

UKD 556.314 + 550.845:553.4(438 – 14:234.572)

Marek MICHNIEWICZ

## Z badań hydrogeochemicznych wschodniej osłony granitu Karkonoszy

Prace hydrogeochemiczne przeprowadzone we wschodniej osłonie Karkonoszy zapoczątkowały regionalne badania chemizmu wód podziemnych regionu sudeckiego. Pozwoliły one na regionalną charakterystykę hydrogeochemiczną omawianej jednostki, wypracowanie wzorca dla dalszych tego typu badań w Sudetach oraz wskazanie stref perspektywicznych w aspekcie złożowym. Całokształt przeprowadzonych prac ukazał zalety metody hydrogeochemicznej, którą obok wykorzystania w regionalnych badaniach hydrogeochemicznych – w szczególności w Sudetach – należy uznać za godną polecenia w pracach poszukiwawczo-złożowych.

### WSTĘP

Dotychczasowa znajomość chemizmu wód podziemnych regionu sudeckiego miała charakter lokalny lub punktowy i w głównej mierze dotyczyła wód mineralnych. Stanowiło to podstawę dla rozpoczęcia systematycznych regionalnych badań hydrogeochemicznych wód zwykłych, przy czym w pierwszych etapach – wód formacji krystalicznych Sudetów.

Regionalne badania hydrogeochemiczne krystaliniku sudeckiego wymagały obrania optymalnej metodyki i sposobu realizowania prospekcji, stąd też w pierwszym etapie wybór padł na wschodnią osłonę Karkonoszy\* w Sudetach Zachodnich (fig. 1). Jednostka ta, ze względu na znaczne zróżnicowanie litologiczne oraz obecność przejawów polimetalicznej mineralizacji siarczkowej, przy stosunkowo niewielkiej powierzchni (około 110 km<sup>2</sup>), ma korzystne warunki dla weryfikacji stosowanej metodyki i zakresu badań. Wspomniana weryfikacja umożliwiła wypracowanie jednolitego, a zarazem elastycznego wzorca badawczego dla całego krystaliniku sudeckiego, w przyszłości zaś ułatwi również wzajemne porównywanie i korelowanie wyników w skali regionalnej.

Wyniki przeprowadzonych prac pozwoliły na:

- charakterystykę regionalną chemizmu wód podziemnych wschodniej osłony Karkonoszy w aspekcie obszarowym i genetycznym;
- ustalenie i sprawdzenie wzorca metodycznego dla dalszych badań hydro-

\* Formę skróconą osłona Karkonoszy należy rozumieć jako osłona granitu Karkonoszy.



Fig. 1. Wschodnia osłona Karkonoszy (pole zakreskowane) na tle sąsiednich jednostek geologicznych Sudetów Zachodnich

Eastern cover of the Karkonosze Mts (hachured field) at the background of neighbouring units in the western Sudety Mts

- 1 – granit Karkonoszy; 2 – metamorfik kaczawski; 3 – niecka śródsudecka  
 1 – Karkonosze granite; 2 – Kaczawa metamorphic unit;  
 3 – Intra-Sudetic depression

geochemicznych krystaliniku sudeckiego;

– wytypowanie ewentualnych rejonów perspektywicznych dla dalszych poszukiwań o charakterze złóżowym.

W pracach terenowych współpracował ze mną mgr A. Wojtkowiak z Pracowni Hydrogeologii Oddziału Dolnośląskiego IG, któremu składam serdeczne podziękowanie za okazaną pomoc.

## ZARYS WARUNKÓW GEOLOGICZNO-HYDROGEOLOGICZNYCH WSCHODNIEJ OSŁONY GRANITU KARKONOSZY I ICH ZNACZENIE DLA CHEMIZMU WÓD PODZIEMNYCH

Brak bezpośrednich reperów paleontologicznych z obszaru wschodniej osłony Karkonoszy czyni spornym zagadnienie wieku zarówno serii skalnych tworzą-

Tabela 1

Główne ogniwa litologiczne wschodnich Karkonoszy  
 na tle podstawowych elementów strukturalnych tej jednostki (według J. Teisseyre'a 1973)

Seria kowarska	Gnejsy (oczkowe, warstewkowo-oczkowe, skaleniowe, granitognejsy), łupki łyszczykowe*, amfibolity, wapień, skały wapienno-krzemianowe	Skały związane z waryscyjską intruzją granitu Karkonoszy i późniejszymi etapami działalności hydrotermalnej: aplity, mikrogranity, pegmatyty, grejzeny, pikryty uralitytowe i żyły kwarcowo-barytowe
Seria Niedamirowa	Fyllity*, łupki łyszczykowe*, łupki kwarcowo-łyszczykowe*, łupki kwarcowo-dwułyszczykowe*, skały zieleńcowo-amfibolitowe, wapień, skały wapienno-krzemianowe	
Seria — Leszczyńca	Amfibolity (epidotowo-hornblendowe, aktynolitowe, kwarcowe), gnejsy (hornblendowe, droбноoczkowe), łupki chlorytowe, łupki chlorytowo-kalcytowe, łupki kwarcowe, łupki serycytowo-chlorytowe (pirytonośne), wapień	
Jednostka Przybkowic	Fyllity, zieleńce, wapień	

\* Na kontakcie z waryscyjską intruzją granitu Karkonoszy zmienione termicznie w hornfelsy.

cych tę jednostkę, jak i głównej deformacji tektonicznej. Według J. Oberca (1972) w jednym i w drugim przypadku chodzi o prekambry. Według J. Szałamachy i M. Szałamachy (1967), a także J. Teisseyre'a (1973) do prekambry zaliczyć można jedynie część struktury wschodniokarkonoskiej, natomiast w świetle najnowszych odkryć paleontologicznych z innych rejonów Sudetów być może cała omawiana jednostka reprezentuje tektogen starowaryscyjski.

Inwentarz litologiczny wschodnich Karkonoszy jest niezwykle bogaty, a jego główne ogniwa prezentuje tab. 1. Tabela ta nawiązuje do podstawowych elementów strukturalnych badanej jednostki, wydzielonych przez J. Szałamachę i M. Szałamachę (1967) i przedstawionych na fig. 2.

Z górnokarbońską intruzją granitu Karkonoszy oraz późniejszymi ruchami kimeryjskimi, a zwłaszcza laramijskimi, wiąże się etap tworzenia aktualnego obrazu tektoniki wschodnich Karkonoszy, w którym to obrazie, obok stromo ustawionej fleksury i form genetycznie z nią związanych, dominują deformacje dysjunktywne, głównie o kierunkach NW-SE i WNW-ESE (por. fig. 2). W tym miejscu należy podkreślić istotną rolę uskoków dla zagadnienia cyrkulacji wód podziemnych i ich chemizmu.

Okruszcowanie na badanym obszarze koncentruje się w czterech głównych rejonach: Miedzianki, Wieściszowic, Czarnowa i Kowar. Poglądy na genezę wymienionych złóż są zróżnicowane, panuje jednak zdanie, że mineralizację magneytową okolic Kowar (K. Mochnacka, 1967) oraz mineralizację siarczkową Wieściszowic (S. Jaskólski, 1964) wiązać należy z etapem starszym, syngenetycznym (być może prekambryjskim). Polimetaliczne żyłowe złoża siarczkowe (głównie Cu, Pb, Zn i As) Miedzianki (E. Zimnoch, 1978) i Czarnowa (M. Banaś, 1967) oraz ten sam typ mineralizacji w rejonie Kowar (K. Mochnacka, 1967) uważa się za efekty mineralizacji związanej z magmatyzmem waryscyjskim, którego pierwsze przejawy przypadają na górny karbon, a schyłkowe na cechsztyń. Nie można również wykluczyć nałożenia się wpływów późniejszych etapów mineralizacji, których rola w regionie sudeckim nie jest dobrze poznana (B. Wajsprych, 1974). Podkreślić należy, że również w procesach okruszcowania bardzo istotną rolę odegrały wszelkie strefy złuznień i nieciągłości.

Na badanym obszarze wyróżnić można dwa poziomy wodonośne: głębszy – szczelinowy i płytszy – rumoszowy. Poziom rumoszowy pełni bardzo istotną rolę w poborze wód opadowych (infiltracja) i dalszym zasilaniu częścią tych wód poziomu szczelinowego, w procesie drenażu głębszych partii górotworu poziom rumoszowy stanowi zaś ostatnie ogniwo w cyrkulacji wód podziemnych.

W tym świetle charakter chemizmu wód jest w głównej mierze odzwierciedleniem składu chemicznego utworów rumoszowych oraz dynamiki cyrkulacji wód podziemnych w obrębie rumoszu.

Pod względem geochemicznym rumosz stanowi w przybliżeniu odpowiednik skał szczelinowych występujących w jego spągu, przy czym jego okruczowa struktura sprzyja ługowaniu substancji mineralnych. Na obszarze występowania okruszcowania siarczkowego rumosz zwietrzelińowy stanowi czapę wietrzeniową, w obrębie której zachodzą intensywne procesy oksydacyjne, prowadzące do przejścia siarczków w łatwiej rozpuszczalne siarczany. Efektem jest zatem wzrost koncentracji kationów metali i anionów siarczanowych, jak również podwyższona w stosunku do tła twardość i mineralizacja ogólna. Dobry stopień rozpoznania geochemicznego skał krystalicznych Sudetów zapewnił prawidłowe odtworzenie chemizmu utworów rumoszowych badanego obszaru.

Badania parametrów filtracyjnych rumoszy wschodniokarkonoskich (M. Michniewicz, 1978) wykazały, że ich przepuszczalność odpowiada utworom o średniej

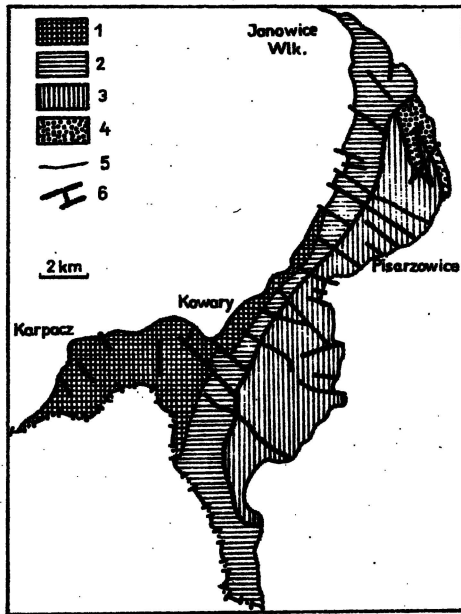


Fig. 2. Szkic budowy strukturalnej wschodniej osłony Karkonoszy (według J. Szałamachy, M. Szałamachy, 1967)

Sketch structural map of eastern cover of the Karkonosze Mts (after J. Szałamacha, M. Szałamacha, 1967)

1 – seria kowarska; 2 – seria Niedamirowa; 3 – seria Leszczyńca; 4 – jednostka Przybkowic; 5 – granice litologiczne; 6 – uskoki i nasunięcia

1 – Kowary series; 2 – Niedamirow series; 3 – Leszczyniec series; 4 – Przybkowice unit; 5 – lithological boundaries; 6 – faults and overthrusts

przepuszczalności według klasyfikacji Z. Pazdry i wynosi przeciętnie 7,1 m/d. Charakterystyczny jest przy tym fakt, że rumosze skał masywnych (gnejsów, amfibolitów, skał wapienno-krzemianowych i hornfelsów) wykazują znaczną stabilność omawianej cechy w przeciwieństwie do zwietrzelin będących produktami dezintegracji skał o teksturze łupkowej (fyllitów, łupków łuszczkowych i zieleńców), dla których zmienność zdolności filtracyjnych jest duża i waha się w skrajnych przypadkach od 0,06 do 31,69 m/d.

Stosunkowo dobre własności filtracyjne rumoszy skał wschodniej osłony Karkonoszy wpływają na intensyfikację procesu drenażu i przejawiają się między innymi wysokimi (w stosunku do sąsiednich rejonów) wartościami przeciętnej wydajności źródeł (M. Michniewicz, B. Mroczkowska, 1976). Intensyfikacja drenażu prowadzi w konsekwencji do zwiększenia dynamiki obiegu wód i ograniczenia czasu kontaktu rumosze – woda, rzutując zarazem na niewielki stopień zmineralizowania wód podziemnych omawianej jednostki (ogólna mineralizacja tych wód nie przekracza 230 mg/dm<sup>3</sup>).

W rejonach silnie zaangażowanych tektonicznie obserwuje się wyraźne zwiększenie roli poziomu wód szczelinowych, przejawiające się zarówno w aspekcie ilościowym, jak i jakościowym.

## METODYKA I ZAKRES PRZEPROWADZONYCH PRAC

Opracowanie zagadnienia chemizmu wód podziemnych wschodnich Karkonoszy stanowi efekt czterech kolejnych etapów badawczych: terenowego, laboratoryjnego, statystycznego oraz interpretacyjnego. Dane z trzech pierwszych etapów, których metodyka i zakres przedstawione zostaną obecnie w skróconej formie, stanowiły podstawę dla ostatniego etapu, mającego charakter wynikowy i prezentowanego w dalszej części.

### ETAP PRAC TERENOWYCH

Opróbowaniem objęto jedynie źródła (*sensu lato*) jako miejsca skoncentrowanego naturalnego drenażu wód podziemnych. Nie pobierano próbek wody ani ze studni gospodarskich, ze względu na znaczne antropogeniczne zniekształcenia pierwotnego chemizmu tych wód, ani z koryt cieków. Pozwoliło to na otrzymanie jednorodnego pod względem pochodzenia obrazu chemizmu wód. Ogółem opróbowano 101 źródeł, z czego 67 w obszarze samych wschodnich Karkonoszy, a 34 w przyległych rejonach sąsiadujących jednostek geologicznych. Stanowiło to niezbędne minimum zagęszczenia obserwacji dla prospekcji prowadzonej w skali 1:50 000. Wyboru miejsc opróbowania dokonano losowo na podstawie wcześniejszego regionalnego rozpoznania elementów krenologicznych (M. Michniewicz, B. Mroczkowska, 1976). Próbkę pobierane były w okresie ustabilizowanej pogody z częstymi, lecz przelotnymi i niezbyt obfitymi opadami (wrzesień – październik 1977 r.). Ten typ warunków był szczególnie sprzyjający dla przeprowadzenia badań chemizmu wód z jednej strony ze względu na wspomniany wyżej jednostajny charakter, z drugiej zaś ze względu na korzystny wpływ charakteru wymienionych warunków na procesy ługowania substancji mineralnych i ich koncentracji w wodzie (J. Serafin-Radlicz, 1972). Z każdego punktu badawczego pobierano jednocześnie dwie próbki – jedną w ilości 2 dm<sup>3</sup> do plastikowej butelki (do zwykłej analizy chemicznej), drugą zaś w ilości około 100 cm<sup>3</sup> do specjalnych szklanych przepłuczek zamykanych hermetycznie (do analizy na zawartość radonu).

### ETAP PRAC LABORATORYJNYCH

Regionalny charakter prospekcji hydrogeochemicznej, a także obecność przejawów mineralizacji polimetalicznej, to czynniki, które wymagały uwzględnienia szerokiego zestawu oznaczanych elementów składu chemicznego wód. Prace analityczne wykonano w trzech ośrodkach badawczych. W Laboratorium Chemicznym Pracowni Analiz Wód Kombinatu Geologicznego „Zachód” we Wrocławiu oznaczono: pH, twardość ogólną, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Fe ogólne, Mn<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, SiO<sub>2</sub> i suchą pozostałość. Metodyka wszystkich tych analiz była zgodna z obowiązującymi aktualnie normami. W Laboratorium Chemicznym Pracowni Analiz Rud Miedzi Kombinatu Geologicznego „Zachód” w Lubinie oznaczono: Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> oraz Pb<sup>2+</sup>. Analizy wykonane zostały metodą atomowej spektroskopii absorpcyjnej za pomocą aparatu PYE-UNICAM SP-90, przy zastosowaniu płomienia acetylen-powietrze. Próbkę wody przed analizą były dziesięciokrotnie zagęszczane. W Pracowni Fizykochemicznej i Bakteriologicznej „Balneoprojektu” w Szczawnie Zdroju wykonano oznaczenia zawartości radonu przy użyciu ogólnie stosowanej aparatury i metodyki analitycznej.

## ETAP PRAC STATYSTYCZNYCH

Wyniki oznaczeń laboratoryjnych, będące rezultatem etapu drugiego, stanowią materiał wyjściowy dla analizy statystycznej przeprowadzonej metodą Razumowskiego (A.N. Bogolubow i in., 1964). Metoda ta stosowana jest szeroko w opracowaniach geochemicznych, między innymi przez S. Przeniosłę (1970), dlatego też w niniejszej pracy ograniczono się jedynie do stwierdzenia, że w finalnym etapie wyznaczona zostaje dolna wartość anomalnych koncentracji poszczególnych analizowanych elementów chemizmu wód. Wartość ta określona jest wyrażeniem:

$$t_g + 3\sigma$$

gdzie:  $t_g$  – wartość tła geochemicznego według Razumowskiego (*vide* A.N. Bogolubow i in., 1964), wyznaczona na krzywej kumulacyjnej przez rzędną 50% prawdopodobieństwa;  $\sigma$  – odchylenie standardowe tła geochemicznego.

CHARAKTERYSTYKA HYDROGEOCHEMICZNA WÓD  
WSCHODNIEJ OSŁONY GRANITU KARKONOSZY

Wyniki oznaczeń laboratoryjnych oraz wyznaczone statystycznie dolne wartości anomalnych koncentracji poszczególnych składników chemizmu wód stanowią kanwę dla wstępnej, obszarowej charakterystyki hydrogeochemicznej badanej jednostki. W etapie interpretacji włączono do procesu analitycznego dodatkowe elementy, jak: chemizm skał, zagadnienia złożowe (przejawy, typ i geneza okruszcowania), zagadnienia budowy strukturalnej rejonu badań oraz zagadnienia wpływające z analizy morfologicznej terenu badań.

Tabela 2

Rozkład pH w wodach podziemnych wschodnich Karkonoszy

pH	Charakter odczynu według Z. Pazdry (1977)	Frekwencja	
		<i>n</i>	% <i>n</i>
< 5,0 (min. 4,4)	kwaśny	9	13,2
5,0–5,9	słabo kwaśny	7	10,3
6,0–6,9		43	63,3
≥ 7,0 (max. 7,6)	obojętny i słabo zasadowy	9	13,2

Postępowanie takie umożliwiło syntetyczne ujęcie problematyki hydrogeochemicznej tak w ujęciu przestrzennym, jak i genetycznym.

Ogólnie wody podziemne wschodniej osłony Karkonoszy scharakteryzować można jako wody zwykłe – słodkie, niekiedy ultrasłodkie. Odzwierciedleniem tego jest fakt, że koncentracje anomalne poszczególnych składników chemizmu wód, jak i wyznaczone statystycznie dolne progi tych koncentracji są stosunkowo niewielkie, niemniej jednak wyróżniają się wyraźnie z tła. Dominują wody cztero- i trzyjonowe (89% udziału) przeważnie wapniowo-magnezowo-siarczanowo-węglanowe oraz wapniowo-magnezowo-siarczanowe. W większości przypadków cechują się one odczynem słabo kwaśnym, zbliżonym do obojętnego (tab. 2).

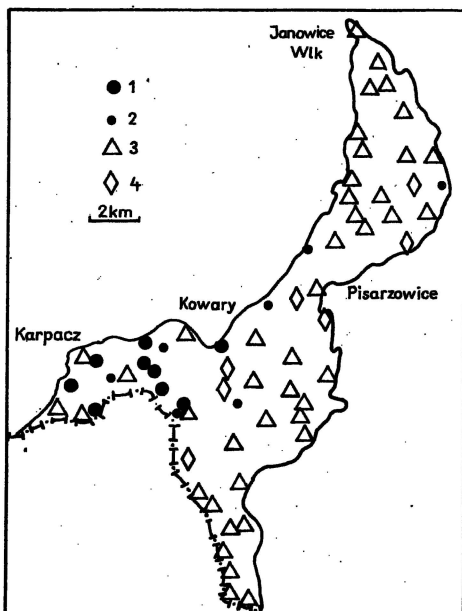


Fig. 3. Punktowy rozkład pH wód podziemnych wschodniej osłony Karkonoszy

Point distribution of groundwater pH in eastern cover of the Karkonosze Mts

pH: 1 - < 5,0 (od 4,4); 2 - 5,0-5,9; 3 - 6,0-6,9; 4 -  $\geq$  7,0 (do 7,6)

pH: 1 - < 5.0 (from 4.4); 2 - 5.0-5.9; 3 - 6.0-6.9; 4 -  $\geq$  7.0 (up to 7.6)

Graficzny obraz rozkładu pH w wodach podziemnych na tle lokalizacji poszczególnych punktów badawczych we wschodniej osłonie Karkonoszy ukazuje fig. 3. Istotny wpływ na pH wód podziemnych tej jednostki zdają się wywierać kwasy organiczne, powstające podczas procesów rozkładu ściółki leśnej, bowiem kompleksy leśne stanowią aż 60% powierzchni wschodnich Karkonoszy. Szczególnie intensywnie kwasotwórczo działa rozkład ściółki w lasach szpilkowych (F. Kuźnicki i in., 1975), które dominują pod względem arealu i stanowią 93% ogółu obszarów leśnych omawianej jednostki. Znaczną rolę w zakwaszeniu wód przypisać można zapewne fulwokwasom, związanym również z kompleksami leśnymi i powstającymi przy humifikacji substancji organicznej pod wpływem różnego typu grzybów.

Charakterystyczną cechą rozkładu pH w wodach wschodniej osłony Karkonoszy jest ograniczenie występowania wód o pH < 5 (wody kwaśne) do obszaru serii kowarskiej (por. fig. 2 i 3), świadczące również o pewnej odrębności hydrogeochemicznej tego elementu strukturalnego.

Szczegóły przestrzennego rozkładu anomalnych koncentracji zarówno głównych elementów chemizmu wód podziemnych, jak i towarzyszących im składników specyficznych, ilustrują dla obszaru wschodnich Karkonoszy fig. 4 i 5.

Opierając się na analizie zarysowujących się stref anomalnych można wyróżnić wśród nich trzy podstawowe typy genetyczne:

1. Anomalie litologiczne (L) związane są bądź ze stosunkowo niewielkimi ciałami geologicznymi typu soczew, bądź też z lokalnymi wystąpieniami skał wzbogaconych pierwotnie lub wtórnie w pewne składniki chemiczne. Ten typ reprezentują między innymi w znacznym stopniu anomalie  $\text{Ca}^{2+}$ , które stowarzyszone są z rejonami występowania albo soczew wapieni krystalicznych, albo też wtórnie skalcytyzowanych łupków chlorytowych, jak to ma miejsce w pobliżu

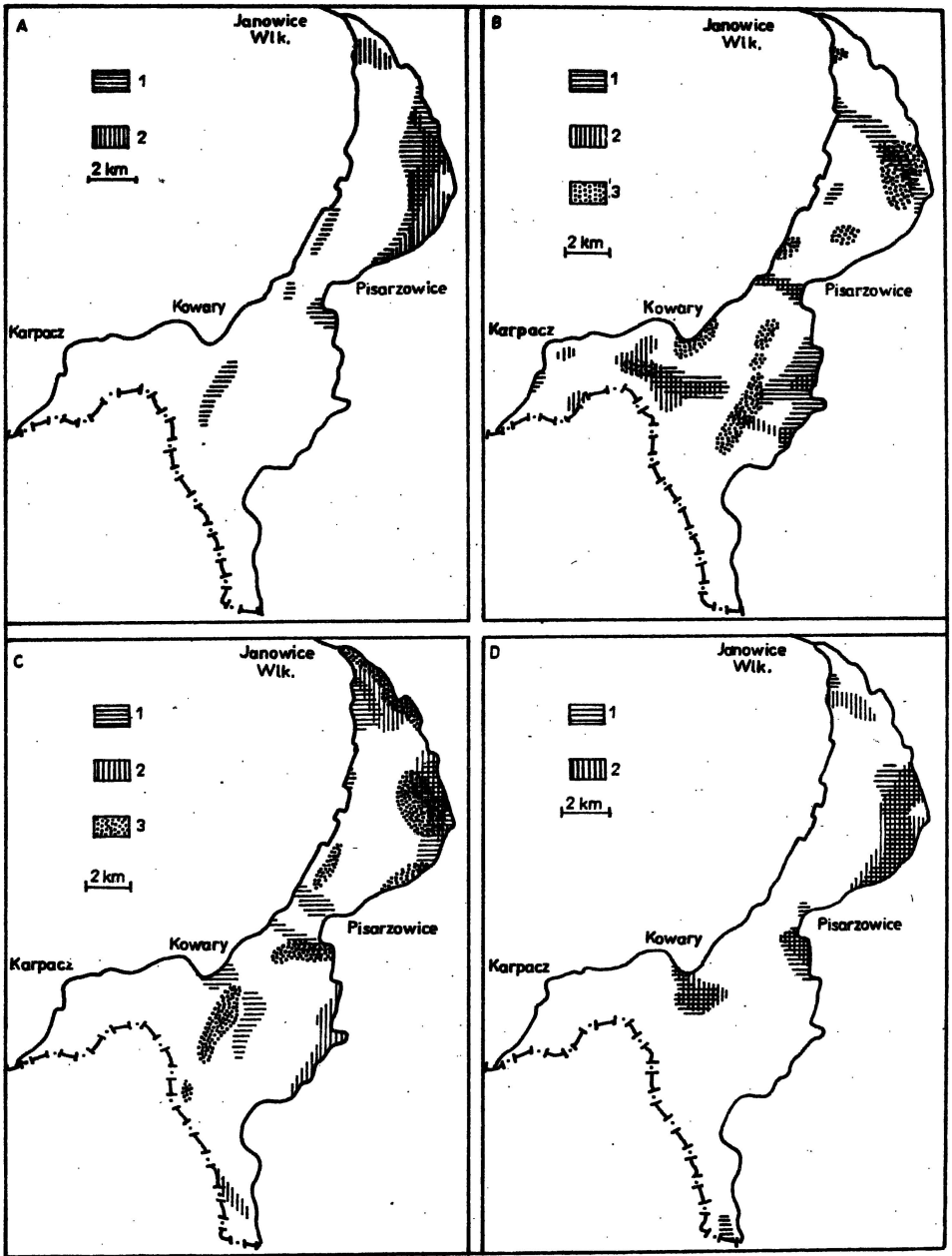


Fig. 4. Przestrzenny rozkład anomalnych zawartości głównych elementów składu chemicznego wód podziemnych wschodniej osłony Karkonoszy (w nawiasach dolne wartości koncentracji anomalnych) Spatial distribution of anomalous contents of main elements of chemical composition in groundwater in eastern cover of the Karkonosze Mts (lower values of anomalous concentrations are given in brackets)

A: 1 -  $\text{Ca}^{2+}$  (29.3 mg  $\text{Ca}^{2+}$  / $\text{dm}^3$ ), 2 -  $\text{Mg}^{2+}$  (7.9 mg  $\text{Mg}^{2+}$  / $\text{dm}^3$ ); B: 1 - Fe ogólne (0.29 mg Fe ogólne / $\text{dm}^3$ ), 2 -  $\text{Mn}^{2+}$  (0.01 mg  $\text{Mn}^{2+}$  / $\text{dm}^3$ ), 3 - Na (8.9 mg Na / $\text{dm}^3$ ); C: 1 -  $\text{SO}_4^{2-}$  (58.7 mg  $\text{SO}_4^{2-}$  / $\text{dm}^3$ ), 2 - Cl (7.8 mg Cl / $\text{dm}^3$ ), 3 -  $\text{HCO}_3^-$  (60.0 mg  $\text{HCO}_3^-$  / $\text{dm}^3$ ); D: 1 - twardość ogólna (5.4°n / $\text{dm}^3$ ), 2 - sucha pozostałość (156 mg / $\text{dm}^3$ )

B: 1 - Fe total (0.29 mg Fe total / $\text{dm}^3$ ); D: 1 - general hardness (5.4°n / $\text{dm}^3$ ), 2 - dry residuum (156 mg / $\text{dm}^3$ ); other explanations as in Polish text



Wieściszowic. Do tego typu zaliczyć można również anomalie  $Mg^{2+}$  w pobliżu Raszowa i Wieściszowic, związane z obecnością bogatych w magnez gnejsów hornblendowych oraz skał zielencowych (fig. 4A).

2. Anomalie tektoniczne (T) wiążą się z udziałem wód głębszego krążenia, wzbogaconych w rozpuszczone elementy. Ten typ charakteryzuje się najczęściej wydłużeniem stref anomalnych wzdłuż kierunków zgodnych z przebiegiem dyslokacji bądź też stref dyslokacyjnych. Przykładowo można przytoczyć tu niektóre obszary anomalne pod względem zawartości żelaza, fluoru, krzemionki, a także niekiedy radonu (fig. 4B i 5A).

3. Anomalie złożowe (Z) związane są z rejonami występowania przejawów polimetalicznej mineralizacji hydrotermalnej. Przykładem ich mogą być strefy anomalne wielu elementów chemizmu wód, rysujące się w okolicach Miedzianki, Czarnowa, Kowar oraz szczególnie Wieściszowic (fig. 4 i 5).

W praktyce najczęściej obserwowane jest wzajemne nakładanie się wpływów wymienionych typów genetycznych anomalii. Dotyczy to głównie kombinacji anomalii litologicznych (L) i tektonicznych (T), szczególnie zaś tektonicznych (T) i złożowych (Z). Syntetyczne ujęcie interpretacji genetycznej ważniejszych stref anomalnych poszczególnych elementów chemizmu wód podziemnych wschodniej osłony Karkonoszy, których lokalizację przestrzenną ukazano na fig. 4 i 5, prezentuje tab. 3 (z uwzględnieniem stosowanej wyżej symboliki literowej). Biorąc pod uwagę informacyjny charakter wspomnianej tabeli podano w niej również dla poszczególnych elementów dolne wartości regionalnych koncentracji anomalnych oraz wielkości maksymalnej koncentracji regionalnej ze wskazaniem strefy, w której taka wartość ekstremalna została zarejestrowana.

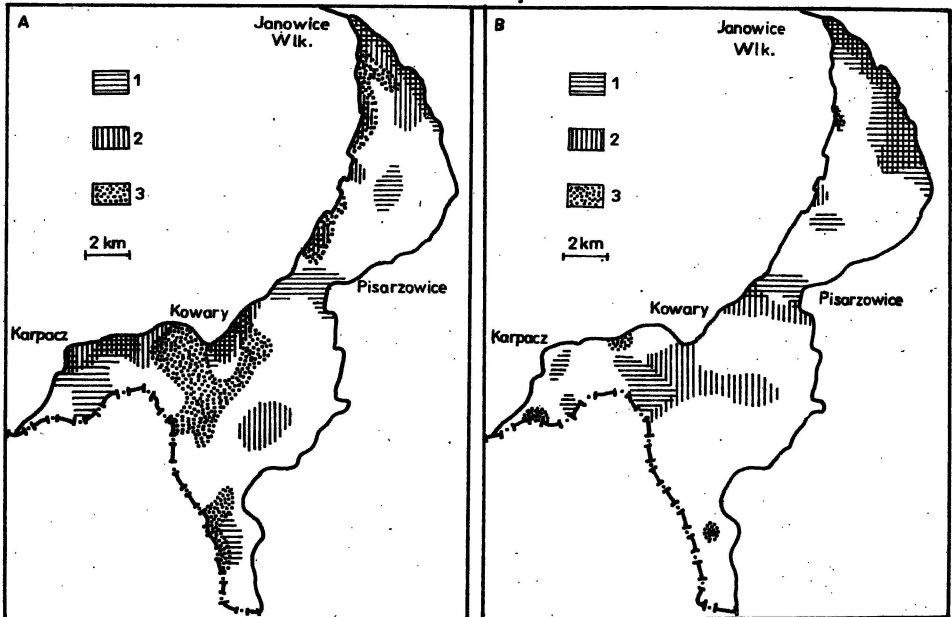


Fig. 5. Przestrzenny rozkład anomalnych zawartości specyficznych elementów składu chemicznego wód podziemnych wschodniej osłony Karkonoszy

Spatial distribution of anomalous contents of specific elements of chemical composition in groundwater in eastern cover of the Karkonosze Mts

A: 1 - F ( $0,3 \text{ mg F / dm}^3$ ), 2 -  $\text{SiO}_2$  ( $8,2 \text{ mg SiO}_2/\text{dm}^3$ ), 3 - Rn ( $0,94 \text{ nCi/dm}^3$ ); B: 1 -  $\text{Zn}^{2+}$  ( $0,05 \text{ mg Zn}^{2+} / \text{dm}^3$ ), 2 -  $\text{Pb}^{2+}$  ( $0,05 \text{ mg Pb}^{2+} / \text{dm}^3$ ), 3 -  $\text{Cu}^{2+}$  ( $0,01 \text{ mg Cu}^{2+} / \text{dm}^3$ )

Wyniki przeprowadzonych prac hydrogeochemicznych wykazują, że obserwacje tego typu często mogą służyć jako jeden z istotnych wskaźników budowy strukturalnej badanych obszarów. I tak, oprócz wspomnianych już wyżej wpływów genetycznych tektoniki na chemizm wód, przejawiających się istnieniem stref anomalnych w pobliżu dyslokacji, istnieją również przypadki odwrotne (negatywny wpływ tektoniki w rozumieniu J. Krasnego i R. Kveta, 1976). Jako przykład może tu służyć brak anomalii  $\text{Ca}^{2+}$  i znaczne ograniczenie obszaru anomalii  $\text{HCO}_3^-$  obserwowane na południowym skrzydle uskoku śródsudeckiego (na północ od Miedzianki, fig. 4A i 4C), przy jednoczesnym szerokim rozprzestrzenieniu anomalnych koncentracji obu tych elementów na skrzydle północnym wymienionej dyslokacji, leżącym już poza wschodnią osłoną Karkonoszy i należącym do metamorfiku kaczawskiego. Przedstawiona sytuacja potwierdzałaby poglądy o północnych zapadach powierzchni uskoku w tym rejonie (J. Teisseyre, 1973). Bezpośrednią konsekwencją takich zapadów jest ograniczenie migracji wód ku południowi i ograniczenie rozprzestrzenienia stref anomalnych w tej części badanej jednostki.

Godny zasygnalizowania jest fakt przejawiania się anomalnych koncentracji szeregu elementów chemizmu wód w strefie biegnącej w obrębie wschodniej, marginalnej części granitu Karkonoszy (tuż w sąsiedztwie badanej i analizowanej jednostki wschodniej osłony Karkonoszy). Dla wielu składników brak jest litogeochemicznych podstaw do tworzenia w tym rejonie koncentracji anomalnych, muszą one zatem być wynikiem mobilizujących migracyjnie czynników natury tektonicznej. Charakterystyczny jest przebieg wspomnianej strefy, nawiązujący w przybliżeniu kierunkiem do przebiegu kontaktu intruzji i osłony. Przyszłe badania hydrogeochemiczne prowadzone na obszarze granitu Karkonoszy powinny dać odpowiedź czy wspomniany kierunek przebiegu anomalii genetycznie związany jest w głównej mierze z szeregiem dyslokacji NW–SE (tnących zarówno obszar wschodnich Karkonoszy, jak i granitu Karkonoszy), w pobliżu których omawiana strefa anomalna wyraźnie się poszerza i wkracza na obszar osłony (por. fig. 2 z fig. 4 i 5), czy też ma na nią również wpływ większa strefa dyslokacyjna o przebiegu NNE–SSW (zgodnym z kontaktem intruzji i osłony), której istnienie w tym rejonie sugeruje analiza morfotektoniczna.

Dokładna analiza chemizmu wód podziemnych wschodniej osłony Karkonoszy pozwala wnioskować, że pierwotne tło regionalne ogólnej mineralizacji wód tej jednostki jest stosunkowo niskie (rzędu kilkudziesięciu  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ). Na tło to nałożyły się w strefach zmineralizowanych hydrotermalnie wpływy owej wtórnej mineralizacji, powodując złudzenie istnienia znacznie wyższego pierwotnego tła regionalnego (rzędu od stu do stukilkudziesięciu  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ). Przy pobieżnej analizie zjawisko to może ująć uwadze, prowadząc do błędnej interpretacji.

W grupie zagadnień związanych z problematyką poszukiwawczo-łożową potwierdził się, co sygnalizowano już wyżej, anomalny charakter chemizmu wód na obszarach występowania znanych przejawów mineralizacji kruszcowej w Miedziance, Czarnowie, Kowarach i Wieściszowicach. Zwłaszcza ten ostatni rejon, znany dotychczas głównie z występowania dość jednolitej mineralizacji typu piritowego, wymagałby bardziej szczegółowych badań hydrogeochemicznych, gdyż w jego obrębie stwierdzono maksymalne koncentracje regionalne dla większości analizowanych elementów chemizmu wód (tab. 3). W tym świetle należy się spodziewać, że inwentarz mineralizacji kruszcowej tej strefy jest znacznie bogatszy, zwłaszcza jeżeli chodzi o rzadziej występujące metale. Wydają się to również potwierdzać ostatnie wyniki badań metalometrycznych, stwierdzające na tym obszarze między innymi znaczne koncentracje cyny (M. Lindner, informacja ustna).

Uzasadnione byłoby również przeprowadzenie dodatkowych badań hydrogeochemicznych w strefie Mniszkowa, leżącej na SW od Miedzianki i przylegają-

Charakterystyka ważniejszych anomalnych stref hydrogeochemicznych na obszarze wschodniej osłony granitu Karkonoszy

Składniki chemizmu wód podziemnych	Lokalizacja stref anomalnych									
	Strefa Janowic	Strefa Miedzianki	Strefa Wieściszowic	Strefa Rędzin	Strefa Czarnowa	Strefa Leszczyńca	Strefa Czarnej Kopy	Strefa Kowar – Podgórze	Strefa Paczyna	Strefa Niedamirowa
	Typ genetyczny anomalii hydrogeochemicznej									
Ca <sup>2+</sup> (29,3 mg/dm <sup>3</sup> )*	–	–	L+Z+T (47,8)**	L+T	L+T	T+L	–	L+T	–	–
Mg <sup>2+</sup> (7,9 mg/dm <sup>3</sup> )*	–	L+T	L+T (16,1)**	–	–	–	–	–	–	–
Na <sup>+</sup> (8,9 mg/dm <sup>3</sup> )*	–	–	L+T	–	–	L+T	–	L+T (11,9)**	–	–
K <sup>+</sup> (>2,0 mg/dm <sup>3</sup> )*	brak wyraźniejszych stref anomalnych zawartości potasu									
Fe ogólne (0,29 mg/dm <sup>3</sup> )*	–	–	Z+T* <sup>1</sup>	–	Z+T (1,40)**	–	–	Z+T	L+T	–
Mn <sup>2+</sup> (0,01 mg/dm <sup>3</sup> )*	–	–	–	–	Z+T (0,20)**	–	–	–	–	–
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (58,7 mg/dm <sup>3</sup> )*	–	Z+T	Z+T (83,5)**	–	Z+T	Z+T	–	Z+T	–	–
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (60,0 mg/dm <sup>3</sup> )*	L+T	–	L+T+Z (158,7)**	L+T	L+T	T+L	–	L+T	–	L
Cl <sup>-</sup> (7,8 mg/dm <sup>3</sup> )*	–	L+T	L+T (11,7)**	–	–	–	–	–	L+T	L
F <sup>-</sup> (0,3 mg/dm <sup>3</sup> )*	T+Z	–	–	–	Z+T	–	T+Z (0,5)**	Z+T	–	–
SiO <sub>2</sub> (8,2 mg/dm <sup>3</sup> )*	T+Z (18)**	–	–	T+Z	T+Z	T+Z	–	T+Z	–	–
twardość ogólna (5,4°n)*	–	Z+T+L	Z+T+L (9,4)**	–	Z+T	Z+T	–	Z+T+L	–	L
sucha pozostałość (156 mg/dm <sup>3</sup> )*	–	Z+T+L	Z+T+L (228)**	–	Z+T	Z+T	–	Z+T+L	–	–
Rn (0,94 nCi/dm <sup>3</sup> )*	–	Z+T	Z+T	Z+T	Z+T	–	Z+T* <sup>2</sup>	Z+T (7,05)**	–	–
Pb <sup>2+</sup> (0,05 mg/dm <sup>3</sup> )*	Z+T	–	–	–	–	Z+T	–	Z+T* <sup>3</sup> (0,42)**	–	–
Zn <sup>2+</sup> (0,05 mg/dm <sup>3</sup> )*	Z+T* <sup>4</sup>	Z+T (0,11)**	Z+T* <sup>4</sup>	–	Z+T	–	–	Z+T* <sup>5</sup>	–	–
Cu <sup>2+</sup> (0,01 mg/dm <sup>3</sup> )*	niewielkie obszarowo strefy anomalne – wynik szybkiego wypadania jonów Cu <sup>2+</sup> z roztworów									

\* dolna wartość koncentracji anomalnych;

\*\* maksymalna koncentracja regionalna danego składnika;

\*<sup>1</sup> – strefa Wieściszowic – Mniszkowa, \*<sup>2</sup> – strefa Czarnej Kopy – Śnieżki, \*<sup>3</sup> – strefa Kowar – Okraju, \*<sup>4</sup> – strefa Janowic – Wieściszowic, \*<sup>5</sup> – strefa Okraju – Budnik; symbole L, Z, T objaśnione w tekście

cej od zachodu do wschodniej osłony Karkonoszy. Strefa ta, znajdująca się już na terenie granitu Karkonoszy, charakteryzuje się maksymalnymi stwierdzonymi koncentracjami miedzi ( $0,02 \text{ mg Cu}^{2+}/\text{dm}^3$ ), cynku ( $0,48 \text{ mg Zn}^{2+}/\text{dm}^3$ ) i radonu ( $18,3 \text{ nCi}/\text{dm}^3$ ). Trzecim perspektywnym obszarem jest rejon przełęczy Okraj w pasmie Lasockiego Grzbietu, z którym związane są maksymalne koncentracje ołowiu ( $0,42 \text{ mg Pb}^{2+}/\text{dm}^3$ ).

Odnośnie do zagadnień związanych z metodyką należy przede wszystkim podkreślić, że otrzymane wyniki zachęcają do prowadzenia dalszych badań tego typu. Sprawdziły się generalne założenia przyjętej metodyki, a także zakres przeprowadzonych prac. Zakres ten umożliwił określenie dolnych wartości koncentracji anomalnych poszczególnych badanych elementów chemizmu wód podziemnych, wzajemną korelację wyników oraz interpretację genetyczną, przy czym ta ostatnia była możliwa dzięki dobremu rozpoznaniu geochemii skał wschodniej osłony Karkonoszy. Dla dokładniejszego okonturowania stref anomalnych badania tego typu w przyszłości należałoby prowadzić w dwóch fazach. W pierwszej fazie, przy zachowaniu dotychczasowej gęstości opróbowania, określałoby się statystycznie dolną granicę koncentracji anomalnych dla poszczególnych składników oraz analizowało genezę zaznaczających się stref anomalnych. W drugiej fazie, na podstawie wcześniejszej analizy wyników pierwszej fazy i wyznaczonych w niej parametrów, opróbowywałoby się szczegółowiej zarysowujące się strefy anomalne, przy czym liczba próbek nie powinna przekraczać 20% ogólnej liczby próbek z pierwszej fazy. Taka modyfikacja toku pracy wpłynie na daleko precyzyjniejsze ujęcie rozmieszczenia i konturów stref anomalnych w skali regionalnej.

Ograniczony zasięg anomalii  $\text{Cu}^{2+}$ , związany z szybkim wytrącaniem się miedzi z roztworów wodnych (A.J. Perelman, 1971), czyni tę metodę korzystną raczej dla zawężenia pola dalszej prospekcji miedzi (na etapie prac szczegółowych) w przypadku uprzedniego stwierdzenia anomalii litologicznych tego składnika, które dają znacznie większą aureolę rozproszenia. Na etapie regionalnych badań hydrogeochemicznych, z podanych powyżej powodów, strefy anomalnych koncentracji  $\text{Cu}^{2+}$  są ograniczone przestrzennie (fig. 5B) i mogą zostać nie rozpoznane.

Wyniki badań hydrogeochemicznych przeprowadzonych na obszarze wschodniej osłony Karkonoszy, w połączeniu ze stosunkowo niskimi kosztami wspomnianych badań oraz krótkim okresem analitycznym, świadczą o wysokiej efektywności metody hydrogeochemicznej. W tym też świetle należy polecić stosowanie wymienionej metody w dalszych regionalnych badaniach hydrogeochemicznych Sudetów, a także jako jednego z integralnych elementów poszukiwawczo-złożowych.

Oddział Dolnośląski  
Instytutu Geologicznego  
Wrocław, Al. Jaworowa 19  
Nadesłano dnia 19 listopada 1979 r.

#### PIŚMIENNICTWO

- BANAŚ M. (1967) – Złoże rudy arsenowej w Czarnowie. *Prz. Geol.*, 15, p. 239, nr 5. Warszawa.
- JASKÓLSKI S. (1964) – Złoże łupków pirytonośnych w Wieściszowicach na Dolnym Śląsku i próba wyświetlenia jego genezy. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 34, p. 29–55, z. 1–2. Kraków.
- KRASNY J., KVET R. (1976) – K hydrogeologicznému významu zlomů a puklin. *Geol. průzk.*, 18, p. 330–331, nr 11. Praha.

- KUŹNICKI F., BIAŁOUSZ S., SKŁODKOWSKI P. (1975) — Podstawy gleboznawstwa. PWN. Warszawa.
- MICHNIEWICZ M., MROCZKOWSKA B. (1976) — Hydrogeologia górnej części zlewni rzeki Bóbr. Arch. Inst. Geol. Wrocław.
- MICHNIEWICZ M. (1978) — Badania hydrogeochemiczne wschodniej osłony Karkonoszy (wody zwykłe). Arch. Inst. Geol. Wrocław.
- MOCHNACKA K. (1967) — Geologia polimetalicznego złoża w Kowarach (Dolny Śląsk). Pr Geol. Komis. Nauk Geol. PAN Oddz. w Krakowie, nr 40. Warszawa.
- OBERC J. (1972) — Sudety i obszary przyległe. Budowa geologiczna Polski, t. IV, Tektonika, cz. 2. Inst. Geol. Warszawa.
- PAZDRO Z. (1977) — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol. Warszawa.
- PERELMAN A.J. (1971) — Geochemia krajobrazu. PWN. Warszawa.
- PRZENIOŚLO S. (1970) — Geochemia uranu w aluwialach wschodniej części obszaru metamorfiku Łądką i Śnieżnika Kłodzkiego. Biul. Inst. Geol., 224, p. 205–290. Warszawa.
- SERAFIN-RADLICH J. (1972) — Przydatność anomalii hydrochemicznych do poszukiwań złóż kruszców cynku i ołowiu w północno-wschodniej części Górnego Śląska. Biul. Inst. Geol., 255. Warszawa.
- SZAŁAMACHA J., SZAŁAMACHA M. (1967) — Seria Niedamirowa w świetle nowego strukturalnego podziału wschodniej części okrywy granitu karkonoskiego. Kwart. Geol., 11, p. 243–257, nr 2. Warszawa.
- TEISSEYRE J. (1973) — Skały metamorficzne Rudaw Janowickich i Grzbietu Lasockiego. Geol. Sudetica, 8, p. 7–118. Warszawa.
- WAJSPIRYCH B. (1974) — Strukturalno-geologiczne warunki lokalizacji złóż żyłowych jednostki Chelmea. Geol. Sudetica, 9, p. 125–135. Warszawa.
- ZIMNOCH E. (1978) — Mineralizacja kruszczowa złoża Miedzianka w Sudetach. Biul. Inst. Geol., 308, p. 91–134. Warszawa.
- БОГОЛЮБОВ А.Н., КАБЛУКОВ А.Д., РАЗУМОВСКИЙ Н.К. (1964) — Использование ореолов рассеяния урана и элементов спутников при поисках и разведке гидротермальных урановых месторождений. Гл. III. 1, стр. 78–79. Недра. Москва.

Мареk МИХНЕВИЧ

## ПО ПОВОДУ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ВОСТОЧНОГО ЧЕХЛА ГРАНИТА КАРКОНОШ

### Резюме

Значительная литологическая разнородность, проявления полиметаллической сульфидной минерализации и небольшая площадь (110 км<sup>2</sup>) — эти качества стали причиной выбора восточного чехла Карконош элементом, на примере которого могут быть выработаны эталоны методики для дальнейших комплексных региональных гидрогеохимических исследований Судет.

Для обеспечения однородности изучаемого материала и избежания антропогенического воздействия, были опробованы только источники, являющиеся местом концентрированного естественного дренажа подземных вод. Свободный выбор точек изучения обеспечил объективность опробования, а их количество (67 точек, что составляет около 9% от общего числа зарегистрированных источников) обеспечивало представительность опробования. Изучались следующие элементы химизма вод: рН, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Fe вообще, Mn<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, SiO<sub>2</sub>, общая жесткость, сухой остаток, радиоионизация, а также Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> и Pb<sup>2+</sup>. Результаты

лабораторных исследований послужили базой для статистического анализа методом Разумовского, в результате которого были определены минимальные величины аномальных концентраций отдельных элементов. Региональная характеристика химизма подземных вод восточного чехла Карконош в площадном и генетическом плане основывалась на учёте химизма пород, проблематике залегания вод, структурного строения района и его морфологии. Следует отметить, что генетическая характеристика в значительной степени была определена благодаря хорошей изученности геохимии пород рассматриваемого элемента. В порядке региональной характеристики были выделены три основные типа аномальных зон: литологические, тектонические и пластовые. Установлено, что гидрогеохимические наблюдения могут быть одним из важных показателей структурного строения, чему имеются примеры.

Наличие аномальных скоплений в восточной краевой части гранитов Карконош при отсутствии связи их с литогеохимическими факторами, свидетельствует о тектоническом происхождении этих скоплений.

Детальный анализ химизма подземных вод восточного чехла Карконош говорит о том, что регионально минерализация вод этого элемента довольно низка (порядка нескольких десятков мг/дм<sup>3</sup>). На этом фоне проявляется вторичное воздействие гидротермальной минерализации, создающее иллюзию значительно большей минерализации регионального фона (свыше ста мг/дм<sup>3</sup>).

Очередным результатом исследований явилось определение методического эталона для дальнейшего гидрогеохимического изучения судетского кристаллического массива. В этом плане подтвердилась правильность применяемой методики и одновременно предложено ввести новый этап с целью детализации границ выделенных аномальных зон. Может оказаться важным также включение в комплекс определяемых компонентов дополнительных элементов химизма вод — в зависимости от региональной специфики изучаемых элементов.

Последним вопросом явилось выделение районов, перспективных для дальнейших поисков месторождений. Целесообразным считалось повторное детальное изучение зоны Весцишовиц, отличающейся максимальной концентрацией большинства элементов химизма вод. Площадями, требующими дополнительного рассмотрения, являются: район седловины Окрай (максимальная концентрация Pb<sup>2+</sup>) и зона Мнишкова, лежащая на контакте гранита с чехлом (максимальная концентрация Zn<sup>2+</sup>, Rn и Cu<sup>2+</sup>).

Marek MICHNIEWICZ

#### SOME RESULTS OF HYDROCHEMICAL STUDIES ON EASTERN COVER OF THE KARKONOSZE GRANITE

##### Summary

Eastern cover of the Karkonosze granite has been selected as test field for establishing methodological standard for further complex regional hydrogeochemical surveys in the Sudety Mts, taking into account marked differentiation in lithology, traces of polymetallic sulfide mineralization and small area of that geological units (about 110 km<sup>2</sup>).

In order to provide uniform material for the studies and to eliminate the influence of anthropogenic factors, the sampling was limited to springs as the places of concentrated natural drainage of groundwater. Random selection of measurement points provided objective nature of the obtained sample, and the number of measurement points equal 67 (i.e. about 9% of the recorded springs) — its representativeness. The studies covered the following elements of water chemistry: pH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Fe total, Mn<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, SiO<sub>2</sub>, general hardness, dry residuum, Rn

content as well as  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  and  $\text{Pb}^{2+}$ . The results of laboratory studies gave the basis for statistical analysis carried out with the use of the Razumowski's method and, therefore, for determining lower values of anomalous concentrations of individual components. Further studies, carried out taking into account the problems of chemistry of rocks, deposits, geological structure of the studied area and its morphology, made it possible to characterize spatial and genetic aspects of chemistry of groundwater in eastern cover of the Karkonosze granite. It should be noted that the studies on the genesis of groundwater were markedly facilitated by fairly good knowledge of geochemistry of rocks of that unit. In establishing regional characteristics, there were differentiated three basic genetic types of anomalous zones: lithological, tectonic, and deposit. The results of hydrogeochemical studies were found to be an important index of geological structure, which is shown by several examples.

The presence of several anomalous concentrations in eastern, marginal part of the Karkonosze granite, along with the lack of any correlations with lithogeochemical factors, suggest tectonic genesis of that phenomenon.

The detailed analysis of chemistry of groundwater in eastern cover of the Karkonosze granite showed relatively low original regional background of the total water mineralization (of the order of some tens of  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ). The influences of secondary hydrothermal mineralization, overprinted on the former, result in markedly higher, apparent regional background of the order of over  $100 \text{ mg}/\text{dm}^3$ .

The studies made it also possible to establish methodological standard for further hydrogeochemical surveys of the Sudety crystalline area. The selection of methods appeared appropriate and it is suggested to introduce additional step in the surveys, aimed at accurate tracing of extent of the recorded anomalous zones. It would be also justify to widen the extent of the surveys to comprise measurements of some other elements of groundwater chemistry, depending on the nature of a given geological unit.

The studies ended with selection of areas perspective for further prospecting. A detailed surveying of the Wieściszowice anomaly zone, characterized by the maximum concentration of the majority of analysed elements, is shown to be fully justified. Other areas which should be covered by prospecting include that of the Okraj pass (characterized by maximum concentration of  $\text{Pb}^{2+}$ ) and the Mniszków zone (maximum concentrations of  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Rn}$  and  $\text{Cu}^{2+}$ ), situated at the contact of granite and its cover.