobserwowane różnice w zawartościach niektórych pierwiastków mają najczęściej charakter lokalny.

## METODA POMIARÓW I OBLICZEŃ

Pomiary  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ -promieniotwórczości badanych minerałów zostały przeprowadzone za pomocą sondy scyntylacyjnej ze wzmacniaczem, przystosowanej do pracy z przelicznikiem tranzystorowym.

Naturalną  $\alpha$ -aktywność próbek minerałów zmierzono przy pomocy scyntylatora ZnS/Ag, posługując się metodą pomiarów bezwzględnych, opracowaną na podstawie wzoru Evansa (R. D. Evans, 1934). Sproszkowane próbki nasypywano w naczynka z pleksiglasu w ten sposób, aby zachować jednolitą gęstość preparatu oraz idealnie gładką powierzchnię. Dla zmniejszenia efektu rozproszenia cząstek alfa oraz wpływu geometrii układu na wyniki pomiaru sondę i naczynka umieszczono w stoliku

światłoszczelnym tak, aby odległość między powierzchnią preparatu i dolną płaszczyzną scyntylatora była możliwie najmniejsza.

Do oznaczenia  $\beta$ - oraz  $\alpha$ -promieniotwórczości minerałów zastosowano względne metody pomiarów; bezwzględne pomiary wymagałyby bowiem wprowadzenia szeregu poprawek, co jest bardzo pracochłonne, w przypadku zaś seryjnych pomiarów wręcz nierealne. Aby zmniejszyć tło pro-

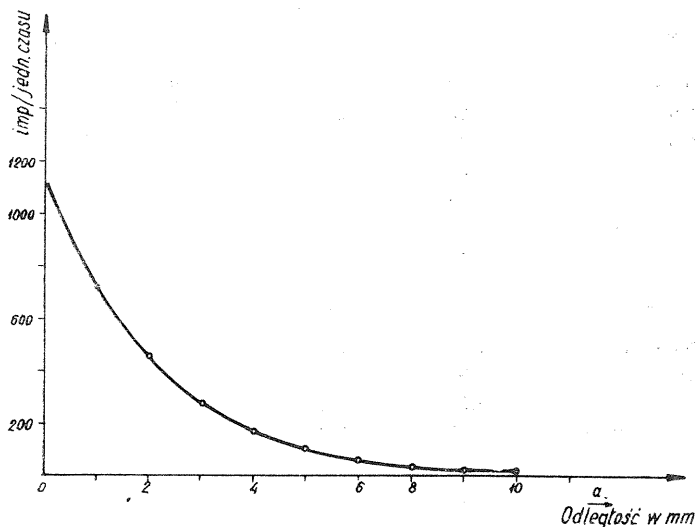


Fig. 1. Ilość rejestrowanych impulsów w funkcji odległości dzielącej powierzchnię preparatu wzorcowego od okienka licznika

Quantity of recorded pulses in the function of the distance between pattern and counter window

mieniowania, sondę oraz próbki ustawiano w osłonie z ołowiu. W celu uzyskania większej wydajności liczenia — ważne z uwagi na słabą aktywność preparatów — określono optymalne napięcie zasilające i wzmocnienie fotopowielacza.

Do oznaczenia  $\alpha$ -aktywności minerałów opracowano metodę obliczeniową, która pozwala na podstawie pomiarów intensywności cząstek alfa emitowanych z 1 cm<sup>2</sup> powierzchni badanej substancji wyznaczyć promieniotwórczą aktywność właściwą tej substancji (tj. ilość cząstek  $\alpha$  emitowanych przez 1 cm<sup>3</sup>). Wzór Evansa przedstawia się następująco:

$$N = \frac{4n(R - \rho)}{\mu(R - a - \rho)^2} \quad (1)$$

gdzie:  $n$  — ilość cząstek  $\alpha$  emitowanych z 1 cm<sup>2</sup> próbki na jednostkę czasu;  $N$  — ilość cząstek  $\alpha$  emitowanych z 1 cm<sup>3</sup> próbki na jednostkę czasu;  $\mu$  — stosunek zasięgu cząstek  $\alpha$  w badanej substancji i powietrzu;  $R$  — zasięg w powietrzu cząstek  $\alpha$  emitowanych z badanej substancji;  $a$  — odległość powierzchni okienka licznika od powierzchni preparatu;  $\rho$  —

Tabela 1

## Naturalna promieniotwórczość biotytów z granitoidów strzegomskich i strzeleńskich

Lokalizacja	$\alpha$ -aktywność $10^{-10}$ ci/g	$\beta$ -aktywność $10^{-10}$ ci/g	$\gamma$ -aktywność ekw. $U \cdot 10^{-2}$ %	Uwagi	
Masyw Strzegom-Sobótka					
Typ Kostrzy	Kostrza	3,88	0,70	2,7	
	Żółkiewka	7,39	1,18	2,9	
	Borów	4,62	0,70	3,0	
	Borów	1,49	0,80	0,4	
	Grabina	7,28	1,57	3,3	
	Gniewków	1,38	0,99	1,3	
	Godziszówek	6,04	1,10	3,5	próbka z wiercenia
	Zimnik	3,84	0,80	1,9	
Roztoka	2,41	0,49	2,2	próbka z wiercenia	
Typ Chwałkowa	Chwałków	1,50	0,80	1,2	
	Strzeblów	1,94	0,70	0,4	
	Strzeblów	8,20	0,80	3,4	
	Gola Świdnicka	2,22	0,49	2,1	
	Morów	5,82	0,70	4,1	
	Łazany	0,46	0,48	1,9	tonalit
Bolesławice	12,20	2,08	6,3	granit dwułyszczkowy próbka z wiercenia	
Masyw Strzelina					
Gościecice	2,29	—	1,2		
Gębczyce	3,19	—	1,9	ze strefy kontaktowej pegmatyt	
Nowy Dwór	0,03	1,10	0,5		
Górka Sobocka	0,54	0,70	1,3		
Gąsiniec	0,55	0,59	1,1		
Biały Kościół	1,92	0,99	4,1	granit dwułyszczkowy	
Gromnik	0,27	0,60	0,7	tonalit	
Dobroszów	0,07	0,60	0,9	tonalit	
Bożnowice	0,74	0,49	1,3	próbka z wiercenia	
Kalinowice	0,28	0,98	1,2	próbka z wiercenia	
Kalinowice	0,51	0,60	1,5	próbka z wiercenia	
Jarnołów	0,86	0,90	2,7		
Kamienna Góra	1,79	0,70	1,1		
Nadziejów	0,73	1,10	1,7		

współczynnik odpowiadający różnicy zasięgu cząstek  $\alpha$  w powietrzu i odległości preparatu od licznika, przy której ilość licznych impulsów spada do 0. Współczynnik  $g$  wyznaczono eksperymentalnie dla przyjętego układu aparaturowego, ekstrapolując do przecięcia z osią rzędnych ( $a = 0$ ) krzywą ilości rejestrowanych impulsów w funkcji odległości dzielącej powierzchnię preparatu wzorcowego od okienka licznika (fig. 1).

Współczynnik  $\mu$  ze względu na praktyczne trudności doświadczalnego wyznaczenia zasięgu cząstek  $\alpha$  w badanym materiale ( $R$ ) obliczono drogą pośrednią:

$$\mu = \frac{R(\text{cm})}{R_p(\text{cm})} = \frac{R_p(\text{cm}) \cdot d_p \cdot (\text{g/cm}^3)}{S \cdot d(\text{g/cm}^3) \cdot 14,44}$$

gdzie:  $R_p$  — zasięg cząstek  $\alpha$  w powietrzu;  $d_p$  — gęstość powietrza =  $1,23 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3$ ;  $S$  — zdolność hamowania na 1 g substancji;  $d$  — gęstość preparatu; 14,44 — „ciężar masowy” powietrza.

Tabela 2

Średnie wartości promieniowania naturalnego biotytyów z granitoidów strzegomskich i strzebińskich

Rejon	$\alpha$ -aktywność $10^{-10}\text{Ci/g}$	$\beta$ -aktywność $10^{-10}\text{Ci/g}$	$\gamma$ -aktywność ekw. $U \cdot 10^{-2}$
Masyw Strzegom-Sobótka (16)	3,85	0,90	2,5
granit typu Kostrzy (8)	4,49	0,98	2,4
granit typu Chwałkowa (5)	3,97	0,70	2,2
Masyw Strzelina (14)	0,98	0,72	1,5

Zdolność hamowania poszczególnych próbek minerałów obliczono stosując prawo proporcjonalności zdolności hamowania pierwiastka  $S$  do pierwiastka kwadratowego z ciężaru atomowego  $S = 0,267 \sqrt{M}$  oraz prawo addytywności zdolności hamowania poszczególnych rodzajów atomów w danym związku chemicznym. Uwzględniając procentowy udział poszczególnych pierwiastków chemicznych w badanej próbce wyznaczono zdolność hamowania na 1 g próbki:

$$s = \sum_{i=1}^{i=u} \frac{x_i \cdot S_i}{M_i}$$

gdzie:  $x$  — ilość związku chemicznego w 1 g preparatu;  $s$  — zdolność hamowania;  $M$  — ciężar atomowy.

Wydajność układu liczącego wyznaczono doświadczalnie posługując się wzorcem uranowym. Aby wyrazić  $N$  (aktywność minerału w cząstkach  $\alpha/\text{min}$ ,  $\text{cm}^3$ ) w curie na gram zmodyfikowano wzór 1, wprowadzając następujące wartości:  $W$  — wydajność układu liczącego;  $d$  — gęstość próbki;  $1,33 \cdot 10^{10}$  ilość cząstek  $\alpha$  odpowiadająca aktywności promieniotwórczej 1 curie. Wzór (1) przybiera postać:

$$N_{(\text{Ci/g})} = 3,34 \cdot 10^{-10} = \frac{n \cdot s (R - \rho)}{W (R - a - \rho)^2} \quad (2)$$

$\beta$ -aktywność minerału obliczono posługując się zmierzoną intensywnością próbek minerałów i analogicznymi danymi preparatów wzorcowych KCl

$$I_{pr(\text{Ci/g})} = \frac{n_{pr} - n_{tl}}{n_{wz} - n_{tl}} I_{wz} \frac{0,45 \cdot 10^{-13}}{a}$$

gdzie:  $I_{pr}$  i  $I_{wz}$  — odpowiednio rzeczywista aktywność próbki i wzorca w imp./jedn. czasu;  $n_{pr}$  i  $n_{wz}$  — odpowiednio zmierzona aktywność próbki wzorca w imp./jedn. czasu;  $n_{tl}$  — tło promieniowania;  $a$  — waga próbki w g;  $0,45 \cdot 10^{-13}$  — ilość curie przypadająca na 1 rozpad/min;  $I_{wz}$  — przyjęto według danych literaturowych — 82,9 cz.  $\beta$ /min, emitowanych ze 100 mg KCl.

$\gamma$ -aktywność minerałów wyrażono w procentach ekwiwalentnego uranu zakładając, że natężenie promieniowania gamma jest proporcjonalne do koncentracji pierwiastków radioaktywnych. Wyniki pomiarów i obliczeń przedstawiono na rysunkach i tabelach (tab. 1 i 2).

## WYNIKI

Analiza promieniotwórczości biotytów wydzielonych z granitoidów strzegomskich i strzelińskich wykazuje, że ich aktywność promieniotwórcza jest zbliżona do wartości obserwowanych w granitach dolnośląskich (S. Pięnkowski i in. 1956). Biotyty z granitoidów z obszaru Strzegomia są wyraźnie bardziej radioaktywne od biotytów z granitoidów Strzelina

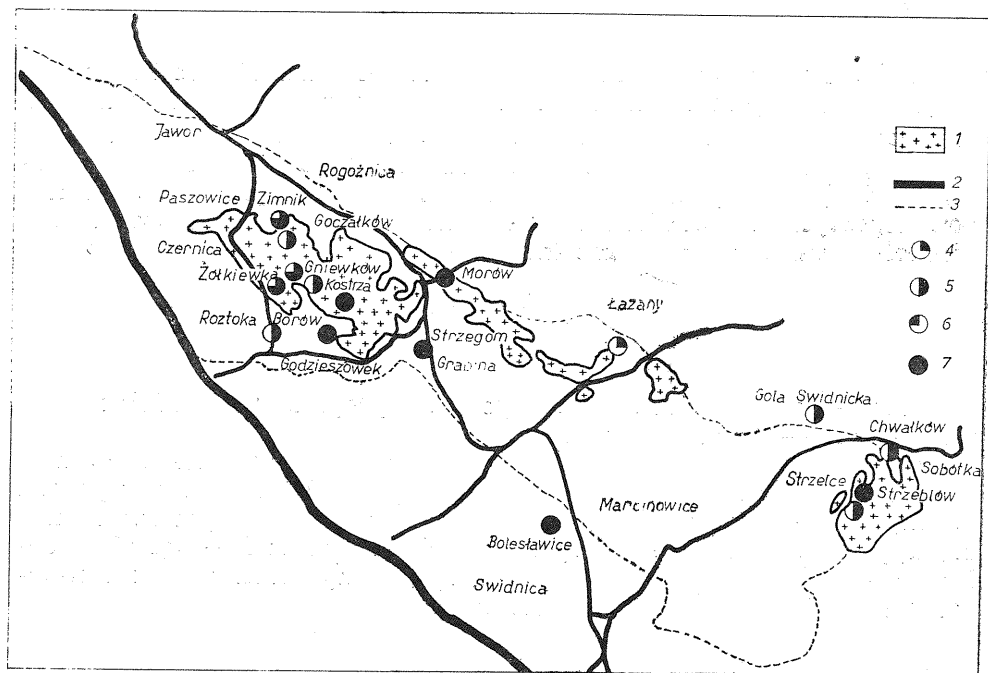


Fig. 2. Rozmieszczenie natężenia  $\alpha$ -aktywności w biotytach z granitoidów strzegomskich

Distribution of intensity of  $\alpha$ -activity in biotites from the Strzegom granitoids  
 1 — wystąpienia powierzchniowe granitoidów; 2 — granica uskoku; 3 — przypuszczalne granice intruzji; 4, 5, 6, 7 — natężenia promieniowania odpowiednio:  $< 1,0$ ;  $1,0-3,0$ ;  $3,0-5,0$  i  $> 5 \cdot 10^{-10}$  ci/g

1 — surface occurrence of granitoids; 2 — fault boundary; 3 — supposed boundaries of intrusions; 4, 5, 6, 7 — radiation intensity:  $< 1,0$ ;  $1,0-3,0$ ;  $3,0-5,0$  and  $> 5 \cdot 10^{-10}$  ci/g respectively

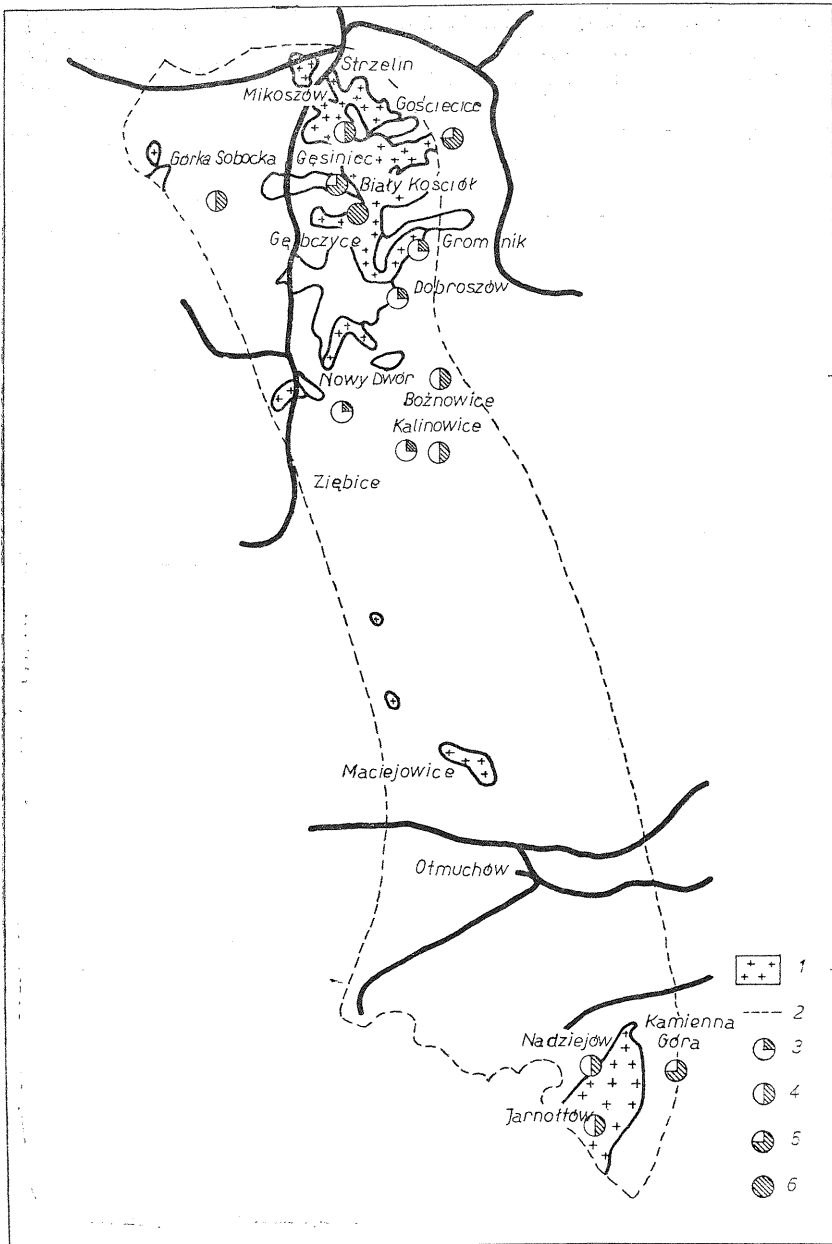


Fig. 3. Rozmieszczenie natężenia  $\alpha$ -aktywności w biotytach z granitoidów strzelińskich  
Distribution of intensity of  $\alpha$ -activity in biotites from the Strzelin granitoids

1 — wystąpienia powierzchniowe granitoidów; 2 — przypuszczalne granice intruzji;  
3, 4, 5, 6 — natężenie promieniowania odpowiednio:  $< 0,5$ ;  $0,5-1,5$ ;  $1,5-2,5$ ;  $2,5 \cdot 10^{-10}$  ci/g  
1 — surface occurrence of granitoids, 2 — supposed boundaries of intrusions, 3, 4, 5,  
6 — radiation intensity:  $< 0,5$ ;  $0,5-1,5$ ;  $1,5-2,5$ ;  $2,5 \cdot 10^{-10}$  ci/g respectively

(średnie wartości dla aktywności alfa odpowiednio:  $3,85 \cdot 10^{-10}$  ci/g i  $0,98 \cdot 10^{-10}$  ci/g, tab. 2, fig. 2). Biotyty z granitów typu Kostrzy (w tym również z Zimnika) są na ogół bogatsze w pierwiastki radioaktywne aniżeli biotyty z rejonu Chwałkowa. Znaczną aktywnością charakteryzują się biotyty z granitów uzyskanych z wierceń SW części masywu Strzegom — Sobótka (Godzieszówek, Roztoka), usytuowanych w pobliżu powierzchniowych wystąpień granitów typu Kostrzy. Jest interesujące, że próbka z wiercenia w Bolesławicach (NNW od Świdnicy), reprezentu-

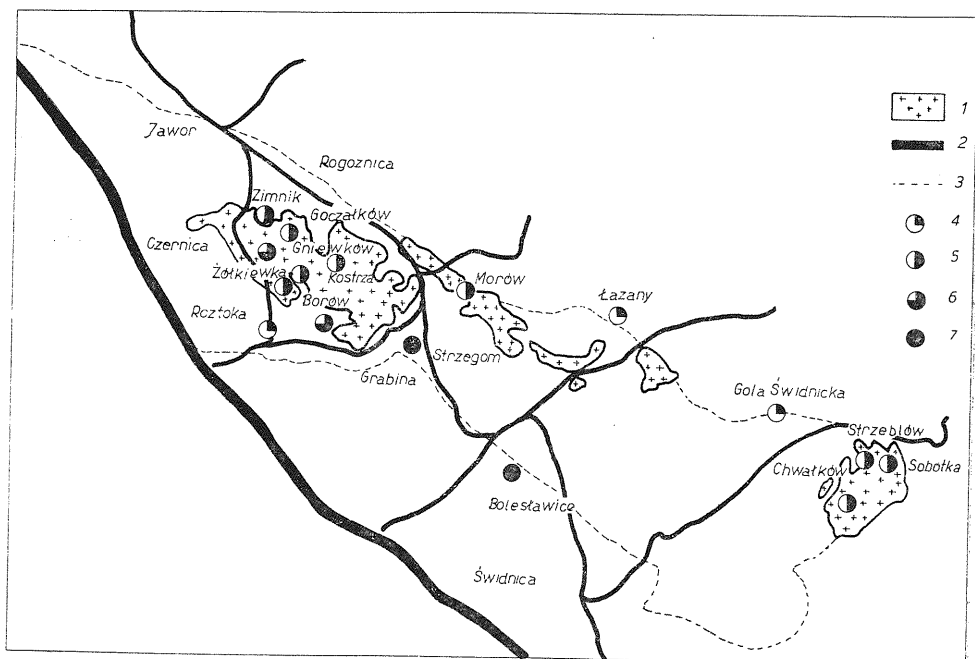


Fig. 4. Rozmieszczenie natężenia  $\beta$ -aktywności w biotytach z granitoidów strzegomskich

Distribution of intensity of  $\beta$ -activity in biotites from the Strzegom granitoids

1 — wystąpienia powierzchniowe granitoidów; 2 — granice uskoku; 3 — przypuszczalne granice intruzji; 4, 5, 6, 7 — natężenie promieniowania odpowiednio:  $< 0,5$ ;  $0,5-1,0$ ;  $1,0-1,5$ ;  $> 1,5 \cdot 10^{-10}$  ci/g

1 — surface occurrence of granitoids, 2 — fault boundary, 3 — supposed boundaries of intrusions, 4, 5, 6, 7 — radiation intensity:  $< 0,5$ ;  $0,5-1,0$ ;  $1,0-1,5$ ;  $> 1,5 \cdot 10^{-10}$  ci/g respectively

jąca biotyt z granitoidu z marginalnej strefy masywu, wykazała bardzo dużą radioaktywność. Próbka ta, jak stwierdzono, wzbogacona w krzemionkę, pochodzi z granitu leżącego bezpośrednio pod strefą skał mniej lub bardziej uległych procesom kaolinityzacji.

Spśród biotytów z granitów typu Chwałowa (próbki pobrane z okolic Chwałkowa, Strzeblowa, Goli Świdnickiej oraz w Morowie) jedynie próbka ze Strzeblowa odznacza się względnie wysoką aktywnością ( $8,20 \cdot 10^{-10}$  ci/g) na wzbogacenie się biotytu w pierwiastki promieniotwórcze. Być może na wzbogacenie się biotytu w pierwiastki promieniotwórcze wpły-



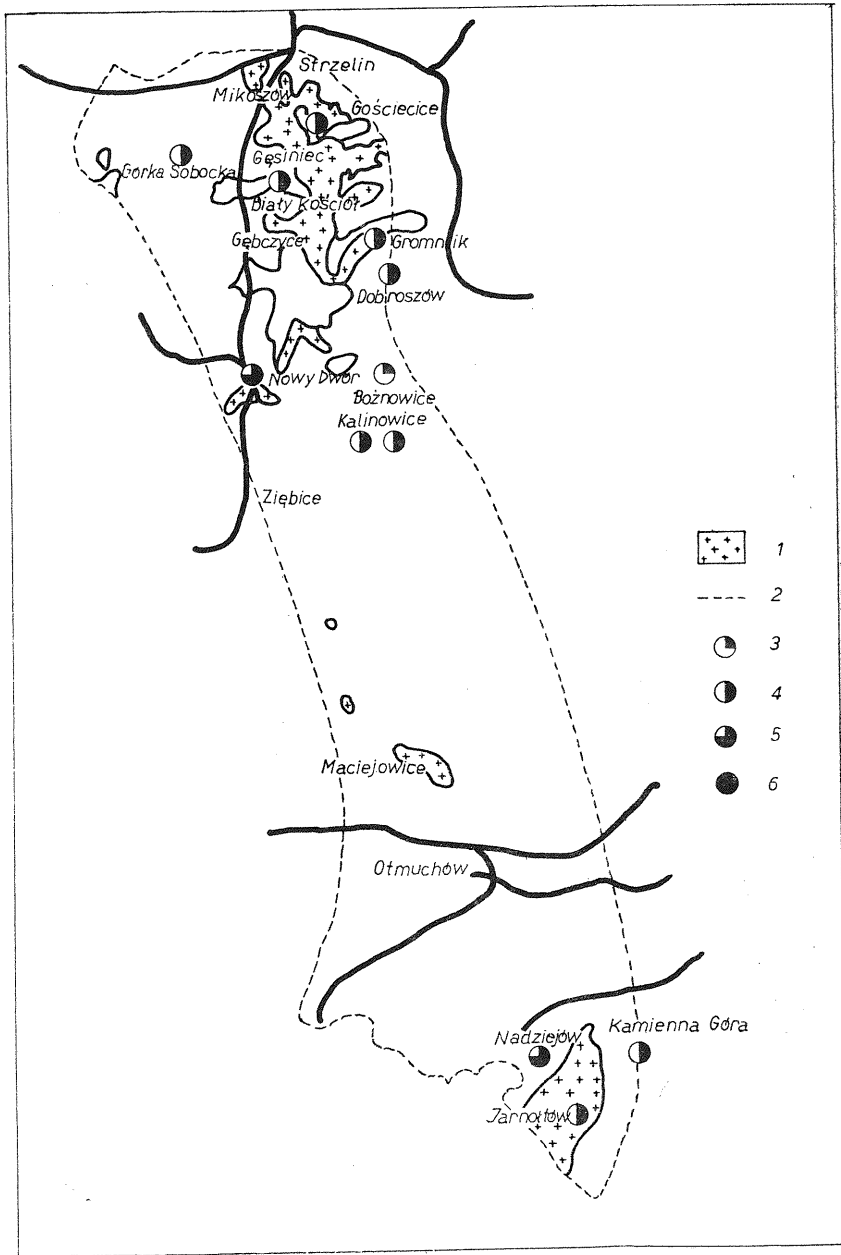


Fig. 5. Rozmieszczenie natężenia  $\beta$ -aktywności w biotytach z granitoidów strzelińskich  
Distribution of intensity of  $\beta$ -activity in biotites from the Strzelin granitoids

1 — powierzchniowe wystąpienia granitoidów; 2 — przypuszczalne granice intruzji;  
3, 4, 5, 6 — natężenie promieniowania odpowiednio:  $< 0,5$ ;  $0,5-1,0$ ;  $1,0-1,5$ ;  $1,5 \cdot 10^{-10}$  ci/g  
1 — surface occurrence of granitoids, 2 — supposed boundaries of intrusions, 3, 4, 5,  
6 — radiation intensity:  $< 0,5$ ;  $0,5-1,0$ ;  $1,0-1,5$ ;  $1,5 \cdot 10^{-10}$  ci/g respectively

nęły procesy hydrotermalne, w których efekcie utworzyły się metagranity alaskirowe (bardziej znane jako tzw. skaień strzeblowski). Biotyty z granitów SE części masywu strzegomskiego są zbliżone pod względem natężenia promieniotwórczości do biotytów z granitów strzebińskich. Bardzo niską  $\alpha$ -radioaktywność wykazuje biotyt pochodzący z tonalitu, wy-

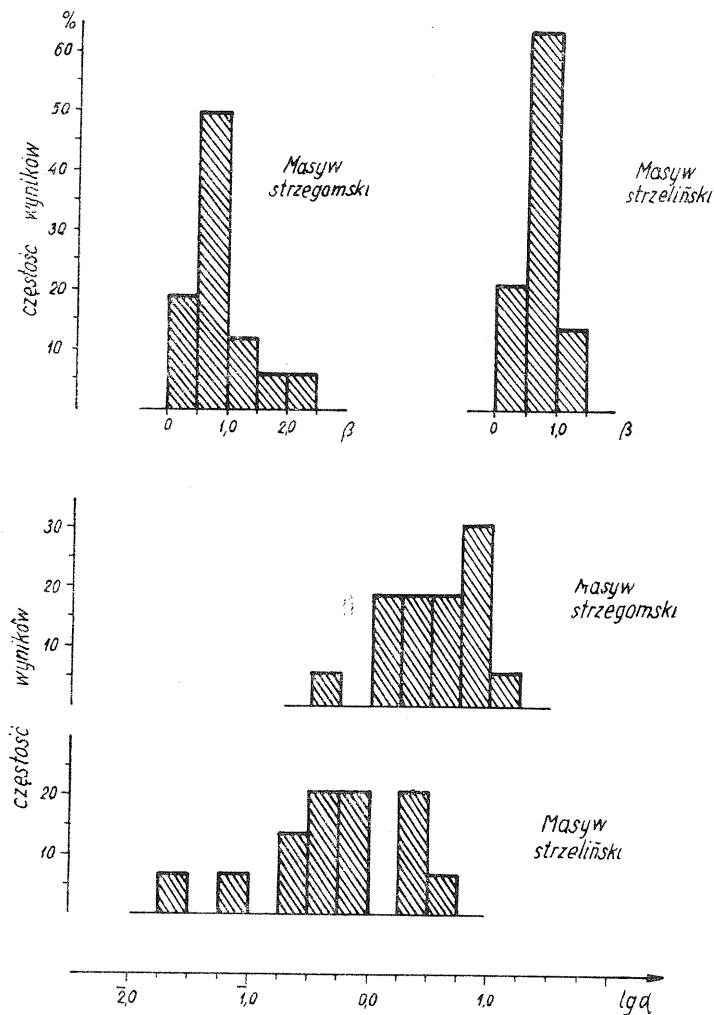


Fig. 6. Histogramy natężenia radioaktywności  $\alpha$  i  $\beta$  w biotytach z granitoidów strzegomskich i strzebińskich  
Histograms of intensity of  $\alpha$  and  $\beta$  radioactivity in biotites from the Strzegom and Strzelin granitoids

stępującego w pobliżu miejscowości Łazany. Tonalit ten przedstawia odmienny typ petrograficzny skały i zajmuje osobną pozycję geologiczną w obrębie masywu Strzegom — Sobótka. Zgodnie bowiem z wynikami badań A. Majerowicza (1965) tonalit ten nie jest odmianą „granitu strzegomskiego” powstałą w strefie przykontaktowej, lecz jest granitoidem

starszym od tego granitu, a w czasie jego intruzji był już skałą zestaloną, o odmiennej strukturze i odmiennym składzie mineralnym.

Promieniotwórczość alfa biotytów z granitoidów Strzelina nie wykazuje na ogół wyraźnego zróżnicowania regionalnego. Wydaje się natomiast, że radioaktywność w pewnym stopniu jest zależna od rodzaju skał. Na przykład najwyższą aktywnością charakteryzuje się biotyt występujący w granicie z Gębzcyc ( $3,19 \cdot 10^{-10}$  ci/g). Granit ten leży w pobliżu kontaktu intruzji ze skałami osłony, a badania mikroskopowe granitu wykazały obecność takich minerałów, jak granat i wolastonit. Występowa-

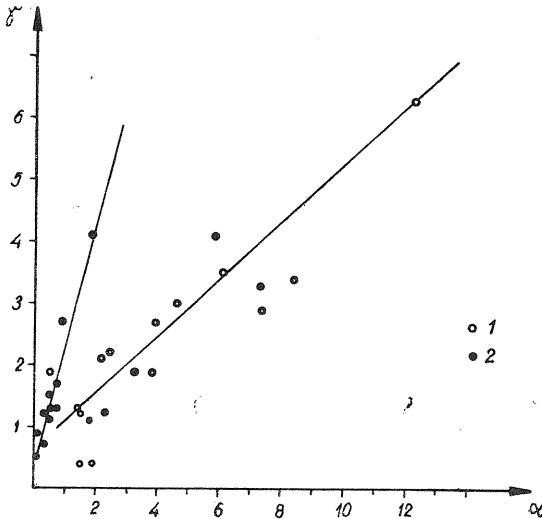


Fig. 7. Wykres zależności natężenia alfa i gamma radioaktywności w biotytach

Diagram of dependence of alfa and gamma radioactivity in biotites

1 — granitoidy strzegomskie; 2 — granitoidy strzelińskie

1 — the Strzegom granitoids; 2 — the Strzelin granitoids

nie zwiększonej radioaktywności granitów w strefach kontaktowych intruzji stwierdzone zostało w kilku masywach granitowych Japonii przez S. Nishimurę (S. Nishimura, 1961; S. Nishimura, K. Kastura, H. Kusana-gi, 1965). Stosunkowo dużą  $\alpha$ -aktywnością ( $1,95 \cdot 10^{-10}$  odznacza się również biotyt z granitu dwułyżczykowego z Białego Kościoła. B. Beres (1969) stwierdził, że w granitach dwułyżczykowych masywu strzelińskiego spotykane są objawy korozji i metasomatyczne wzajemne zastępowanie się minerałów. Biotyty z tonalitów okolic Gromnika i Dobroszowa (podobnie jak z tonalitu z Łazan) charakteryzują się natomiast bardzo niską  $\alpha$ -radioaktywnością (odpowiednio  $0,27 \cdot 10^{-10}$  ci/g i  $0,07 \cdot 10^{-10}$  ci/g). Ze zbadanych trzech próbek z południowej części masywu Strzelina jedynie biotyt z granitu okolic Kamiennej Góry wykazuje podwyższoną aktywność.

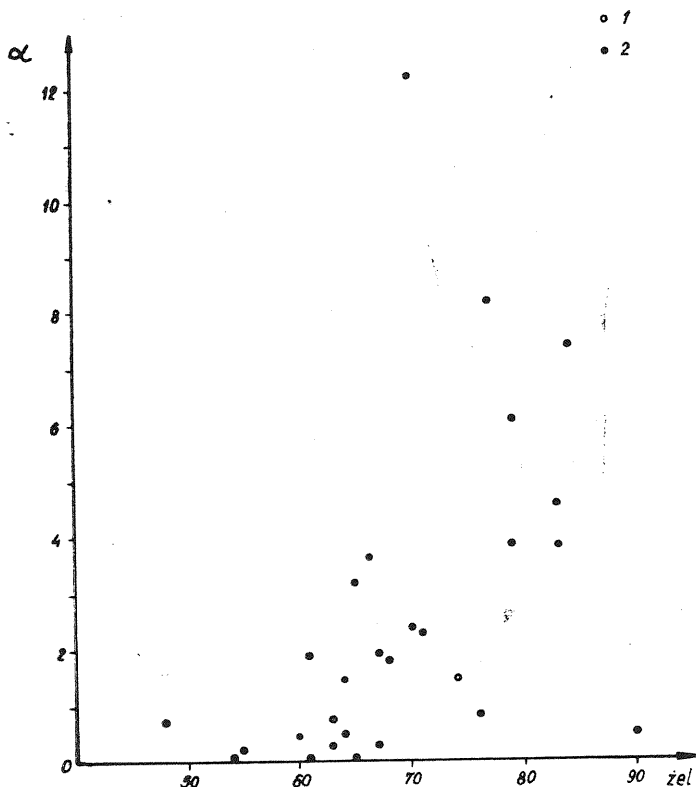


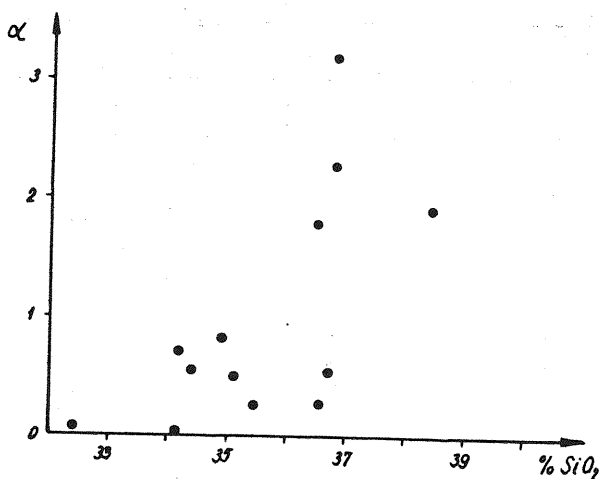
Fig. 8. Wykres zależności natężenia radioaktywności alfa od współczynnika żelazistości biotytów  
 Diagram of dependence of alfa radioactivity intensity upon iron-content coefficient of biotites  
 1 — granitoidy strzegomskie; 2 — granitoidy strzelińskie  
 1 — the Strzegom granitoids; 2 — the Strzelin granitoids

Źródłem dość wysokiej  $\beta$ -promieniotwórczości jest przede wszystkim izotop potasu K-40 (po części również Rb-87). Ponieważ koncentracja potasu w biotytach waha się w niewielkich na ogół granicach, stąd zaobserwowano zbliżone natężenie promieniowania beta badanych minerałów. Najwyższą  $\beta$ -promieniotwórczość biotytów stwierdzono w próbkach z granitów typu Kostrzy. Zauważono również, że  $\beta$ -radioaktywność biotytów z granitoidów Strzegomia jest bardziej zróżnicowana niż w biotytach z masywu strzelińskiego. Na fig. 4 i 5 podano rozmieszczenie badanych próbek granitoidów, z których wydzielono biotyty oraz oznaczono graficznie rząd wielkości radioaktywności beta.

Rozkłady częstości wartości wyników pomiarów i aktywności przedstawiają histogramy zamieszczone na fig. 6. Rozkłady takie dotyczące pomiarów promieniotwórczości beta w biotytach z granitoidów Strzegomia i Strzelina są zbliżone. Wykresy słupkowe odpowiadające wartościom wyników pomiarów promieniotwórczości alfa wskazują natomiast na od-

Fig. 9. Wykres zależności natężenia radioaktywności alfa od zawartości  $\text{SiO}_2$  w biotytach z granitoidów strzelińskich

Diagram of dependence of alfa radioactivity intensity upon  $\text{SiO}_2$  content in biotites from the Strzelin granitoids



mienny rozkład częstości oraz wyraźne przesunięcie maksimum natężenia promieniowania w kierunku biotytów strzegomskich. Z kolejnego wykresu (fig. 7) uwidoczni się proporcjonalność pomiędzy natężeniem aktywności  $\alpha$  i  $\gamma$ . Warto zauważyć, że kąt nachylenia prostych interpolacyjnych dla biotytów z granitoidów Strzegomia i większości biotytów ze Strzelina jest różny. Podkreśla to nie tylko istotne różnice w zawartościach pierwiastków promieniotwórczych w biotytach z obu masywów, ale wskazuje zapewne i na odmienne w nich stosunki ilościowe uranu i toru.

Związek pomiędzy natężeniem globalnej  $\alpha$ -radioaktywności a składem chemicznym biotytów jest trudny do uchwycenia. Zbadano stosunek natężenia promieniowania alfa do współczynnika żelazistości oraz ilości  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  i sumy alkaliów. Wykres na fig. 8 przedstawia natężenie  $\alpha$ -aktywności w funkcji współczynnika żelazistości. Jak widać, przebieg zależności jest nieregularny. Podobnie przedstawia się stosunek natężeń  $\alpha$ -aktywności do koncentracji wapnia i alkaliów w biotytach (wykresów nie zamieszczono). Jedyna zbliżona do proporcjonalności zależność uwidoczniła się na fig. 9. Wykres natężenia  $\alpha$ -aktywności w zależności od koncentracji  $\text{SiO}_2$  w biotytach z granitów strzelińskich wskazuje na tendencję podwyższania się  $\alpha$ -aktywności ze wzrostem ilości  $\text{SiO}_2$ . Analogiczna zależność (dla granitów) zaobserwowana została m. in. przez S. Nishimurę (1962).

★

Metoda radiometryczna zastosowana do oznaczeń  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ -promieniotwórczości wykazuje przydatność do badań geochemicznych i pozwala na uchwycenie regionalnych różnic w rozmieszczeniu pierwiastków promieniotwórczych w biotytach, a zarazem w skałach je zawierających. Stosowanie tej metody jest bardzo korzystne, gdyż:

1. Duża wzajemność liczników scyntylizacyjnych posiada szczególne znaczenie przy pomiarach słabej promieniotwórczości, co ma miejsce w przypadku naturalnej promieniotwórczości skał.

2. Wzór Evansa pozwala w stosunkowo prosty sposób obliczyć aktywność właściwą próbki na podstawie pomiaru promieniowania emitowa-

nego z powierzchni próbki o „grubej” warstwie, tj. warstwie o grubości większej od maksymalnego zasięgu cząstek alfa wysyłanych przez radioaktywne izotopy wchodzące w skład badanej substancji.

3. Wybrana metoda pomiarowo-obliczeniowa jest mniej pracochłonna i czasochłonna, a nie zmniejsza dokładności w stosunku do innych metod oznaczania naturalnej promieniotwórczości.

Biotyty z granitoidów masywu Strzegom — Sobótka są znacznie bardziej promieniotwórcze niż biotyty z granitoidów Strzelina. Szczególnie wyraźnie objawia się to na przykładzie natężenia  $\alpha$ -aktywności, wyższego prawie czterokrotnie w biotytach strzegomskich.

Radioaktywność na obszarze masywu strzegomskiego jest nierównomiernie rozłożona, biotyty z granitów typu Kostrzy są, ogólnie biorąc, nieco bardziej promieniotwórcze niż te, które pochodzą z granitów typu Chwałkowa. Radioaktywność (zwłaszcza alfa) biotytów z tonalitów, stwierdzonych zarówno w rejonie Strzegomia, jak i w masywie Strzelina, jest najniższa wśród obserwowanych. Również biotyt z pegmatytu strześlińskiego (Nowy Dwór) jest nadzwyczaj ubogi w ciężkie pierwiastki promieniotwórcze. Biotyt z granitu dwulizyzykowego (Bolesławice) jest natomiast bardzo silnie promieniotwórczy, co może być wynikiem wtórnych zmian (kaolinityzacja) skał znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie badanych próbek. Radioaktywność innych grup granitów (Łazany, Gębczyce, Biały Kościół) zależy prawdopodobnie od występowania i natężenia procesów metamorficznych. Ekstremalne wartości promieniotwórczości występują na ogół w próbkach z brzeżnych stref masywów.

Zakład Geochemii Instytutu Geologicznego  
Warszawa, ul. Rakowiecka 4  
Instytut Geochemii, Mineralogii  
i Petrografii UW  
i Instytut Geofizyki UW  
Warszawa, Zwirki i Wigury 93  
Nadesłano dnia 17 marca 1972 r.

#### PIŚMIENNICTWO

- BERES B. (1969) — Petrografia granitu Strzelina i okolicy. Arch. miner., **28**, p. 5—100, nr 2. Warszawa.
- EVANS R. D. (1934) — The Measurement of Natural Alpha — Particles Ejected from Solids. Phys. Rev., **45**, p. 29—37. Lancaster Pa. and New York M. Y.
- KURAL S., MORAWSKI T. (1968) — Masyw granitowy Strzegom — Sobótka. Biul. Inst. Geol., **227**, p. 33—82. Warszawa.
- MAJEROWICZ A. (1965) — Granitoidy z Łazan koło Żarowa i fragmenty ich osłony. Arch. miner., **26**, p. 339—367, nr 1/2. Warszawa.
- NISHIMURA S. (1961) — Variations in radioactivity and chemical elements across igneous contacts. Mem. of the College of Science Univ. of Kioto, **28**, p. 255—266, nr 2. Kioto.
- NISHIMURA S. (1962) — The relationships between the petrology and the radioactivity as some granitic bodies (1). Mem. of the College of Science Univ. of Kioto, **29**, p. 213—221, nr 4. Kioto.
- NISHIMURA S., KASTURA K., KUSANAGI H. (1965) — The relation between the petrology and the radioactivity as some granitic bodies (2). Mem. of the College of Science Univ. of Kioto, **31**, p. 252—267, nr 4. Kioto.

- PIENKOWSKI S., RYGIEROWA D., SZWACKA C. J., TWARDOWSKA B., ZMY-SŁOWSKA S. (1956) — Typy rozmieszczenia substancji promieniotwórczych w skałach polskich. Arch. miner., 19, p. 1—7, nr 1. Warszawa.
- POLAŃSKI A. (1961) — Geochemia izotopów. Wyd. Geol. Warszawa.
- ZEJMO I., WICHROWSKI Z. (1969) — O promieniotwórczości ilów plioceńskich z Koina. Acta geophys. pol., 17, p. 299—304. Warszawa.
- БАРАНОВ В. И., ТИТАЕВА Н. А. (1961) — Содержание урана, тория, радия и иония в четвертичных отложениях долины р. Лены. Геохимия, 2, стр. 110—115. Москва.

Мария ВИХРОВСКА, Зенон ВИХРОВСКИ, Ирэна ЖЕЙМО

### ЕСТЕСТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ БИОТИТОВ ИЗ СТШЕЛИНСКИХ И СТШЕГОМСКИХ ГРАНИТОИДОВ

Резюме

Измерена долговременная  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  активность биотитов из стшегомских и стшеллинских гранитоидов. Образцы биотитов, взятые для исследований, относятся к биотитовым гранитам, которые являются главным типом пород обоих массивов. Граниты аданалитового состава, залегающие в районе Стшегомя, получили название гранитов типа Костжи. Граниты гранодиоритового состава, залегающие вблизи Собутки, названы гранитами типа Хвалкова (С. Кураль, Т. Моравски, 1968). Измерения  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  радиоактивности исследованных минералов произведены при помощи сцинтиляционного зонда с усилителем, приспособленного для работы с транзисторным счетчиком. Естественная  $\alpha$  активность биотитовых образцов измерена методом абсолютных измерений, разработанным на основании формулы Эванса (Р. Д. Эванс, 1934). Для обозначения  $\gamma$  и  $\beta$  радиоактивности биотитов применены методы относительных измерений.

В результате проведенных исследований установлено, что биотиты из гранитов типа Костжи богаче радиоактивными элементами, чем биотиты из района Хвалкова. Радиоактивность биотитов из стшеллинских гранитов регионально не дифференцирована.

Биотиты из стшегомских гранитов гораздо более радиоактивны, чем стшеллинские биотиты. Особенно отчетливо это проявляется на примере интенсивности  $\alpha$  радиоактивности. Радиоактивность территории стшегомского массива неравномерна, биотиты из гранитов типа Костжи более радиоактивны, чем биотиты гранитов типа Хвалкова. Экстремальные значения радиоактивности имеют место в основном в образцах из краевых зон массивов.

Maria WICHROWSKA, Zenon WICHROWSKI, Irena ZEJMO

### NATURAL RADIOACTIVITY OF BIOTITES FROM THE STRZEGOM AND STRZELIN GRANITOIDS

Summary

Long-lasting  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$ -activity of biotites from the Strzegom and Strzelin granitoids has been measured. Biotite samples taken for examinations come from biotite granites, which are the main rock variety of both massifs. Granites, the

composition of which is equal to that of adamellite occurring in the Strzegom region, have been called granites of Kostrza type. Granites disclosing granodiorite composition, concentrated round the Sobótka Mt., have been determined as granites of Chwałków type (S. Kural, T. Morawski, 1968). The measurements of  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$ -radioactivity of the minerals examined have been made using scintillation probe with amplifier, adapted to work with a transistor computer. Natural  $\alpha$ -activity of the biotite samples has been measured by means of the method of absolute measurements, worked out according to Evans' formula (Evans R. D. 1934). For determination of  $\beta$  and  $\gamma$ -radioactivity of biotites relative methods of measurements have been applied.

The examinations demonstrate that the biotites from the granites of Kostrza type are richer in radioactive elements, as compared with the biotites found in the region of Chwałków. On the other hand, the radioactivity of biotites from the Strzelin granitoids does not show any regional differentiation.

The biotites from the Strzegom granitoids are considerably more radioactive than the Strzelin biotites. This can distinctly be seen in the case of the intensity of  $\alpha$ -radioactivity. The radioactivity within the Strzegom massif area is irregularly distributed, the biotites from the granites of Kostrza type are more radioactive than those of the granites of Chwałków type. Extremal values of radioactivity are noted rather in samples taken within the marginal zones of the massifs.