

Andrzej JAWORSKI

## Krystalinik Tatr oraz skały podłoża krystalicznego Polski południowej w świetle badań petrofizycznych

Omówiono wyniki badań właściwości fizycznych skał podłoża krystalicznego Polski południowej poparte wynikami analiz petrograficznych. Stwierdzono, że skały magmowe i metamorficzne podłoża stanowią jednorodny ośrodek sprężysty, o zbliżonych wartościach gęstości i porowatości. Zróżnicowanie właściwości magnetycznych skał wynika głównie ze zmiennej zawartości minerałów pobudliwych magnetycznie. Oporność elektryczna tych skał wzrasta w miarę zwiększania się ilości kwarcu oraz stopnia zwietrzenia.

### WSTĘP

Badania petrofizyczne wykonano na próbkach skał magmowych i metamorficznych pobranych z Tatr oraz z rdzeni wiertniczych wydobytych z podłoża krystalicznego z obszaru Bielsko—Andrychów—Rzeszotary—Pilica (fig. 1). Termin podłoże krystaliczne jest tu używany w sensie petrofizycznym i określa kompleks utworów magmowych i metamorficznych występujących poniżej płaszcza osadowego, wyraźnie odbiegającego właściwościami fizycznymi.

W latach 1971—1974 zarysowały się tendencje szukania związków petrogenetycznych między skałami metamorficznymi obszaru Cieszyn—Bielsko—Andrychów, rejonu Rzeszotar oraz Tatr (W. Heflik, K. Konior, 1970, 1971, 1972, 1974; K. Konior, 1974). W niniejszym artykule autor dokonuje próby wykazania związków między właściwościami fizycznymi a składem mineralnym oraz cechami strukturalno-teksturalnymi badanych skał.

Do interpretacji wyników badań petrofizycznych oraz badania zmienności cech fizycznych skał w zależności od ich składu mineralnego posłużono się metodami statystycznymi opracowanymi przez autora z wykorzystaniem maszyny matematycznej Odra 1204 (A. Jaworski, 1975a, 1976).

Pani doc. dr hab. J. Burtan wyrażam wdzięczność za udostępnienie próbek z otworu wiertniczego Rzeszotary 2; Panu drowi L. Szostkowi z Przedsiębiorstwa Geologicznego w Krakowie dziękuję za udostępnienie materiałów z otworu wiertniczego Kocikowa WB-115.

## ZAKRES BADAŃ PETROFIZYCZNYCH

Pomiary właściwości fizycznych wykonano na 400 próbkach skał (każda o masie ok. 1,5 kg), pobranych z odsłoneń oraz z rdzeni wiertniczych. Wykonano oznaczenia następujących parametrów fizycznych: gęstości przestrzennej, porowatości względnej, podatności i pozostałości magnetycznej, elektrycznej oporności właściwej, prędkości fali podłużnej oraz globalnej promieniotwórczości naturalnej gamma.

Wnioski z pomiarów petrofizycznych przedstawiono na podstawie znajomości składu mineralnego skał, określonego za pomocą analizy planimetrycznej 50 szlifów i pólów skalnych, co umożliwiło także ilościową ocenę zawartości minerałów pobudliwych magnetycznie, szczególnie wpływających na właściwości magnetyczne skał.

## METODYKA BADAŃ PETROFIZYCZNYCH

Metody badań cech fizycznych skał zostały opracowane w Zakładzie Petrofizyki i Modelowania PPG bądź zaadoptowane z literatury i odpowiednio zmodyfikowane w zależności od stosowanych przyrządów, których znaczną część skonstruowano we własnym zakresie. Szczegółowsze dane na ten temat przedstawiono w pracy A. Jaworskiego (1974) oraz w instrukcjach pomiarowych.

### POMIARY GĘSTOŚCI PRZESTRZENNEJ ( $\delta$ ) I POROWATOŚCI WZGLĘDNEJ ( $P_w$ )

Pomiary tych parametrów wykonano w odniesieniu do suchej masy próbki przy użyciu gęstościomierza GS-2 produkcji PPG, dzięki czemu uzyskiwano wyniki porównywalne z wynikami badań prowadzonych przez inne laboratoria w kraju i za granicą (T. Stolarski, 1973).

Gęstość przestrzenną ( $\delta$ ) mierzono na próbkach wysuszonych w temp. 105°C w ten sposób, że dokonano pomiarów gęstości próbki nasyconej ( $C_0$ ), masy próbki nasyconej ( $m_1$ ) oraz masy próbki wysuszonej ( $m_0$ ). Szukaną wielkość wyliczono ze wzoru:

$$\delta = \frac{m_0}{m_1} \cdot C_0 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Porowatość względną ( $P_w$ ) wyliczono ze wzoru:

$$P_w = \frac{m_1 - m_0}{m_1} \cdot \frac{C_0}{\gamma_c} \cdot 100 \text{ (\%)}$$

gdzie:  $\gamma_c$  — gęstość cieczy nasycającej.

Błąd względny dla pomiarów  $\delta$  nie przekracza 3%, a dla  $P_w$  — 4% mierzonych wartości.

#### POMIARY PRĘDKOŚCI FALI PODŁUŻNEJ ( $V_p$ )

Prędkość fali podłużnej mierzono dla każdej próbki w dwóch kierunkach prostopadłych do siebie. W próbkach skał o teksturze kierunkowej pochodzących z odsłoneń pomiary wykonywano prostopadle i równolegle do płaszczyzn teksturalnych, natomiast w rdzeniach w kierunku równoległym ( $V_{p||}$ ) i prostopadłym ( $V_{p\perp}$ ) do osi wiercenia.

Do wyliczenia twardości akustycznej ( $\delta \cdot V_p$ ) brano wartości prędkości mierzonej równolegle do osi wiercenia, jako najbliższe wynikom pomiarów sejsmicznych. Taki sposób postępowania umożliwia określenie wpływu ułożenia składników skały na prędkość rozchodzenia się w niej fali podłużnej (anizotropia właściwości sprężystych skały). Pomiary wykonywano petroskopem P-11 GI przy użyciu głowic o częstotliwości 250 kHz (M. Fuliński, A. Jaworski, 1973). Dokładność pomiarów wynosiła 5% mierzonych wartości. Prędkość fali podłużnej wyliczono ze wzoru:

$$V_p = \frac{l}{t} \quad (\text{m/s})$$

gdzie:  $l$  — długość próbki;  $t$  — czas przejścia fali ultradźwiękowej.

#### POMIARY WŁAŚCIWOŚCI MAGNETYCZNYCH SKAŁ

Podatność magnetyczną ( $\kappa$ ) badanych skał określono przy użyciu kap-pametru IMW-2 o zakresie  $2 \cdot 10^{-6}$  — 1,0 CGSM. Wykonano pomiary na rdzeniach wiertniczych w odstępach co 1 m oraz na kostkach sześciennych o wymiarach  $2 \times 2 \times 2$  cm. Namagnesowanie ( $I_n$ ) oznaczono na kostkach przy użyciu rock-generatora IR-3 produkcji CSRS, ulepszanego w Zakładzie Petrofizyki i Modelowania PPG, dzięki czemu uzyskano większy zakres pomiaru (co okazało się szczególnie ważne przy badaniu skał silnie namagnesowanych). Z danych pomiarowych wyliczono także współczynnik  $Q = I_n : 0,5\kappa$ , którego wartość wskazuje na stabilność naturalnej pozostałości magnetycznej badanych skał. Szczegółowy opis metodyki tych prac podany jest w pracy K. Mizerackiej (1972).

#### POMIARY WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRYCZNYCH SKAŁ

Wykonano pomiary elektrycznej oporności właściwej oraz, w znacznie mniejszym zakresie, stałej dielektrycznej próbek suchych, a sporadycznie także nasyconych roztworami NaCl o różnym stężeniu. Do celów porównawczych użyto wyniki badań próbek powietrzno-suchych skał podłoża krystalicznego. Metodę pomiaru oraz aparaturę opisał obszerniej J. Dziubiński (1974). Stosowano układ czteroelektrodowy przy napięciu prądu 150 V. Powierzchnie stykowe próbek z elektrodami były wygładzone. Kontakt między próbką a elektrodą stanowiła siatka miedziana oraz gąbka nasycona agarem sporządzonym na wodnym roztworze siarczanu miedzi. Elektryczną oporność właściwą skały wyliczono ze wzoru:

$$\rho = k \cdot \frac{V}{I} \quad (\text{omm}),$$

gdzie:  $k = S : h$ ;  $V$  — przyrost napięcia w V;  $I$  — natężenie prądu w A;  $S$  — powierzchnia styku próbki z elektrodami w  $\text{cm}^2$ ;  $h$  — długość próbki w cm.

#### POMIARY GLOBALNEJ PROMIENIOTWÓRCZOŚCI NATURALNEJ GAMMA

Badania laboratoryjne tego parametru na próbkach skalnych wprowadzono w PPG w 1974 r. (A. Jaworski, I. Olszewska, J. Roman, W. Sołtyk, 1974). Opracowano zestaw aparaturowy oraz metodykę badań. Pomiary wykonano tylko dla granodiorytów Tatr Wysokich.

Obecnie metodyka ta została ulepszona co pozwoliło na określenie natężenia wszystkich trzech składników promieniotwórczości skał ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ), pochodzących od zawartości radioaktywnych izotopów K, Th oraz U.

#### WYNIKI BADAŃ PETROFIZYCZNYCH

Zróznicowanie litologiczne skał podłoża krystalicznego omawianego regionu Polski jest duże, nawet w obrębie niewielkich obszarów badań, jakimi są Tatry, rejon Bielsko—Kęty—Andrychów, wypiętrzenie Rzeszotar oraz blok Pilicy (fig. 1). Występują tu zarówno skały pochodzenia magmowego, jak i różnorodne skały metamorficzne: granitoidy, gnejsy, łupki krystaliczne, amfibolity, a obok nich (rejon Wyciąża) słabo zmetamorfizowane utwory aleurytowe, które K. Konior (1974) określa jako prekambry niezmetamorfizowany.

Idąc za tradycyjnym już podziałem tektoniczno-genetycznym krystaliku Tatr na trzy podregiony (krystalik Tatr Wysokich, wyspy Gorczykowej oraz Tatr Zachodnich) wyniki badań zostaną omówione osobno dla każdego z nich.

W artykule wykorzystano wyniki badań petrograficznych krystaliku omówione w opracowaniu T. Hanczke, A. Jaworskiego i K. Mizerackiej (1976) oraz analizy planimetryczne zamieszczone w pracy J. Burcharta (1970).

#### KRYSTALINIK TATR WYSOKICH

Próbki do badań petrofizycznych i petrograficznych pobrano ze szczytowych lub podszczytowych partii amfiteatru Morskiego Oka, Doliny Roztoki, z grani Wołoszyna, Kosistej oraz Orlej Perci. Wyróżniono trzy rodzaje skał: tonality, granodioryty oraz granity, których uśredniony skład mineralny obrazuje tab. 1. Tonality przeważają nad granodiorytami i granitami, których występowanie związane jest głównie ze strefą Kosistej.

Wyniki badań petrofizycznych granitoidów Tatr Wysokich odzwierciedlają ich skład mineralny, cechy strukturalno-teksturalne, głównie zaś

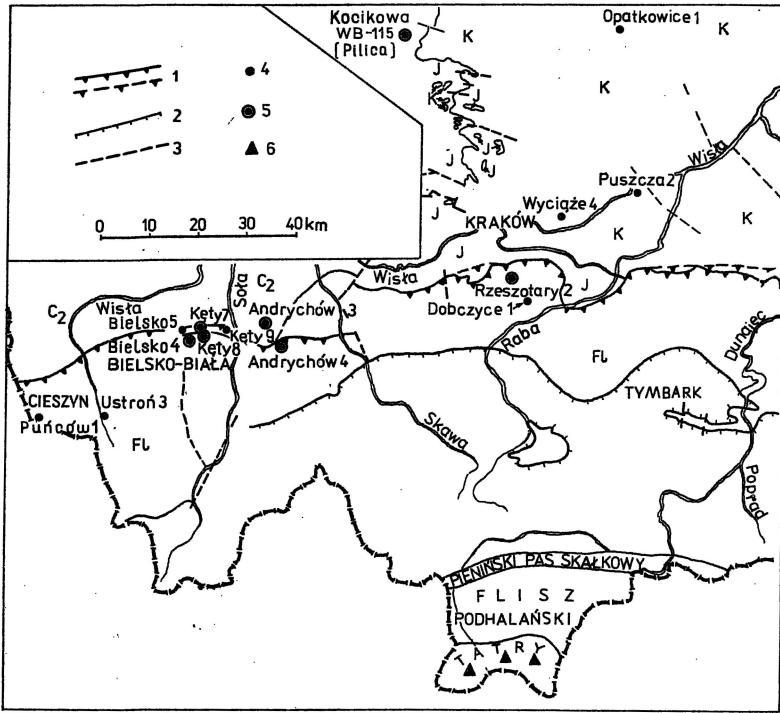


Fig. 1. Miejsce pobrania próbek do badań petrofizycznych na tle mapy geologicznej zachodniej części przedgórzia Karpat według J. Sokołowskiego (nieco zmienionej)

Location of samples for petrophysical studies on the background of geological map of western part of the Carpathian forefield (after J. Sokołowski, somewhat modified)

K — kreda; J — jura; C<sub>2</sub> — karbon górny; Fl — flisz karpacki; 1 — północna granica fliszu karpackiego; 2 — brzeg płaszczowiny magurskiej; 3 — ważniejsze uskoki; 4 — otwory, w których nawiercono podłoża krystaliczne lub utwory prekambry; 5 — otwory, z których rdzenie poddano badaniom petrofizycznym; 6 — krystalinik Tatr Zachodnich, wyspy Goryczkowej i Tatr Wysokich, z którego pobrano próbki do badań petrofizycznych

K — Cretaceous; J — Jurassic; C<sub>2</sub> — Upper Carboniferous; Fl — Carpathian Flysch; 1 — northern margin of Carpathian Flysch; 2 — margin of Magura nappe; 3 — main faults; 4 — boreholes which entered crystalline basement or Precambrian rocks; 5 — boreholes sampled for petrophysical studies; 6 — crystalline massif of the Western Tatra Mts, Goryczkowa "island" and High-Tatra sampled for petrophysical studies

stopień przemian wietrzeniowych (tab. 2). Zarówno niezbyt duża średnia gęstość przestrzenna, jak i podatność magnetyczna wskazują na minimalną zawartość w tych skałach minerałów pobudliwych magnetycznie. Skały te charakteryzują się niewielką porowatością (1,56%), ale są bardzo spękane (makroszczelinowatość), na co wskazują duże wartości elektrycznej oporności właściwej ( $10\,700 \cdot 10^3$  omm) przy niezbyt dużej, jak na granitoidy prędkości fali podłużnej (4050 m/s). Stąd też wartość twardości akustycznej jest jedna z najmniejszych spośród wszystkich badanych typów skał (tab. 2).

Wysoka wartość współczynnika Q sugeruje, że namagnesowanie tych skał ma charakter stabilny. Formowanie się tych skał odbywało się

Tabela 1

Uśredniony skład mineralny krystaliniku Tatr Wysokich (a) oraz wyspy Goryczkowej (b) według T. Hanczke, A. Jaworskiego, K. Mizerackiej (1976) w % obj.

Minerały	Skały						Średnia	
	Tonality		Granodioryty		Granity	Gnejsy andezytowe-biotytowe		
	a	b	a	b			a	b
Plagioklaz	60,9	62,1	47,7	43,2	30,7	43,7	46,4	49,7
Skaleń potasowy	3,3	3,1	14,7	12,4	30,1	1,9	16,0	5,8
Kwarc	24,9	21,4	30,3	35,4	33,6	29,4	29,6	28,1
Biotyt	3,6	10,2	1,7	9,0	—	22,9*	2,6	14,9
Chloryt	3,6	2,6	3,2	—	0,06	—	2,3	—
Muskowit	2,5	0,4	2,0	—	5,4	1,6	3,3	1,0
Minerały kruszcowe	0,4	0,2	0,2	—	0,1	0,5	0,23	0,35

\* biotyt + chloryt

stopniowo, na przestrzeni dłuższego okresu czasu, co koresponduje zarówno z danymi petrograficznymi, jak i geologiczno-tektonicznymi. Globalna promieniotwórczość gamma omawianych granitoidów waha się w granicach 13,4—40,3 pCi (średnia 23,1) i wzrasta wraz z zawartością skalenia potasowego w tych skałach.

#### Porównanie właściwości fizycznych skał podłoża krystalicznego

Właściwości fizyczne	Region			
	Granity Tatr Wysokich	Granity wyspy Goryczkowej	Granitoidy Tatr słowackich	Granitoidy Tatr Zachodnich
Gęstość przestrzenna g/cm <sup>3</sup>	2,56	2,64	2,59	2,62
Porowatość względna %	1,56	1,54	2,12	2,24
Podatność magnetyczna × 10 <sup>6</sup> CGSM $\left(Q = \frac{In}{0,5\kappa}\right)$	51,2 (4,5)	73 (29,35)	24 (—)	1 (—)
Elektryczna oporność właściwa omm · 10 <sup>-3</sup>	10 700	1429	3090	4769
Prędkość fali podłużnej m/s	4050	4100	3525	4050
Twardość akustyczna	10 368	10 824	9130	10 611

## GRANITOIDY WYSPY GORYCZKOWEJ

Skały krystaliczne wyspy Goryczkowej stanowią największą czapkę tektoniczną w obrębie Tatr i leżą na sfałdowanych osadach mezozoicznych. Zróżnicowanie litologiczne jest tu bardzo duże i zostało szczegółowo omówione przez J. Burcharta (1970). Badaniami petrofizycznymi objęto najpospolitsze skały, tj: tonality, granodioryty i gnejsy andezytowo-biotytowe, które występują od Przełęczy Liliowej przez Kasprowy Wierch po Czubę Goryczkową. Skład mineralny tych skał zestawiono w tab. 1.

Tonality i granodioryty trzonu krystalicznego Tatr Wysokich i wyspy Goryczkowej różnią się zawartością biotytu, chlorytu, muskowitu i skalenia potasowego. Nie udało się porównać składu mineralnego łupków krystalicznych, gdyż w Tatrach Wysokich występują one w formie zupełnie podrzędnych wkładek, np. w grani Karbu, i nie były przedmiotem badań petrofizycznych.

Gęstość przestrzenna próbek skał krystalicznych wyspy Goryczkowej jest wyższa (2,64 g/cm<sup>3</sup>) w stosunku do granitoidów Tatr Wysokich (2,56 g/cm<sup>3</sup>), co wiąże się ze wzrostem ilości biotytu i mniejszym stopniem zwietrzenia tych skał. Odbiciem stanu zachowania granitoidów jest także mniejsza porowatość i większa podatność magnetyczna, uwarunkowana występowaniem minerałów pobudliwych magnetycznie. Wyraźnie mniejsza elektryczna oporność właściwa granitoidów wyspy Goryczkowej wskazuje m. in. na stosunkowo niewielką mikroszczelinowatość i mniej zaawansowane procesy wietrzeniowe. Parametry sprężystości skał wyspy Goryczkowej i Tatr Wysokich są zbliżone.

Tabela 2

z rejonu Polski południowej (wartości uśrednione)

Region					
Łupki krystaliczne Tatr Zachodnich	Metamorfik z otworu wiertniczego Rzeszotary 2	Granity i łupki biotytowe z otworu wiertniczego Kocikowa WB-115	Granity metasomatyczne z otworu wiertniczego Bielsko 4	Granity z otworu wiertniczego Kęty 7 i Kęty 8	Metamorfik z otworu wiertniczego Andrychów 3 i Andrychów 4
2,67	2,90	2,65	2,68	2,65	2,72
1,80	1,26	0,67	0,25	0,30	1,15
35 (1,3)	33 (0,8)	94,7 (1,3)	5,5 (2,6)	4,3 (1,9)	21,2 (0,84)
3994	470,7	2311	402,7	518,5	24,3
4383	4217	4550	4950	4400	5100
11 440	12 242	12 015	13 260	11 660	13 872

## KRYSTALINIK TATR ZACHODNICH

Skały krystaliczne Tatr Zachodnich w znacznej części złożone są z łupków krystalicznych przewarstwiających się z granitoidami, wśród których dominują odmiany leukokratyczne. Jedynie w rejonie Wołowca występują w większej ilości granitoidy biotytowe typu Rohaczy, podobne do granitoidów Tatr Wysokich (J. Burchart, 1970). Granity zawierają skałen potasowy i albit, obficie występuje muskowitz, natomiast biotyt jest sporadyczny, a czasami brak go zupełnie. Zawartość  $\text{SiO}_2$  dochodzi do 76% (A. Bolewski, M. Turnau-Morawska, 1963), co znalazło odzwierciedlenie w wartości elektrycznej oporności właściwej.

Przedmiotem badań petrofizycznych był kompleks skał granitoidowych i łupków krystalicznych odsłoniętych w grani Ornaku. Kompleks ten jest zróżnicowany, co wyraźnie zaznacza się we właściwościach fizycznych (tab. 2). Jedynie gęstości i porowatości tych skał są zbliżone i bliskie podobnym parametrom skał wyspy Goryczkowej, natomiast są one wyraźnie wyższe od analogicznych parametrów Tatr Wysokich. Badane granity są praktycznie niepodatne magnetycznie (ubóstwo minerałów magnetycznych). Wyższą od nich podatność magnetyczną mają łupki krystaliczne, które cechuje także niższa od granitu elektryczna oporność właściwa oraz nieco wyższe parametry sprężystości. Wartość współczynnika  $Q$  sugeruje stabilność niewielkiego namagnesowania skał, gdyż średnia wartość  $In = 2,06 \cdot 10^{-6}$  CGSM i  $Q = 1,3$ . Większą elektryczną oporność właściwą granitów Tatr Zachodnich od granitoidów wyspy Goryczkowej i Tatr Wysokich można tłumaczyć wzrostem zawartości kwarcu. Dla porównania właściwości fizycznych granitoidów Tatr polskich z krystalinikiem Tatr słowackich w tab. 2 zamieszczono wyniki badań kilku próbek pobranych z rejonu schroniska Teryha, z proggu skalnego zamykającego amfiteatr Lodowego, Baranich Rogów, Pysznego Szczytu i Łomnicy. Otrzymane wyniki nie odbiegają zasadniczo od średnich wartości parametrów fizycznych polskiej części Tatr.

## PODŁOŻE KRYSTALICZNE WYPIĘTRZENIA RZESZOTAR ORAZ BLOKU PILICY

Obydwie te struktury stanowią fragment regionalnego wypiętrzenia Myszków—Kraków—Rzeszotary—Tymbark, które charakteryzuje się zróżnicowaną hipsometrią stropu podłoża zdyslokowanego blokowo. Poszczególne bloki są najprawdopodobniej przemieszczone także poziomo, na co wskazuje układ oraz zarys grawimetrycznych i magnetycznych stref anomalnych (fig. 2). Badania petrofizyczne wykonano na próbkach rdzeni z otworów wiertniczych Rzeszotary 2 oraz Kocikowa WB-115 (fig. 2). W rdzeniu wiertniczym z otworu Rzeszotary 2 wyróżniono gnejsy łuszczkowe, gnejsy biotytowo-hornblendowe oraz amfibolity. Wydzielone kompleksy skał znajdują odbicie w profilach petrofizycznych (fig. 3); niewielkie przesunięcia granic fizycznych w stosunku do litologicznych wy-

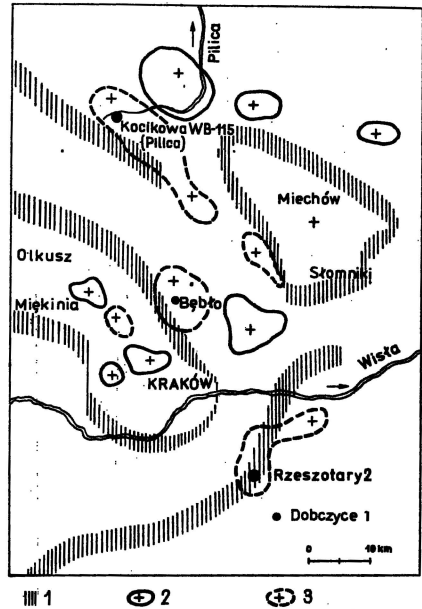


Fig. 2. Schematyczna mapka rozmieszczenia anomalnych stref geofizycznych rejonu krakowskiego, zestawiona na podstawie opracowania J. Grzywacza, T. Niedziółki, A. Soćko (1974)

Sketch map of distribution of anomalous geophysical zones of the Cracow region, based on the data from J. Grzywacz, T. Niedziółka and A. Soćko (1974)

1 — strefy maksymalnych gradientów siły ciężkości; 2 — zarys anomalii magnetycznych; 3 — zarys anomalii grawimetrycznych; pozostałe objaśnienia jak na fig. 1

1 — zones of maximum gravity gradients; 2 — outline of magnetic anomalies; 3 — outline of gravimetric anomalies; other explanations as in Fig. 1



nikają z dość rzadkiego opróbowania rdzeni. Uśrednione wartości parametrów fizycznych dla poszczególnych skał zestawiono w tab. 3; średnie dla metamorfiku Rzeszotar w tab. 2. W porównaniu z krystalinikiem Tatr charakterystyczne są większa gęstość i mniejsza porowatość, zbliżona wartość podatności magnetycznej, wybitnie mniejsza elektryczna oporność właściwa związana z ubóstwem kwarcu i większą zwięzłością skały oraz podobne wartości parametrów sprężystości.

W otworze wiertniczym Kocikowa WB-115 (fig. 1, 2) nawiercono granodioryty oraz skały metamorficzne, reprezentowane przez łupki biotytowe z cienkimi wkładkami łupku amfibolowego, który charakteryzuje się wyraźnie większą podatnością magnetyczną w stosunku do skał otaczających. Uzyskane wyniki badań umożliwiły uszczegółowienie profilu litologicznego otworu (fig. 4), przez wyznaczenie dodatkowych wkładek łupków amfibolowych na podstawie stwierdzenia podwyższonych wartości podatności magnetycznej.

Skład mineralny skał przewierconych w otworze Kocikowa WB-115 zestawiono w tab. 4. W kilku próbkach granodiorytów występują skupienia siarczków (obserwowane makroskopowo), których obecnością można tłumaczyć dość wysoką wartość podatności magnetycznej skał (tab. 3). Również stosunkowo wysoką podatnością magnetyczną charakteryzują się łupki biotytowe, w których stwierdzono rozproszony magnetyt.

Zmienność właściwości fizycznych skał z Kocikowej (fig. 4) jest ściśle związana ze składem mineralnym, stopniem zmetamorfizowania oraz cechami strukturalno-teksturalnymi.

Na podstawie wykonanych badań petrofizycznych można wyznaczyć w rdzeniu strefy występowania łupków amfibolowych, strop łupków biotytowych (ok. 510 m p.p.m.), zasięg granodiorytów o wyraźnie wyższej

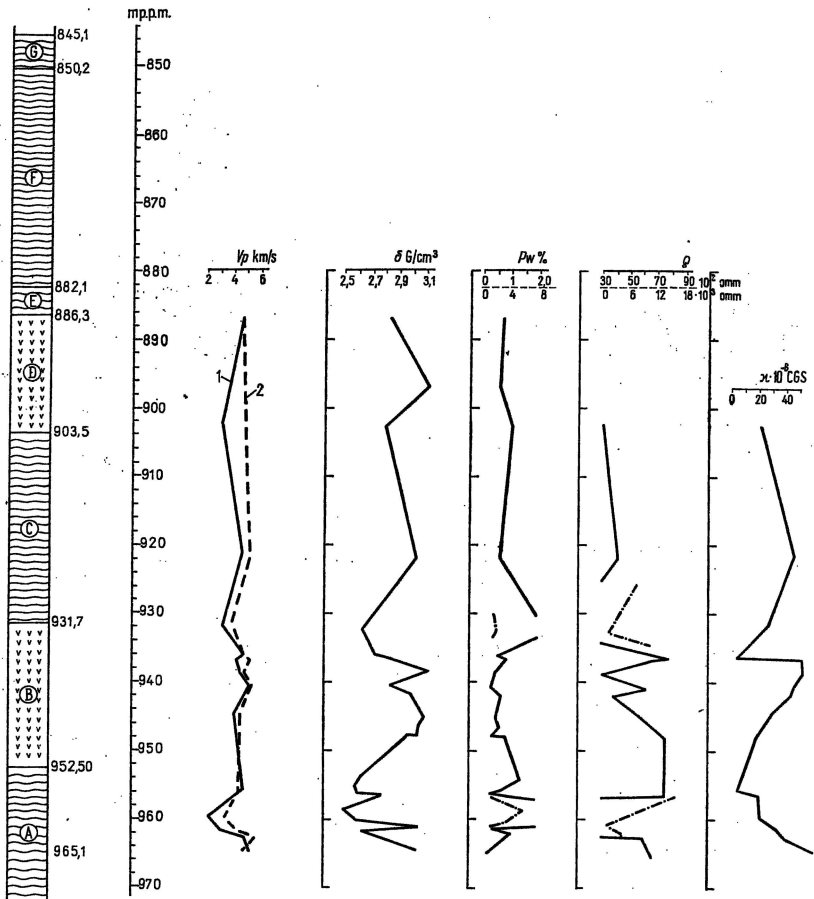


Fig. 3. Właściwości fizyczne skał w zestawieniu z profilem litologicznym otworu wiertniczego Rzeszotary 2 według J. Burtan (1962)  
Physical rock properties versus lithological profile of the borehole Rzeszotary 2 after J. Burtan (1962)

A — łupki muskowitowe, amfibolity z iniekcjami skalenia; B — amfibolity grubokrystaliczne z granatami iniekowane skaleniami z nalotami i żyłkami hematytowymi (upad  $60-34^\circ$ ); C — gnejsy amfibolitowe iniekowane różowym skaleniem z granatami i wkładkami łupków biotytowo-muskowitowych (upad  $60^\circ$ ); D — amfibolity iniekowane skaleniami z soczewkami kwarcu; E — gnejsy biotytowo-skaleniowo-muskowitowe; F — łupki chlorytowo-muskowitowe z żyłkami i soczewkami skalenia, ku dołowi przechodzące w gnejsy muskowitowe z żyłkami skalenia (upad  $60^\circ$ ); G — łupki chlorytowo-muskowitowe;  $V_p$  — prędkość fali podłużnej: 1 — mierzonej równoległe do osi rdzenia, 2 — mierzonej prostopadle do osi rdzenia;  $\delta$  — gęstość przestrzenna;  $P_w$  — porowatość względna;  $\rho$  — elektryczna oporność właściwa;  $\chi$  — podatność magnetyczna

A — muscovite schists, amphibolites with feldspar injections; B — coarse-crystalline amphibolites with garnets injected by feldspars with hematite coatings and veinlets (dip  $60-34^\circ$ ); C — amphibolite gneisses with injections of pink feldspar with garnets and biotite-muscovite schists intercalations (dip  $60^\circ$ ); D — amphibolites with injections of feldspars with quartz lenses; E — biotite-feldspar-muscovite gneisses; F — chlorite-muscovite schists with feldspar veinlets and lenses, passing downwards into muscovite gneisses with feldspar veins (dip  $60^\circ$ ); G — chlorite-muscovite schists;  $V_p$  — velocity of longitudinal wave: 1 — measured parallel to core axis, 2 — measured perpendicular to core axis;  $\delta$  — volume weight;  $P_w$  — relative porosity;  $\rho$  — specific electric resistivity;  $\chi$  — magnetic susceptibility

Tabela 3

## Charakterystyka petrofizyczna skał z otworów wiertniczych Rzeszotary 2 i Kocikowa WB-115

Nazwa otworu	Kompleks skalny	Wartości uśrednione parametrów						
		Gęstość przestrzenna g/cm <sup>3</sup>	Porowatość względna %	Podatność magnetyczna $\times 10^6$ CGSM $\left(Q = \frac{In}{0,5\pi}\right)$	Prędkość fali podłużnej		Elektryczna oporność właściwa omm · 10 <sup>-3</sup>	Twardość akustyczna
					równoległe do osi otworu wiertniczego m/s	prostopadłe do osi otworu wiertniczego m/s		
Rzeszotary 2	Amfibolity stropowe	2,91	1,8	21 (0,03)	3825	4800	62,0	11 130
	Gnejsy amfibolowe	3,03	0,66	46 (0,01)	4600	5150	114,0	13 940
	Amfibolity grubokrystaliczne z granatami	2,94	0,78	34 (0,08)	4462	4586	1559,0	13 120
	Łupki muskowitowe	2,71	1,79	30,5 (0,23)	3980	4440	148,5	10 780
Kocikowa WB-115	Łupki biotytowe	2,67	0,61	80 (0,93)	5050	5050	1803,0	13 483
	Granodioryty zalbityzowane (587,4–593 m)	2,88	0,66	— (—)	—	—	—	—
	Granodioryty	2,65	0,67	94,7 (1,3)	4550	4600	2820,0	12 015

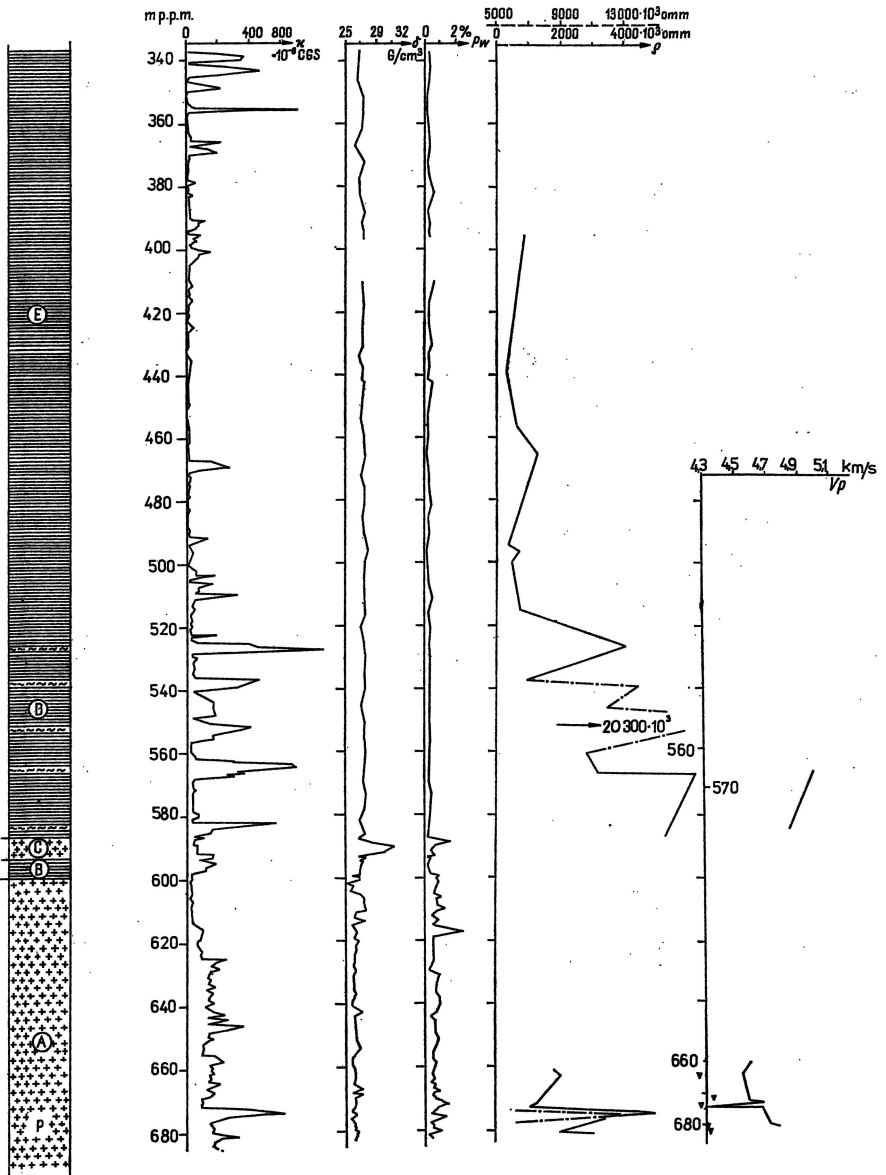


Fig. 4. Właściwości fizyczne skał w zestawieniu z profilem litologicznym otworu wiertniczego Kocikowa WB-115

Physical properties of rocks versus lithological profile of the borehole Kocikowa WB-115

A — granodiority; B — łupki biotytowe; C — granodiority zalbityzowane; D — łupki biotytowe; E — łupki (łowce — starszy paleozoik?); P — piryt; pozostałe objaśnienia jak na fig. 3

A — granodiorites; B — biotite schists; C — albitized granodiorites; D — biotite schists; E — schales (claystones — older Palaeozoic?); P — pyrite; other explanations as in Fig. 3

Wyniki badań mineralogicznych krystaliniku z otworu wiertniczego Rzeszotary 2 oraz granodiorytów z otworu wiertniczego Kocikowa WB-115 (liczby w nawiasach) według T. Hanczke, A. Jaworskiego, K. Mizerackiej (1976) w % obj.

Nr próbki	Głębokość w m	Plagioklaz*	Skaleń + kwarc*	Amfibol	Pseudomorfozy po amfibolu	Chloryt	Granat	Epidot	Biotyt	Muskowit	Apatyt	Tytanit	Kalcyt	Piryt	Minerały nieprzezroczyste	Nazwa skały
1 (1)	901,9-903,5 (660,6)	— (45,8)	27,1 (44,2)	— (0,2)**	— (—)	— (1,8)	śl. (—)	11,5 (—)	36,2 (7,3)	25,3 (—)	śl. (0,1)	śl. (0,1)	3,4 (—)	— (—)	0,1 (0,5)	gnejs granodioryt
2 (2)	921,9 (664,0)	— (48,5)	12,8 (43,7)	80,7 (0,2)	— (—)	— (4,6)	1,9 (—)	3,0 (0,1)	— (1,5)	— (—)	0,2 (—)	0,6 (0,9)	0,6 (—)	— (—)	0,2 (0,5)	łupek amfibolowy granodioryt
3 (3)	932,1-933,5 (672,0)	— (51,4)	29,3 (38,6)	— (1,2)	48,0 (—)	13,5 (5,1)	— (—)	— (0,3)	śl. (—)	— (—)	0,3 (0,1)	— (0,8)	3,3 (0,1)	— (—)	5,6 (0,2)	amfibolit diaforycznie zmieniony granodioryt
4 (4)	936,2-936,6 (674,4)	— (63,7)	86,8 (28,8)	— (2,4)	— (—)	2,4 (1,4)	0,2 (—)	4,1 (1,1)	— (—)	4,3 (—)	— (—)	śl. (0,1)	2,2 (—)	— (—)	— (0,3)	fels kwarcowo-skaleniowy granodioryt
5 (5)	940,7-941,0 (680,4)	— (49,2)	35,1 (40,0)	35,8 (—)	— (—)	10,6 (1,5)	10,8 (—)	0,6 (0,1)	— (6,6)	1,6 (—)	2,0 (—)	— (0,6)	3,4 (—)	0,1 (—)	— (1,1)	amfibolit granodioryt
6 (6)	961,9 (681,2)	— (48,1)	31,8 (43,5)	— (0,5)	17,7 (—)	44,2 (1,0)	0,1 (—)	— (0,1)	śl. (6,1)	— (—)	0,2 (0,1)	— (0,3)	4,6 (—)	1,4 (—)	— (0,3)	gnejs diaforycznie zmieniony granodioryt
7	961,9-963,0	—	34,7	58,3	—	0,1	4,3	1,6	—	śl.	0,2	0,6	śl.	0,2	—	amfibolit
8	964,4-965,1	—	32,3	53,1	—	2,7	4,1	2,2	—	—	0,3	4,2	0,5	0,6	—	amfibolit

\* dla 6 próbek granitoidów zawartość plagioklazu wynosi 51,1% obj., skalenia potasowego — 15,5% obj., kwarcu — 24,4% obj.

\*\* w granitoidach — hornblenda

od wymienionych wyżej skał podatności magnetycznej, mniejszej gęstości, większej nieco porowatości i wyższej elektrycznej oporności właściwej. W stosunku do metamorfiku Rzeszotar badane skały krystaliczne mają nieco mniejszą gęstość przestrzenną (tab. 2, 3), z uwagi na mniejszy udział wkładek amfibolowych oraz wyższe wartości podatności magnetycznej, co wiązać należy z występowaniem minerałów magnetycznie pobudliwych. Wyższa średnia wartość elektrycznej oporności właściwej ma uzasadnienie w zwiększonej ilości kwarcu. Parametry sprężystości skał krystaliniku z Kocikowej i metamorfiku rzeszotarskiego są zbliżone. Łupki biotytowe mają najwyższą prędkość fali podłużnej (ponad 5000 m/s), bliską gnejsom amfibolowym z Rzeszotar.

Stwierdzona podatność magnetyczna granitoidów z Kocikowej nie tłumaczy powstania lokalnej anomalii magnetycznej. Można przypuszczać, że ciało anomalne związane jest z większym nagromadzeniem minerałów magnetycznie pobudliwych (pirotyn, magnetyt) skupionych w skałach znajdujących się w głębszych partiach krystaliniku. Z załączonej schematycznej mapki anomalii grawimetrycznych i magnetycznych (fig. 2) można sądzić, że anomalia rejonu Bębła ma podobny charakter do anomalii rejonu Pilicy.

Nie wykluczone jest, że pod zmineralizowanymi skałami syluru, stwierdzonymi w otworze wiertniczym Bębło, można się spodziewać występowania większej miąższości ciała pobudliwego magnetycznie, reprezentowanego przez skały magmowe z mineralizacją siarczkową lub magnezytową.

#### KRYSTALINIK STREFY BIELSKO—KĘTY—ANDRYCHÓW

Badaniami petrofizycznymi objęto granitoidy metasomatyczne nawiercone w otworze Bielsko 4, granity nawiercone w otworach Kęty 7 i Kęty 8 oraz utwory metamorficzne nawiercone w otworach Andrychów 3 i Andrychów 4 (fig. 1). Skład mineralny skał został opisany przez W. Heflika i K. Koniora (1970, 1971, 1974), którzy stwierdzili ich podobieństwo do granitów wyspy Goryczkowej i metamorfiku Rzeszotar.

W świetle badań petrofizycznych (tab. 2) granity z Bielska 4 oraz Kęty 7 i Kęty 8 mają prawie identyczne właściwości fizyczne. W porównaniu ze skałami pozostałych regionów badań różnią się bardzo małymi wartościami podatności magnetycznej (ubóstwo minerałów pobudliwych magnetycznie) oraz elektrycznej oporności właściwej (przewaga plagioklazu nad kwarcem, zbite tekstury, brak porowatości i mikroszczelinowatości). Brak spękań w omawianych granitach potwierdzają duże wartości parametrów sprężystości (tab. 2). W odróżnieniu od granitoidów z Bielska i Kęty skały metamorficzne z otworów wiertniczych Andrychów 3 i Andrychów 4 wykazują większe wartości wszystkich badanych parametrów fizycznych z wyjątkiem elektrycznej oporności właściwej, która ma najmniejszą wartość w stosunku do wszystkich badanych skał. Można to wiązać z zawartością minerałów o większym przewodnictwie elektrycznym. Mała wartość współczynnika  $Q$  oznaczonego w próbkach skał metamorficznych z Andrychowa 3 i Andrychowa 4 oraz w granitach z Bielska i Kęty wskazuje na niestabilność naturalnej pozostałości magnetycznej skał i może sugerować istnienie późniejszych wysokotemperaturowych prze-

mian metamorficznych w omawianym regionie. Próbki skał metamorficznych z Andrychowa 3 i Andrychowa 4 charakteryzują się najwyższymi prędkościami fali podłużnej, a także maksymalną twardością akustyczną (tab. 2).

PODOBIEŃSTWO WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH SKAŁ  
KRYSTALICZNYCH TATR, STREFY BIELSKO—KĘTY—  
ANDRYCHÓW, WYPIĘTRZENIA RZESZOTAR ORAZ BLOKU  
PILICY

Mineralogiczno-petrograficzne podobieństwo utworów krystalicznych omawianych regionów pierwsi udokumentowali W. Heflik i K. Konior (1971, 1974). Koncepcja tych badaczy wydała się ciekawa autorowi artykułu, toteż poczynił on próbę zastosowania badań petrofizycznych dla scharakteryzowania skał podłoża krystalicznego. Wyniki badań petrofi-

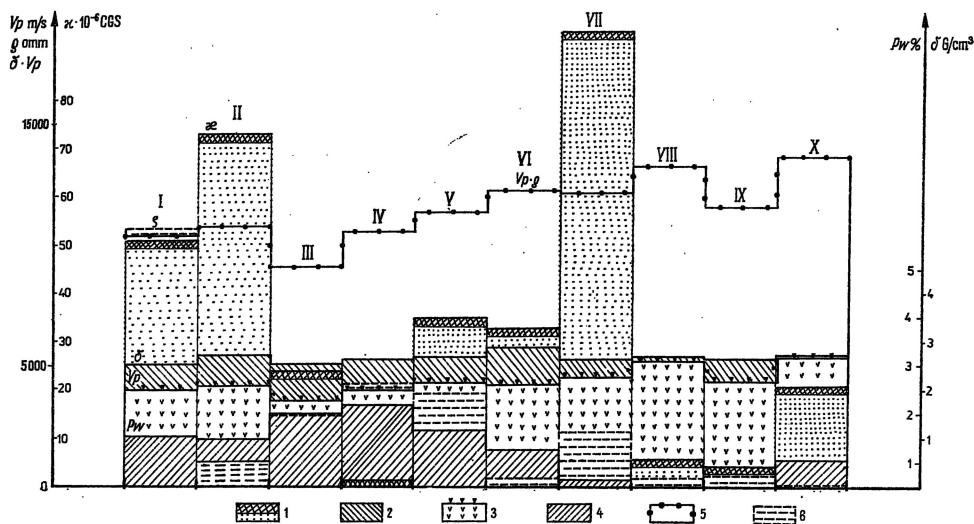


Fig. 5. Korelacja cech petrofizycznych podłoża krystalicznego Polski południowej  
Correlation of petrophysical features of crystalline basement of southern Poland

I — Tatry Wysokie — granitoidy; II — wyspa Goryczkowa — granitoidy i metamorfik;  
III — Tatry słowackie (schronisko Teryha) — granitoidy; Tatry Zachodnie: IV — granito-  
idy, V — łupki krystaliczne; VI — Rzeszotary 2 — amfibolity, gnejsy; VII — Kocikowa  
WB-115 — łupki biotytowe i granodioryty; VIII — Bielsko 4 — granitoidy metasomatyczne;  
IX — Kęty 7 i Kęty 8 — granitoidy metamorficzne; X — Andrychów 3 i Andrychów 4 —  
łupki chlorytowo-mikowo-kwarcowe; 1 — podatność magnetyczna ( $\mu$ ); 2 — gęstość przestrzen-  
na ( $\delta$ ); 3 — prędkość fali podłużnej ( $V_p$ ); 4 — porowatość względna ( $P_w$ ); 5 — twardość  
akustyczna ( $V_p \cdot \delta$ ); 6 — elektryczna oporność właściwa ( $\rho$ )  
I — High Tatra Mts — granitoids; II — Goryczkowa "island" — granitoids and metamorphic  
rocks; III — Slovakian Tatra Mts (Teryha shelter-house) — granitoids; Western Tatra Mts: IV —  
granitoids, V — crystalline schists; VI — Rzeszotary 2 — amphibolites, gneisses; VII — Ko-  
cikowa WB-115 — biotite schists and granodiorites; VIII — Bielsko 4 — metasomatic  
granitoids; IX — Kęty 7 and Kęty 8 — metamorphic granitoids; X — Andrychów 3 and Andry-  
chów 4 — chlorite-micaceous-quartz schists; 1 — magnetic susceptibility ( $\mu$ ); 2 — volume  
density ( $\delta$ ); 3 — velocity of longitudinal wave ( $V_p$ ); 4 — relative porosity ( $P_w$ ); 5 — acou-  
stic hardness ( $V_p \cdot \delta$ ); 6 — electric specific resistivity ( $\rho$ )

zycznych można uznać za wystarczające dla oceny statystycznej danych pomiarowych. Podobieństwo cech fizycznych skał podłoża krystalicznego badanych rejonów jest bardzo wyraźne, a niewielka różnica dla niektórych parametrów fizycznych dość łatwa do wytłumaczenia na podstawie znajomości składu mineralnego, struktur, tekstur i stanu zachowania skał. W rozważaniach tych pomocna będzie analiza zbiorczego zestawienia danych petrofizycznych (tab. 2), wykres zmienności właściwości fizycznych skał badanych rejonów (fig. 5) oraz informacje o właściwościach fizycznych minerałów skałotwórczych i pobocznych (A. Jaworski, 1975b).

Najbardziej różnicowanym parametrem jest podatność magnetyczna oraz współczynnik  $Q = I_n : 0,5n$ . Łatwo zauważyć, że w skałach zbudowanych z minerałów zawierających w swych sieciach krystalicznych żelazo dwuwartościowe, a zwłaszcza z takich minerałów, jak biotyt, chloryt, amfibol, magnetyt i pirotyn (np. granodioryty z Kocikowej) średnia wartość podatności magnetycznej jest stosunkowo wysoka ( $94,7 \cdot 10^{-6}$  CGSM), podczas gdy przy braku wyżej wymienionych minerałów (np. leukokratyczne granity Tatr Zachodnich) parametr ten osiąga wartość zaledwie mierzalną ( $1 \cdot 10^{-6}$  CGSM). Zatem można wnioskować, że podłoże krystaliczne z uwagi na swoje właściwości magnetyczne stanowi twór różnicowany, a powodem tego nie są zmiany stosunków głównych składników (minerałów skałotwórczych) omawianych skał, lecz ilość tzw. minerałów pobocznych, występujących z reguły w niewielkich, ale różnicowanych ilościach. Zatem do właściwej oceny anomalii magnetycznych o charakterze regionalnym nie jest wskazane używanie wartości podatności pomierzonych dla przypadkowo dobranego otworu wiertniczego czy odsłonięcia, gdyż łatwo popełnić istotny błąd. Przykładem może być obszar Bielska i Kęt, gdzie dla podłoża krystalicznego można przyjąć wartość  $\approx 5 \cdot 10^{-6}$  CGSM, ale już dla położonego o kilkanaście kilometrów dalej obszaru Andrychowa (fig. 1) należy przyjąć wartość  $21,2 \cdot 10^{-6}$  CGSM, co jest związane z występowaniem gabra (W. Heflik, K. Konior, 1971, 1974). Podobne zjawisko można zaobserwować w granitoidach Tatr polskich (fig. 1, tab. 2).

Gęstość i porowatość względna skał krystaliniku Polski południowej zmienia się w stosunkowo niewielkich granicach w zależności od składu mineralnego, tekstury oraz stopnia zwietrzenia skał. Mniejsze gęstości i większe porowatości obserwuje się w granitoidach odsłoniętych na powierzchni, natomiast w podobnych co do składu mineralnego granitoidach z otworów wiertniczych gęstość skał z reguły jest większa, a porowatość mniejsza (tab. 2). Przy interpretacji anomalii grawimetrycznych należy uwzględnić raczej średnie wartości parametrów wyliczone dla granitoidów z otworów wiertniczych z wyjątkiem części zwietrzałej nawierconego masywu. Zmiana porowatości skał stwierdzona w krystaliniku badanych regionów nie jest praktycznie istotna — skały te można uznać jako nieporowate.

Elektryczna oporność właściwa skał podłoża krystalicznego również jest większa dla skał z odsłoneń, gdzie objęte są one procesami wietrzeńcowymi, są spękane i zawierają częściowo przeobrażone minerały, mniejsza natomiast dla rdzeni wiertniczych niezwięzniętych (np. granodioryty Tatr, Kocikowej oraz granity Bielska i Kęt — tab. 2). Wpływ na wartość tego parametru ma też zawartość kwarcu oraz biotyту, muskowitu



Najważniejszą wspólną cechą fizyczną skał krystaliniku omawianych rejonów jest ich sprężystość — zbliżone wartości prędkości fali podłużnej oraz twardości akustycznej (iloczyn gęstości przestrzennej i prędkości fali podłużnej — tab. 2, fig. 5). Pod tym względem skały podłoża stanowią element praktycznie niezróżnicowany, wybitnie różniący się od nadległych skał osadowych o parametrach sprężystości w przybliżeniu od 1,5 do 2 razy niższych.

Charakterystyka właściwości fizycznych podłoża krystalicznego wskazuje, że dla większości badanych parametrów istotne jest, czy materiał do badań petrofizycznych pochodzi z naturalnych odsłoneń geologicznych, czy też z głębokich otworów wiertniczych, w których skały nie były poddane procesowi wietrzenia chemicznego i fizycznego. Przykłady wpływu wietrzenia na zmiany właściwości fizycznych niektórych minerałów z uwzględnieniem ich chemizmu zostały podane w pracy A. Jaworskiego (1972). Wyniki badań petrofizycznych wykazały, że tonality, granodioryty i granity wykazują mniejsze gęstości, większe porowatości, zmienne właściwości magnetyczne i w mniejszym stopniu elektryczne w porównaniu do badanych kompleksów skał metamorficznych o innym zestawie minerałów skałotwórczych i pobocznych. Badane skały magmowe i metamorficzne są jednorodne ze względu na parametry sprężystości, co ma zasadnicze znaczenie dla stosowania metod sejsmicznych do rozpoznania morfologii stropu krystaliniku.

## WNIOSKI

Wyniki badań petrofizycznych wykazały podobieństwo właściwości fizycznych zbadanych skał krystaliniku Polski południowej. Pewne różnice petrofizyczne o charakterze lokalnym można uzasadnić na podstawie zmienności zawartości kwarcu i biotyту, minerałów pobocznych oraz głównie, fizycznych i chemicznych zmian wietrzeniowych, jakim podległy skały krystaliczne odsłaniające się na powierzchni. W większości przypadków łupki krystaliczne mają nieco większą gęstość przestrzenną, mniejszą porowatość, mniejszą elektryczną oporność właściwą niż granitoidy. Właściwości magnetyczne tych dwóch typów skał są zróżnicowane, natomiast ze względu na parametry sprężystości krystalinik stanowi ośrodek jednorodny. Wykonane badania zdają się potwierdzać słuszność koncepcji W. Heflika i K. Koniora (1974) o związkach petrogenetycznych skał podłoża krystalicznego w odniesieniu do omawianego regionu Polski. Uśrednione wartości różnorodnych właściwości fizycznych krystaliniku mogą być użyte do interpretacji wyników badań prospekcyjnych wykonanych metodami geofizyki powierzchniowej. Osobnych badań wymaga ustalenie związków właściwości fizycznych skał, objętych procesami wietrzenia, i skał niezwięzniętych.

Właściwości fizyczne skał określane w warunkach normalnych na próbkach powietrzno-suchych bądź nasyconych roztworami o składzie różnym od medium nasycającego je w warunkach naturalnych (np. na znacznych głębokościach) odbiegają od właściwości fizycznych, jakie skały te mają *in situ*. W celu zbliżenia laboratoryjnych danych pomiarowych

do wartości mierzonych, np. przez wykonanie karotaży otworów wiertniczych czy badań sejsmicznych, prowadzi się pomiary właściwości fizycznych skał w warunkach quasinaturalnych, przy użyciu komory wysokich ciśnień i temperatur.

Badanie właściwości fizycznych podłoża krystalicznego Polski południowej winno być kontynuowane w miarę rozpoznania wiertniczego. Pomiary petrofizyczne dostarczają nie tylko danych parametrycznych, ale także stanowią dodatkowe kryterium określające cechy teksturalne skały często niemożliwe do rozpoznania makroskopowo, takie jak porowatość, zwięzłość, mikroszczelinowatość, a ponadto zawartość minerałów pobudliwych magnetycznie, szczególnie ferromagnetycznych.

Zakład Badań Geofizycznych PPG  
Warszawa, ul. Stalingradzka 34  
Nadesłano dnia 26 września 1976 r.

#### PIŚMIENNICTWO

- BOLEWSKI A., TURNAU-MORAWSKA M. (1963) — Petrografia. Wyd. Geol. Warszawa.
- BURCHART J. (1970) — Skały krystaliczne wyspy Goryczkowej w Tatrach. Stud. geol. pol., 32, p. 3—183. Warszawa.
- BURTAN J. (1962) — Wiercenie Rzeszotary 2 (Komunikat wstępny). Kwart. geol., 6, p. 245—259, nr 2. Warszawa.
- DZIUBIŃSKI J. (1974) — Metodyka i technika pomiarów elektrycznej oporności właściwej skał w warunkach laboratoryjnych. Arch. Inst. Geol. Warszawa.
- FULIŃSKI M., JAWORSKI A. (1973) — Instrukcja pomiarów prędkości fal podłużnych i poprzecznych przy użyciu petroskopu P-11 GI. Arch. PPG. Warszawa.
- GRZYWACZ J., NIEDZIÓŁKA T., SOCKO A. (1974) — Północno-wschodnie obrzeżenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Arch. Inst. Geol. Warszawa.
- HANCZKE T., JAWORSKI A., MIZERACKA K. (1976) — Wyniki kompleksowych badań petrofizycznych żyłowych i wylewnych skał magmowych oraz utworów podłoża krystalicznego Polski południowej. Arch. Inst. Geol. Warszawa.
- HEFLIK W., KONIOR K. (1970) — Granitoidy w poddewońskim podłożu obszaru Bielsko—Andrychów. Kwart. geol., 14, p. 283—289, nr 2. Warszawa.
- HEFLIK W., KONIOR K. (1971) — Pochodzenie i wiek utworów metamorficznych obszaru Cieszyn—Rzeszotary. Nafta, 27, p. 229—232, nr 7. Katowice.
- HEFLIK W., KONIOR K. (1972) — Utwory metamorficzne w otworze Dobczyce 1. Kwart. geol., 16, p. 546—555, nr 7. Warszawa.
- HEFLIK W., KONIOR K. (1974) — Związek utworów metamorficznych podłoża obszaru Cieszyn—Rzeszotary ze skałami krystalicznymi wyspy Goryczkowej Tatr. Kwart. geol., 18, p. 324—333, nr 2. Warszawa.
- JAWORSKI A. (1972) — Zastosowanie kompleksowych metod geofizycznych do poszukiwań i rozpoznawania masywów skał ultrazasadowych w Sudetach. Tech. Poszuk., 11, p. 13—24, nr 39. Warszawa.
- JAWORSKI A. (1974) — Petrofizyka — nowy kierunek badań w reSORCIE Centralnego Urzędu Geologii. Prz. geol., 22, p. 357—365, nr 8. Warszawa.

- JAWORSKI A., OLSZEWSKA I., ROMAN J., SOŁTYK W. (1974) — Opracowanie aparatury i metodyki pomiaru naturalnej promieniotwórczości gamma próbek skał w warunkach laboratoryjnych w zastosowaniu do badań właściwości fizycznych podłoża krystalicznego Polski południowej. Arch. Inst. Geol. Warszawa.
- JAWORSKI A. (1975a) — Analiza korelacyjna w petrofizyce. Tech. Poszuk., 14, p. 3—7, nr 4. Warszawa.
- JAWORSKI A. (1975b) — Nowsze dane o właściwościach fizycznych minerałów skałotwórczych i pierwiastków śladowych w nich występujących. Tech. Poszuk., 14, p. 11—16, nr 3. Warszawa.
- JAWORSKI A. (1976) — Graficzne metody interpretacji wyników badań petrofizycznych przy użyciu maszyn matematycznych. Tech. Poszuk., 15, p. 1—6, nr 5. Warszawa.
- KONIOR K. (1974) — Budowa geologiczna „wypiętrzenia Rzeszotar” w świetle najnowszych danych wiertniczych i geofizycznych. Roczn. Pol. Tow. Geol., 44, p. 321—375, z. 2—3. Kraków.
- MIZERACKA K. (1972) — Opracowanie metodyki i techniki badań stabilności naturalnej pozostałości magnetycznej próbek skał. Arch. Inst. Geol. Warszawa.
- STOLARSKI T. (1973) — Instrukcja pomiarów gęstości i porowatości skał Arch. PPG. Warszawa.

Андрей ЯВОРСКИ

## КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ФУНДАМЕНТ ТАТР И ПОРОДЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ЮГА ПОЛЬШИ В СВЕТЕ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### Резюме

В статье представлены результаты лабораторного изучения физических свойств кристаллических пород южной части Польши, залегающих в Татрах и пробуренных скважинами (фиг. 1, 2). Результаты исследований представлены на таб. 1—4 и фиг. 3, 4, 5. Установлено, что образцы магматических и метаморфических пород, отобранные в разных местах близки по своим физическим свойствам, которые подтверждают петрогенетическое сходство пород, составляющих кристаллический фундамент (В. Хефлик, К. Конёр, 1971, 1974). Как правило тоналиты, гранодиориты и граниты отличаются от метаморфических сланцев несколько меньшей объёмной плотностью, большей относительной пористостью и удельным омическим сопротивлением. Параметры упругости (скорость продольной волны и акустическая жёсткость) для всех изученных пород имеют приблизительно одинаковое значение. Дифференцированные магнитные свойства кристаллических пород обусловлены изменчивостью содержания в изученных породах магнитно-возбудимых минералов (магнетита, пирита и др.), а не их главных компонентов. Определено, что удельное омическое сопротивление исследованных пород возрастает по мере увеличения количества кварца и слюды, а также развития процессов физического выветривания (трещиноватость). Установлено, что породы

из обнажений в Татрах несколько отличаются от пород такого же типа, отобранных из скважин (таб. 8), по своим физическим свойствам, что связано с влиянием процессов выветривания на сохранность пород. Кристаллические породы юга Польши обладают параметрами упругости в среднем 1,5—2 раза большими, чем породы вышележащего осадочного покрова.

---

Andrzej JAWORSKI

**THE TATRA CRYSTALLINE MASSIF AND CRYSTALLINE BASEMENT ROCKS  
FROM THE SOUTHERN POLAND IN THE LIGHT OF PETROPHYSICAL  
STUDIES**

**Summary**

The paper presents the results of laboratory studies on physical properties of crystalline rocks cropping out in the Tatra Mts and pierced by boreholes in southern Poland. The results of the studies (Tabs. 1—4 and Figs. 3—5) have shown that the samples of igneous and metamorphic rocks derived from different parts of the area are characterized by generally similar values of physical parameters which confirms petrogenetic similarity of rocks forming the crystalline basement (W. Heflik, K. Konior, 1971, 1974). Tonalites, granodiorites and granites are as a rule characterized by lower volume weight and higher relative porosity and specific electric resistivity than metamorphic schists. Elasticity parameters (velocity of longitudinal wave and acoustic hardness) values are similar for all the rocks studied. Differentiation in magnetic properties of the crystalline rocks may be explained in terms of differences in content of magnetically excitable minerals such as magnetite and pyrrhotine and not of main rock components. It was shown that the specific electric resistivity of rocks increases along with increase in content of quartz and micas and advancement of processes of physical weathering (fissuricity). Rocks derived from the Tatra Mts somewhat differ from rocks of the same type derived from boreholes (Tab. 2) which results from differences in influence of weathering processes on their preservation. Crystalline rocks of southern Poland are characterized by elasticity parameters 1.5 to 2 times higher than the rocks of overlying sedimentary cover.