

Cyrkon jako wskaźnik genezy łupków z Czarnowa we wschodniej okrywie granitu Karkonoszy

Mentor Murtezi*, Ryszard Kryza**

Zircon as petrogenetic indicator in the Czarnów schists, East Karkonosze Complex, SW Poland. Pr. Geol., 49: 815–819.

S u m m a r y. The quartzo-feldspathic rocks (so-called "leptynites") and mica schists of the Czarnów unit in the eastern Karkonosze Complex (West Sudetes) exhibit problematic origin and age. They may represent felsic metavolcanics and metasediments of Neoproterozoic (?) age, and form apparently the country rocks of the Kowary orthogneiss that intruded at ca. 500 Ma ago. To highlight the problematic origin of the Czarnów schists, zircons from a set of representative samples of these rocks were studied. This study included description of morphological features, Pupin's typological classification and electron-microprobe analyses. Zircon concentrates from 5 different rock samples were first studied using a typology method. Three samples come from fine-grained quartzo-feldspathic schists from the northern part of the Czarnów unit, whereas two samples from coarser-grained and darker mica schists in the southern part of the area. All the studied samples reveal zircon populations with many similarities in morphology. However, considerable differences are ascertained in typological analysis: samples from the quartzo-feldspathic schists have types with dominating {100} prism and {101} pyramide (types S24, S23, S19 and S18), whereas in those from the mica schists forms {110} and {211} prevail. This typological variation corresponds to differences observed in chemical characteristics of the zircons: the studied grains from the mica schists display higher Hf contents, usually with rims richer in Hf. The observed large proportion of idiomorphic crystals and a general lack of "apparent extinction angle" in all samples suggest their igneous origin. The quartzo-feldspathic schists of the northern area most probably represent acid volcanogenic rocks, whereas the mica schists in the southern part contain zircons typical of S-type granitoids or sedimentary material derived from such igneous protoliths.

Key words: zircon morphology, zircon chemistry, microprobe analysis, eastern metamorphic envelope of the Karkonosze granite, Sudetes

Skały „formacji łupków z Czarnowa” (Teisseyre, 1973, zwanej w dalszej części tej pracy jednostką Czarnowa), wchodzące w skład wschodniej okrywy granitu Karkonoszy (ryc. 1), należą do sekwencji skalnej stanowiącej osłonę gnejsów kowarskich (Aleksandrowski i in., 2000; Kryza & Mazur, 1995). Intruzja granitoidów będących protolitem tych gnejsów miała miejsce ok. 500 mln lat temu (Oliver i in., 1993). Zespół skalny stanowiący osłonę intruzji miał prawdopodobnie charakter osadowo-wulkaniczny. Jak dotąd nie jest znany wiek tych skał oraz nie wiadomo czy były one zmetamorfizowane przed intruzją granitoidów. Obecnie jednostka Czarnowa jest zespołem skalnym złożonym głównie z łupków łuszczycowych z wkładkami łupków kwarcowo-skaleniovych oraz metabazytów smużystych.

Łupki kwarcowo-skaleniove (tzw. leptynity, Teisseyre, 1973) oraz łupki łuszczycowe z jednostki Czarnowa mogą reprezentować odpowiednio skały metawulkaniczne i metaosadowe wieku neoproterozoicznego (?) (Aleksandrowski i in., 2000; Kryza & Mazur, 1995). Analiza cyrkonów z powyższych skał została przeprowadzona w celu zdobycia nowych danych na temat pochodzenia skał wyjściowych oraz uzyskania informacji o zróżnicowaniu populacji cyrkonów, potencjalnie ważnych m.in. przy próbach oznaczania wieku izotopowego.

Opróbowanie, preparatyka i metodyka badań

Wszystkie próbki zostały pobrane w pasie wychodni skał należących do jednostki Czarnowa, od Janowic Wielkich na północy, po okolice przełęczy Okraj na południowym zachodzie (ryc. 2). W toku prac terenowych pobrano jedenaście próbek. Po przeprowadzeniu analizy petrogra-

ficznej pięć z nich zostało zakwalifikowanych do dalszych badań: trzy próbki łupków kwarcowo-skaleniovych z części północnej (Js4, M1, Wi) oraz dwie z łupków łuszczycowych, pochodzące z południowej części terenu (Cz2 i OE).

Z pięciu wybranych próbek skalnych otrzymano, na drodze standardowej procedury kruszenia, przesiewania oraz separacji magnetycznej, koncentraty minerałów ciężkich. Ręcznie wybrane cyrkonny zostały umieszczone w glicerynie w celu przeprowadzenia analizy typologicznej. Na kolejnym etapie (po zbadaniu typologii) wykonano preparaty mikrosondowe zawierające wybrane cyrkonny z czterech próbek (M1, Wi, Cz2 i OE). Ziarna zostały zatopione w żywicy epoksydowej, zeszlifowane i wypolerowane. Analizę zawartości SiO₂, ZrO₂, HfO₂, La₂O₃, Ce₂O₃ przeprowadzono przy użyciu mikrosondy Cambridge M9 w Zakładzie Mineralogii i Petrologii Uniwersytetu Wrocławskiego. Warunki analityczne: dwa spektrometry WDS, 15 kV, 50 nA, 15s, ZAF. Jako wzorzec Si, Zr i Hf zastosowano naturalny cyrkon (pozycja pików Hf mierzona na HfO₂), wzorcami La i Ce były syntetyczne fosforany. Zawartość La i Ce była zbliżona do limitu detekcji mikrosondy, dlatego też pierwiastki te nie były brane pod uwagę podczas analizy wyników.

Morfologia i analiza typologiczna cyrkonów

Przebadanych zostało po 200 cyrkonów z każdej z pięciu próbek. Badania obejmowały opis cech fizycznych cyrkonów oraz analizę typologiczną metodą Pupina (1980). Typologiczna klasyfikacja oparta jest na wydzieleniu różnych typów oraz podtypów cyrkonów na podstawie stosunków wielkości ścian słupów i piramid występujących w kryształach. Pupin i Turco (1972) stwierdzili zależność między temperaturą a rozwojem słupów, oraz między chemizmem środowiska a rozwojem ścian piramid. Na diagramie klasyfikacji typologicznej temperaturę powstania kryształu określa indeks T, chemizm zaś środowiska krystaliza-

*Instytut Nauk Geologicznych, Polska Akademia Nauk, ul. Podwale 75, 50-449 Wrocław

**Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski, ul. Cybulskiego 30, 50-205 Wrocław

cji — indeks A, kontrolowany w szczególności przez stosunek Al do sumy alkaliów.

Populacje cyrkonów z badanych skał wykazują znaczne podobieństwo pod względem cech morfologicznych (tab. 1). We wszystkich próbkach dominują kryształy normalnopryzmatyczne, bezbarwne, o euhedralnej formie. Niewielka ilość kryształów zawiera, przeważnie zaokrąglone lub subhedralne jądra, pospolite są natomiast różnego rodzaju inkluzje. Stopień izotropizacji badanych cyrkonów jest niski. Nie wykazują one, poza nielicznymi wyjątkami, tzw. pozornego ukośnego kąta wygaszania. Długość kryształów we wszystkich próbkach waha się w granicach od ok. 10 do 30 μm szerokość zaś pozostaje w granicach od 7 do 15 μm . Pomimo powyższych podobieństw, pewne cechy morfologiczne odróżniają cyrkonny łupków kwarcowo-skaleniwych od cyrkonów pochodzących z łupków łyszczykowych. Dla tych ostatnich charakterystyczna jest obecność cyrkonów nieprzezroczystych i dość duża liczba kryształów słabo przezroczystych, większy jest także udział kryształów zonalnych. Najbogatsza w tego typu cyrkonów jest próbka OE, pobrana w okolicy przełęczy Okraj, na południu terenu badań. Ponadto cyrkonny z łupków łyszczykowych cechuje nieco częstsza obecność jąder — przeważnie sub- lub anhedralnych.

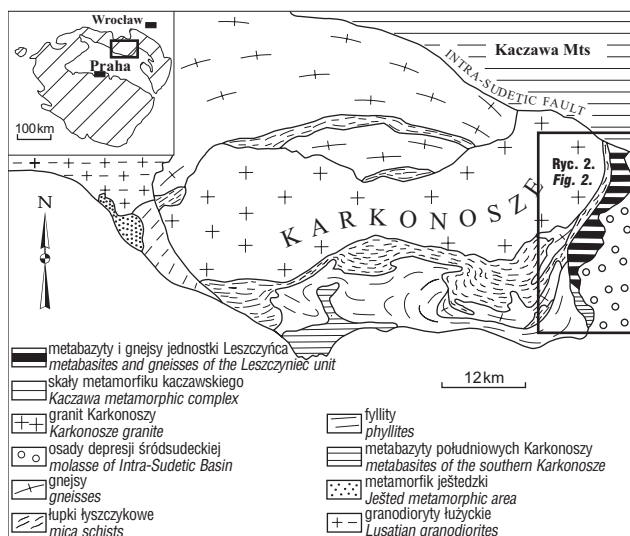
Różnice w populacjach cyrkonów z analizowanych skał uwidaczniają się również w typologii (ryc. 3). W cyrkonach z łupków kwarcowo-skaleniwych dominuje słupek {100} oraz piramida {101}. Najbardziej rozpowszechnionymi typami są: S24, S23, S19 i S18. Cyrkonny z próbek Wi oraz M1 mają bardzo podobny rozkład z wyraźnym maksimum w typie S24. W kryształach z próby M1 jest widoczny nieznacznie większy udział piramidy {211} w stosunku do przeważającej piramidy {101}. Łupek kwarcowo-skaleniowy Js4 ma nieco bardziej zróżnicowaną typologiczną populację cyrkonów. Mimo, że również w tej próbce, podobnie jak w dwóch poprzednich, dominuje słupek {100}, to cechuje ją znacznie większy udział cyrkonów z wyraźnie wykształconą piramidą {211}.

W odróżnieniu od łupków kwarcowo-skaleniwych, łupki łyszczykowe mają cyrkonny z dominującym słupek {110} i piramidą {211}. Najbardziej charakterystyczne dla

tych skał są typy S12, S7, S2 oraz S18 (ryc. 3). Pod względem typologicznym, w największym kontraście do cyrkonów z łupków kwarcowo-skaleniwych pozostają cyrkonny z próby OE. Ich centrum rozkładu typologicznego znajduje się w górnej części diagramu klasyfikacyjnego. Dominującym jest typ S7, często reprezentowane są również typy S2 i S12. Widać więc wyraźną przewagę typów, w których dominuje słupek {110} i piramida {211}. Pomimo, że próbkę tę cechuje znaczny rozrzut typów kryształów: od typu G — słupek {110} i piramida {101}, po typ S21 z dominacją słupek {100} i piramidy {211}, to w rozkładzie typologicznym jest widoczne tylko jedno maksimum, co świadczy o obecności w tej skale jednej generacji cyrkonów. Łupek łyszczykowy z okolic Czarnowa (Cz2) zawiera cyrkonny o mniejszej zmienności typologicznej. Dominującymi typami są tu S18 i S12. Widoczny jest również nieco większy udział piramidy {101}, niż w przypadku cyrkonów z próby OE, który jest jednak znacznie niższy, niż w cyrkonach z łupków kwarcowo-skaleniwych.

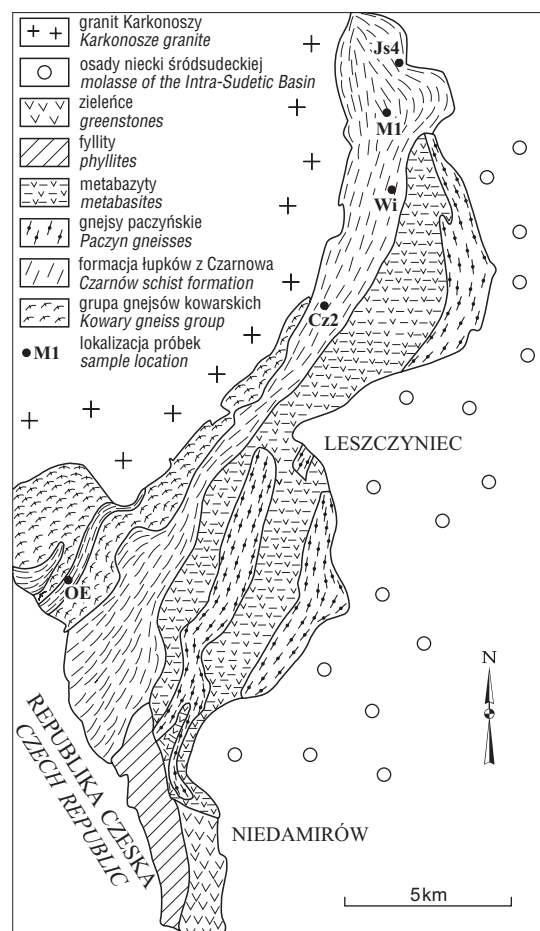
Analiza chemiczna cyrkonów

Analiza mikrosondowa cyrkonów miała na celu zobrazowanie różnic pomiędzy populacjami pochodzącymi z łupków kwarcowo-skaleniwych i łupków łyszczykowych jak i próbę uchwycenia zmienności chemizmu cyrkonów w obrębie pojedynczego kryształu. Pomimo, że zakres



Ryc. 1. Blok karkonosko-izerski i jego położenie w Masywie Czeskim. Obszar badań jest zaznaczony ramką

Fig. 1. Karkonosze-Izera Block and its location within the Bohemian Massif. The study area is outlined



Ryc. 2. Szkic geologiczny wschodniej okrywy granitu Karkonoszy (wg Kryzy & Mazura, 1995) z zaznaczoną lokalizacją próbek

Fig. 2. Geological sketch of the eastern envelope of the Karkonosze granite (based on Kryza & Mazur, 1995) with marked sample locations

Tab. 1. Zestawienie morfologicznych cech cyrkonów z badanych próbek

Table 1. Morphological features of zircons from studied samples

			% udziału w próbce:				
			Js4	M1	Wi	Cz2	OE
cechy zewnętrzne kryształów	wykształcenie	euhedralne	64,5	82	78	49	76,5
		subhedralne	30,5	15	20,5	44	16,5
		zaokrąglone	5	3	1,5	11	7
	elongacja	długość/szerokość >3	2	2	1,5	4,5	8
		długość/szerokość = 2-3	33,5	62,5	39,5	44	39
		długość/szerokość < 2	22,5	21,5	17	26	19
		złamane	44	35,5	42	25,5	34
cechy wewnętrzne kryształów	przezroczystość	przezroczyste	88	89,5	85,5	75	79
		slaboprzezroczyste	12	10,5	14,5	15	17
		nieprzezroczyste	0	0	0	10	4
	jądra	euhedralne	1,5	3,5	2,5	1,5	5
		subhedralne	9,5	4	5	7	4,5
		zaokrąglone	7	10,5	2,5	13	4,5
	stopień izotropizacji	mocno zizotrop.	4,5	8,5	3,5	13,5	4
		slabo zizotrop.	9	5	5	5	6
	inkluzyje		82	82,5	85,5	80	67,5
	budowa zonalna		6	10	5,5	14	22,5
	kąt wygaszania		0	0	1,5	1,5	3

dokładności pomiarów mikrosondy elektronowej nie pozwala na analizę zawartości pierwiastków śladowych (mierzona w cyrkonach zawartość La i Ce była zbliżona do limitu detekcji) możliwe było zmierzenie ilości Hf, a co za tym idzie zmian w stosunku Zr/Hf w obrębie pojedynczych ziaren oraz pomiędzy populacjami pochodzącymi z różnorodnych próbek. W celu zobrazowania zmienności geochemicznej badanych skał wykonano 83 analizy punktowe zawartości Si, Zr i Hf w obrębie 29 reprezentatywnych kryształów (kryształy najczęściej występującego typu w danej próbce, wybrane na podstawie typologii) oraz prze-

prowadzono analizy profilowe zmian stosunku Zr/Hf wewnątrz 14 kryształów. Analizy punktowe w obrębie jednego cyrkonu przeprowadzono dla trzech punktów: w centrum, „płaszczy” (stanowiącym zasadniczą część kryształu, pomiędzy centrum a brzegiem) oraz na brzegu kryształu. Analizy Zr i Hf na profilach wykonane zostały w odstępach 1 µm. Wyniki analiz profilowych były przeliczone przy użyciu ruchomej średniej wewnętrznej, liczonej dla danych z każdego punktu na podstawie wielkości otrzymanych z punktów sąsiednich. Pozwoliło to uzyskać bardziej równomierny rozkład danych i zmniejszył zniekształcający wpływ analiz z punktów położonych w pobliżu pęknięć i nierówności na powierzchni kryształów. Wyniki tych analiz ukazują zmienność pomiędzy poszczególnymi próbkami, jak również podkreślają różnice pomiędzy chemizmem cyrkonów z łupków kwarcowo-skalieniowych i z łupków łuszczkowych.

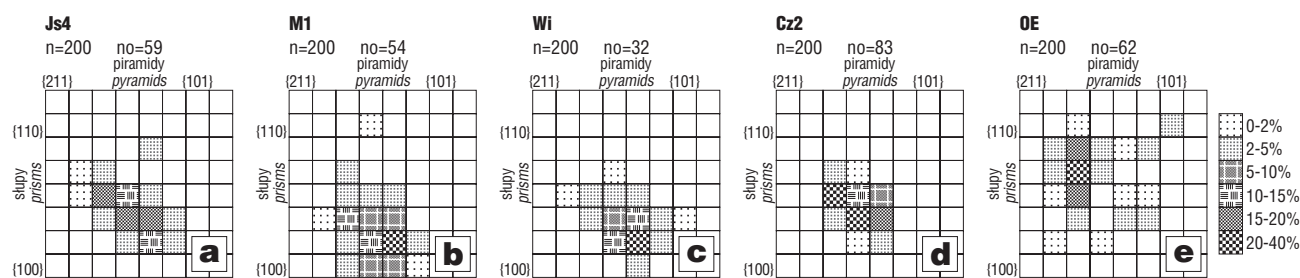
Tab. 2. Analizy cyrkonów z łupku kwarcowo-skalieniowego Wi

Table 2. Microprobe analyses of zircons from quartzo-feldspathic schist Wi

Ziarno	Lokalizacja punktu	Zawartość [%]			
		SiO ₂	ZrO ₂	HfO ₂	suma
BA	środek	63,78	32,74	1,02	97,54
	płaszczy	64,51	33,16	1,12	98,79
	brzeg	64,28	32,87	0,84	97,99
BB	środek	64,70	33,04	1,11	98,85
	płaszczy	65,19	33,03	1,09	99,31
	brzeg	64,44	32,91	1,47	98,82
BD	środek	64,46	32,99	0,84	98,29
	płaszczy	64,39	32,87	1,27	98,53
	brzeg	65,40	32,93	0,87	99,20
BE	środek	63,92	32,50	1,66	98,08
	płaszczy	63,55	32,57	1,59	97,51
	brzeg	63,38	32,32	1,43	97,13
Średnio	środek	64,22	32,82	1,16	98,19
	płaszczy	64,41	32,91	1,27	98,54
	brzeg	64,38	32,76	1,15	98,29
	ogółem	64,33	32,83	1,19	98,34

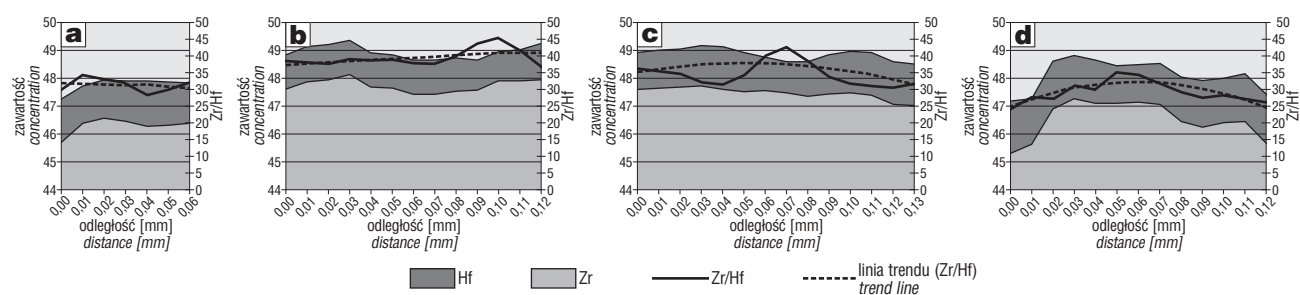
Łupki kwarcowo-skalieniowe (tab. 2) przeważnie zawierają cyrkonie o nieco niższej zawartości HfO₂ w stosunku do cyrkonów łupków łuszczkowych (tab. 3). Cechuje je również bardziej równomierny rozkład stosunku Zr/Hf, zobrazowany na wybranych, reprezentatywnych dla każdej próbki profilach (ryc. 4). Łupek Wi zawiera cyrkonie o najniższej zawartości Hf wśród wszystkich badanych skał. Kolejny z łupków kwarcowo-skalieniowych — M1, pod względem średniej zawartości Hf w swych cyrkonach jest bardziej zbliżony do łupków łuszczkowych, jednak w odróżnieniu od tych ostatnich wykazuje odwrotną tendencję w wielkości podstawienia Zr przez Hf, które jest większe w środku kryształu niż na brzegach. Podobna sytuacja, widoczna na profilu z ryc. 4, charakteryzuje łupek Wi. Analizy punktowe oraz profile nie wykazują jednak ujednoliconego trendu w rozmieszczeniu obszarów o podwyższonej zawartości Hf w cyrkonach z tych skał.

Populacje cyrkonów z łupków łuszczkowych charakteryzuje podwyższona, w stosunku do cyrkonów z łupków kwarcowo-skalieniowych, zawartość Hf, która jest najwyż-



Ryc. 3. Rozkład typologiczny populacji cyrkonów z: a, b, c — łupków kwarcowo-skaleniowych, d, e — łupków łyszczykowych; n — liczba analizowanych kryształów; no — liczba kryształów nieoznaczonych

Fig. 3. Typologic frequency distribution diagrams of zircon population from: a, b, c — quartzo-feldspathic schists, d, e — mica schists; n — number of analysed zircons; no — number of zircons not classified



Ryc. 4. Profilowe analizy stosunku Zr/Hf dla reprezentatywnych cyrkonów z analizowanych skał; odległość podana wzdłuż osi Z kryształów; a — łupek kwarcowo-skaleniowy M1, b — łupek kwarcowo-skaleniowy Wi, c — łupek łyszczykowy Cz2, d — łupek łyszczykowy OE

Fig. 4. Profile analyses of Zr/Hf ratios across representative zircon crystals from studied rocks; distance along C axis of crystals; a — quartzo-feldspathic schist M1, b — quartzo-feldspathic schist Wi, c — mica schist Cz2, d — mica schist OE

Tab. 3. Analizy cyrkonów z łupku łyszczykowego OE
Table 3. Microprobe analyses of zircons from mica schist OE

Ziarno	Lokalizacja punktu	Zawartość [%]			
		SiO ₂	ZrO ₂	HfO ₂	suma
EA	środek	64,87	32,81	1,17	98,85
	płaszcza	64,29	32,37	1,48	98,14
	brzeg	63,62	32,47	1,22	97,31
EB	środek	63,94	32,55	1,35	97,84
	płaszcza	63,65	32,23	1,17	97,05
EC	środek	65,33	32,94	1,84	100,11
	płaszcza	64,23	32,98	1,75	98,96
	brzeg	64,21	32,74	1,49	98,44
EE	środek	63,55	32,63	1,30	97,48
	płaszcza	62,76	32,43	1,90	97,09
	brzeg	64,66	32,77	1,26	98,69
EG	środek	65,08	32,95	1,43	99,46
	płaszcza	64,05	32,94	1,45	98,44
	brzeg	64,10	32,75	1,70	98,55
EH	środek	64,37	32,95	1,18	98,50
	płaszcza	64,05	32,31	1,51	97,87
	brzeg	62,80	31,87	1,77	96,44
EJ	środek	64,91	33,23	0,98	99,12
	płaszcza	65,20	33,15	1,43	99,78
	brzeg	63,50	32,84	1,42	97,76
Średnio	środek	64,58	32,87	1,32	98,77
	płaszcza	64,03	32,63	1,53	98,19
	brzeg	63,82	32,57	1,48	97,87
	ogółem	64,16	32,70	1,44	98,29

sza w kryształach z próbki OE. Widoczna jest również pewna prawidłowość w przestrzennym rozmieszczeniu obszarów o niższym stosunku Zr/Hf w cyrkonach z tych skał. Najbogatsze w Hf są przeważnie brzożki kryształów, zawartość tego pierwiastka spada w kierunku ich środka. Niektóre kryształy cechuje niewielkie podwyższenie zawartości Hf w obrębie „płaszcza”, jednak ogólna tendencja spadkowa w kierunku centrum jest w nich zachowana.

Dyskusja

Zdecydowana przewaga kryształów euhedralnych oraz generalny brak pozornego, ukośnego kąta wygaszania w cyrkonach z wszystkich badanych skał wskazuje na ich magmowe źródło. Wyniki analizy typologicznej w połączeniu z analizą mikrosondową świadczą jednak o odmiennym charakterze populacji cyrkonów z łupków kwarcowo-skaleniowych i łupków łyszczykowych jednostki Czarnowa. Dominujące typy morfologiczne cyrkonów z łupków kwarcowo-skaleniowych wykazują przewagę słupa {100} i piramidy {101}, pasując się na diagramie Pupina w obszarze charakterystycznym dla skał wulkanicznych, takich jak ryolity alkaliczne lub trachity (Pupin, 1980). Słabszy rozwój form charakterystycznych dla niższych indeksów T oraz A (odpowiednio: słup {110} i piramida {211}) w tego typu skałach wylewnych może być wytłumaczony przez przerwanie krystalizacji cyrkonów na pewnym, wyżejtemperaturowym etapie, będące konsekwencją szybkiego chłodzenia (Pupin, 1980). Rozkład dominujących typów cyrkonów z łupków łyszczykowych odpowiada skałom głębinowym o chemizmie granitoidowym, takim jak monzogranity lub granodiority (Pupin, 1980). Większy stopień izotropizacji oraz większy

udział kryształów zonalnych wśród cyrkonów z łupków łyszczykowych również świadczy na korzyść tezy o ich granitoidowym protolicie. Zjawisko koncentrycznej euhedralnej zonalności jest bardzo pospolite w cyrkonach ze skał granitoidowych. Jest ono spowodowane zmianą zawartości w stopie pierwiastków śladowych (głównie Hf, U, Y oraz P), które gromadzą się w strefach wzrostu kryształów. Wyższa zawartość Hf w cyrkonach łupków łyszczykowych oraz wzbogacenie w ten pierwiastek brzeżnych partii kryształów jest prawdopodobnie konsekwencją wzbogacenia stopu granitowego w Hf podczas frakcjonalnej krystalizacji (Benisek & Finger, 1993).

Wnioski

Na podstawie analizy cyrkonów można stwierdzić obecność skał pochodzenia wulkanogenicznego wśród sekwencji skalnej jednostki Czarnowa. Charakter populacji cyrkonów z łupków kwarcowo-skalieniowych, odpowiadający skałom wulkanicznym, w znacznym stopniu różni się od cyrkonów łupków łyszczykowych. Na tej podstawie obserwowane w obrębie łupków łyszczykowych wkładki łupków kwarcowo-skalieniowych mogą zostać uznane za produkty przeobrażenia kwaśnego materiału pochodzenia wulkanicznego. Cyrkony z łupków łyszczykowych wskazują na prawdopodobnie granitoidowy protolit tych skał. Mogły one również powstać z osadu będącego produktem

wietrzenia skał magmowych o składzie granitoidowym. W tym przypadku transport cyrkonów musiał być dość krótki, na co wskazuje zachowanie form euhedralnych i brak pozornego, ukośnego kąta wygaszania w obserwowanych kryształach.

Badania były finansowane częściowo z funduszy „grantów własnych” Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego na 2000 rok.

Literatura

- ALEKSANDROWSKI P., KRYZA R., MAZUR S., PIN C. & ZALASIEWICZ J.A. 2000 — The Polish Sudetes: Caledonian or Variscan? *Trans. Royal. Soc. Edinburgh: Earth Sc.*, 90: 127–146.
- BENISEK A. & FINGER S. 1993 — Factors controlling the development of prism faces in granite zircons: a microprobe study. *Contr. Miner. Petrol.*, 114: 441–451.
- KRYZA R. & MAZUR S. 1995 — The Leszczyniec meta-igneous complex in the eastern part of the Karkonosze-Izera Block, Western Sudetes: trace element and Nd isotope study. *N. Jb. Miner. Abh.*, 170/1: 59–74.
- OLIVER G. J. H., CORFU F. & KROGH T.E. 1993 — U-Pb ages from SW Poland: evidence for a Caledonian suture zone between Baltica and Gondwana. *Jour. Geol. Soc. London*, 150: 355–369.
- PUPIN J. P. 1980 — Zircon and Granite Petrology. *Contr. Miner. Petrol.*, 73: 207–220.
- PUPIN J. P. & TURCO. G. 1972 — Une typologie originale du zircon accessoire, *Bull. Soc. Fr. Miner. Cristallogr.*, 95: 348–359.
- TEISSEYRE J. 1973 — Metamorphic rocks of the Rudawy Janowickie and Lasocki Range. *Geol. Sudet.*, 8: 7–120.