

PRZYCZYNEK DO ZNAJOMOŚCI GEOCHEMII STREFY WIETRZENIA KRAKOWSKICH SKAŁ MAGMOWYCH

UKD 550.42:552.323.5/6(438—312—15):311.23:550.84:550.48:553.461/464:553.44

Badania geochemiczne krakowskich skał magmowych rozpoczęli Z. Michałek i W. Zabiński (10). Badacze ci oznaczyli zawartości sześciu pierwiastków (Cu, Ni, Cr, V, Pb i Mo) w świeżych okazach skał magmowych występujących w okolicy Krakowa (porfirów, diabazów i melafirów), przedstawili interpretację wyników na podstawie zmian chemizmu tych skał. Analiza zawartości pierwiastków śladowych w omawianych skałach, pozwoli być może, po wykonaniu większej ilości oznaczeń, na wyjaśnienie np. wieku porfirów krakowskich, a także na wydzielenie ilości faz erupcji wulkanicznych w odniesieniu do melafirów: Rudna, Regulic, Alwerni i Poręby.

Wyniki tych badań nie pozwalają jednak na konstrukcję pełnego obrazu geochemicznego, szczególnie w odniesieniu do procesów migracji badanych elementów śladowych, bowiem oznaczenia wykonano na świeżym materiale skalnym. Dalsze losy tych pierwiastków, ich zachowanie w strefie wietrzenia skał magmowych, migracja w kierunku pionowym, w osady nadkładu tych skał, nie były znane.

W latach 1964—1965, w ramach prac postępu technicznego PPG, wykonano zwiadowcze prace geochemiczne w rejonie rozprzestrzeniania krakowskich skał magmowych (7). Badania te objęły obszary występowania melafirów w miejscowościach: Belweder, Alwernia i Regulice oraz diabazu w Niedźwiedziej Górze. Wykonano profilowe zdjęcia metalometryczne oznaczając zawartości niklu, kobaltu, chromu, miedzi, cynku, ołowiu i manganu w próbkach glebowych pobieranych z głębokości ok. 30 cm. Profile geochemiczne (ryc. 1, 2) usytuowano mniej więcej prostopadłe do biegu wychodni skał magmowych. Ponadto przebadano koncentracje tych pierwiastków w profilach pionowych, w wyrobiskach odsłaniających zwietrzelinę i skały nadkładu leżące powyżej melafirów i diabazów.

Koncentracje niklu oznaczono w próbkach nową, kompleksometryczną metodą opracowaną w laboratorium PPG (4a, 8) oraz sprawdzono metodą spektralnej analizy ilościowej. Zawartości pozostałych pierwiastków oznaczono metodą spektralną. W poniższym zestawieniu podano zakres prac geochemicznych wykonanych w poszczególnych rejonach badań.

Rejon	Ilość profili poziomych	Ilość profili pionowych	Ilość oznaczeń
Belweder	7	1	200
Alwernia	4	—	80
Regulice	1	1	40
Niedźwiedzia Góra	1	1	42
Razem:	13	3	362

CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA WYSTĘPOWANIA ZASADOWYCH SKAŁ MAGMOWYCH BADANEGO OBSZARU

Zainteresowanie geologią magmowców krakowskich datuje się od bardzo dawna, o czym świadczy pokaźna liczba opracowań dotyczących tego zagadnienia. Rozważania odnośnie do tego tematu przedstawiono tu na podstawie danych najnowszych pochodzących od S. Siedleckiego (14), S. Doktorowicza-Hrebnińskiego (3) oraz S. Bukowego i S. Cebulaka (2) z uwzględnieniem własnych obserwacji autora poczynionych w czasie wykonywania geochemicznych prac polowych.

Omawiany obszar stanowi krawcowo wschodnią część Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i należy do rozległej strefy występowania wulkanizmu postorogenicznego, której granica północno-wschodnia pokrywa się mniej więcej z NE granicą zagłębia. Według S. Siedleckiego (14) omawiana tu intruzja diabazu z Niedźwiedziej Góry należy wiązać z fazą asturyjską orogenezy hercyńskiej, niewątpliwie młodszą od niej wylewy melafirów są przejawem saalskiego etapu orogenicznego. Warto zauważyć, że wychodnie melafirów występujące w rejonie Belwederu-Poręby, Alwerni i Regulic (ryc. 1) układają się prawie w linii prostej o kierunku NW—SE, co pozostaje w związku z tektoniką tego rejonu (2).

W rejonie Belwederu melafiry tworzą niewielkie wzgórza, częściowo rozkopane nieczynnymi już dzisiaj wyrobiskami eksploatacyjnymi. W jednym z przekopów odsłania się kontakt tej skały z arkozą kwarczalną. Melafir posiada barwę ciemnoszarą, miejscami prawie czarną, jest drobnoziarnisty, zbity w partiach niższych, ku stropowi pęcherzykowany, z pokaźną ilością większych (1—2 cm) i mniejszych wakuol wypełnionych częściowo minerałami wtórnymi. Partie stropowe skały są silnie splekane, niekiedy rozkruszone, z niegrubą warstwą rdzawo-brązowej substancji ilastej lub ilasto — piaszczystej (ryc. 3, 7), przechodzącą ku górze w osady piaszczyste nadkładu, które pokrywają prawie całą powierzchnię omawianego terenu. Miąższość nadkładu jest bardzo różna i waha się od 1 m w partii centralnej wyniesienia do kilku metrów na jego peryferiach. Gleba słabo rozwinięta, próbki do badań pobierano z podglebia, które budują różnoziarniste piaski kwarcowe, niekiedy z niewielką ilością ilu. Lokalizację profili geochemicznych na tle mapy geologicznej okolicy przedstawia ryc. 1.

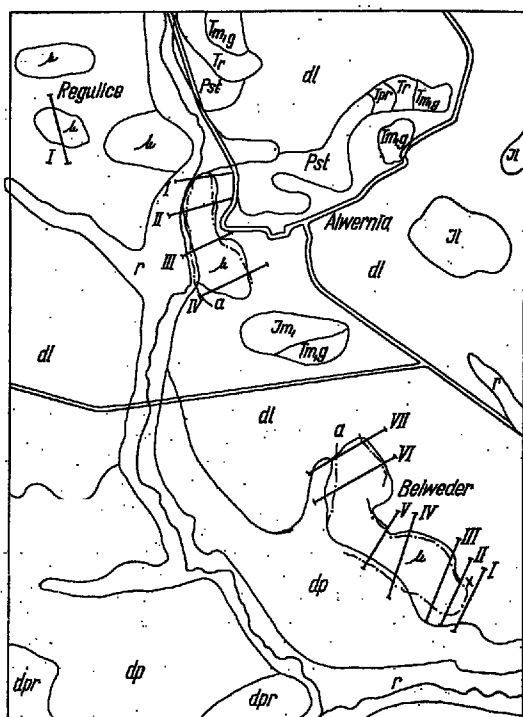
Melafiry Alwerni, megaskopowo podobne, budują wzgórza klasztorne wyraźnie dominujące w morfologii omawianego obszaru. Leżą one pod niewielką miąższością nadkładem glin lessopodobnych z wyraźnie rozwiniętą strefą glebową czarną, próchniczą (teren porośnięty lasem). Probki do badań pobierano z podglebia, które stanowiły utwory o charakterze gliniastym, jedynie we wschodnich częściach profili próbki pobierano z tarasu rzecznoego. Strefa zwietrzliny melafiru jest tu słabo rozwinięta i trudno dostępna do obserwacji.

Najlepiej odsłonięte są lawy melafirów w kamieniołomach w miejscowości Regulice, gdzie już megaskopowo wyróżnić można szereg odmian tych skał reprezentujących poszczególne stadia erupcji wulkanicznych. Nadkład melafiru stanowi kilkudziesięciocentymetrowa warstwa zwietrzliny ilastej z domieszką frakcji mułkowej z okruchami skały wylewnej, barwy brązowej, miejscami wyraźnie czerwonej. Powyżej leży seria gliniasto-piaszczystych osadów polodowcowych z wyraźnie wykształconą powłoką gleby o miąższości ok. 20 cm. Teren Regulic stanowi trudny obiekt do wykonywania prac geochemicznych ze względu na liczne wyrobiska i rozległe obszary pokryte zwałami. Usytuowano tu tylko profil poziomy i jeden pionowy, w miejscach odległych od kamieniołomów.

Z tych samych względów i w analogiczny sposób opróbowano strefę występowania diabazu w Niedźwiedziej Górze (ryc. 2). Skały diabazowe tworzą tu intruzje w utworach karbonu i są odsłonięte w rozległym kilkupoziomowym kamieniołomie. W partii szczytowej wzgórza, które budują, diabazy są przykryte piaszczystymi osadami polodowcowymi o miąższości od około jednego do kilku metrów. Gleba słabo

SKŁAD CHEMICZNY MELAFIRÓW (A) I MELAFIRÓW ZWIETRZALYCH (B)

Składniki w % wag.	Rudno (a)	Poręba-Zegoty (b)	Alwernia (a)	Regulice (a)	Uwagi
SiO ₂	51,72	57,86	52,67	52,00	Dane wg Prace IG, t. XXVI, 1961 oraz wg Prace IG, t. XXV, 1959
TiO ₂	1,20	1,58	2,58	2,01	
Al ₂ O ₃	14,79	13,08	13,66	14,08	
Fe ₂ O ₃	9,42	6,76	7,33	8,40	
FeO	1,17	0,93	1,44	1,09	
MnO	0,29	0,41	0,78	0,72	
MgO	4,79	3,41	4,01	3,91	
CaO	7,05	1,24	7,94	9,61	
Na ₂ O	3,70	2,63	3,79	3,83	
K ₂ O	2,41	8,93	2,51	2,58	
P ₂ O ₅	0,50	0,38	0,52	0,49	
+H ₂ O	1,41	2,02	1,51	0,42	
-H ₂ O	1,45	1,09	1,07	0,91	
Inne	—	F ₂ = 0,05; -0 = F ₂ = 0,03 śl.	-0 = F ₂ = 0,07 F ₂ = 0,17; —	F ₂ = 0,18 -0 = F ₂ = 0,08 śl.	
CO ₂	—	—	—	—	
Suma	100,32	99,90	100,34	100,15	



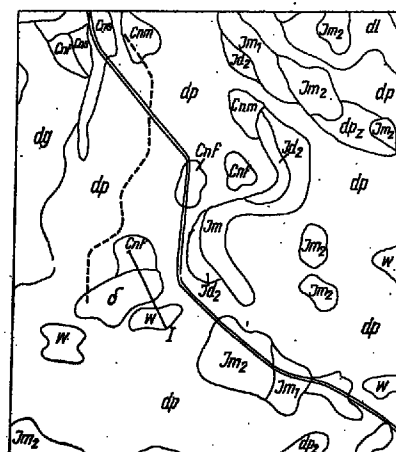
Ryc. 1. Mapa geologiczna rejonu Alwerni, wg S. Doktorowicz-Hrebnińskiego.

μ — melafiry, Pst — tufy, tuffity, Tm₁ g. Tr, Tp — trias, J1, Jm₁ — jura, dl, dp, r, w — czwartorzęd, I—VII — profile geochemiczne, a — strefa podwyższonych zawartości niklu.

Fig. 1. Geologic map of the Alwernia region (according to S. Doktorowicz-Hrebniński).

μ — melaphyres, Pst — tuffs, tuffites, Tm₁ g. Tr, Tp — Triassic, J1, Jm₁ — Jurassic, dl, dp, r, w — Quaternary, I—VII — geochemical sections, a — zone of increased nickel contents.

rozwinęta, o różnej, na ogół mniejszej niż 20 cm miąższości. Teren w większości pokryty różnowiekowym mieszanym lasem. Strop diabazu stanowi strefa zwietrzliny brązowej, pylastej z okrucami skalnymi, częściowo wymieszanej z utworami czwartorzędowymi (ryc. 4).



Ryc. 2. Mapa geologiczna rejonu Niedzwiedziej Góry, wg S. Doktorowicz-Hrebnińskiego.

Cnf, Cns, Cnm — karbon (namur), δ — diabaz (pozostałe objaśnienia jak na ryc. 1).

Fig. 2. Geologic map of the Niedzwiedzia Góra region (according to S. Doktorowicz-Hrebniński).

Cnf, Cns, Cnm — Carboniferous (Namurian), δ — diabase (other explanations as in Fig. 1).

SKŁAD MINERALNY, CHEMICZNY, KOMAGMATYZM KRAKOWSKICH SKAŁ MAGMOWYCH

Używane powszechnie dla magmowców krakowskich typu zasadowego nazwy melafir, czy diabaz są określeniami o charakterze technicznym. Skład mineralny i chemiczny tych skał ustalony na podstawie nowszych badań (2) pozwala na bardziej jednoznaczne ich zaklasyfikowanie. Melafiry omawianego rejonu charakteryzują się strukturą intersertalną, teksturą zbitą lub migdałową z wyraźnymi cechami fluidalności. Budują je listewki plagioklazów o składzie zasadowego andezynu lub kwaśnego labradoru. Przestrzenie między nimi wypełniają okrągłe lub ksenomorficzne ziarna augitu (typ augitów salitowych), brunatne szkliwo z ciemnymi globulitami oraz rzadziej ksenomorficzne partie ortoklazów. Charakterystycznym minerałem femicznym jest piroksen jednoskośny. Spotyka się iddingsytowe pseudomorfozy po oliwinie oraz relikty tego ostatniego. Mineralami

akcesorycznymi są: magnetyt, ilmenit i apatyt. W miarach skały stwierdzono obecność minerałów leptochlorytowych oraz serpentynowych z kalcytem i kwarcem, rzadziej zeolity. Skład chemiczny tych skał przedstawia tabela I.

Bardziej zbite partie melafirów wykazują większe nagromadzenia idyngsytu i prawie zupełny brak wakuol. W tych partiach skała wykazuje charakter diabazu augitowego. Diabaz z Niedźwiedziej Góry stanowi ciemnoszarą zbitą skałę, w której wyróżniono odmianę grubokrystaliczną (bardziej powszechną) i drobnokrystaliczną. Posiada on strukturę ofitową bądź dolerytową, często z wyraźnymi znamionami tekstury fluidalnej. Budują je listewki plagioklazów (kwaśny andezyn, czasem labrador), interstycję między nimi wypełnia hipersten i rzadziej augit oraz kwarc. Sporadycznie niż w melafirytach spotyka się serpentynowo-opalowe pseudomorfozy po oliwinie. Akcesorycznie występują: apatyt, magnetyt, ilmenit oraz biotyt jako minerał wtórny po hiperstenu. Analizy chemiczne diabazów podano w tab. II.

Skałę tę określono jako diabaz hiperstenowo-kwarcowy (2), jednak duża zawartość krzemionki i K_2O oraz mała zasadowość plagioklazów zbliża ją do trachyandezytu. Wyniki badań składu chemicznego krakowskich skał zasadowych wykazują pewną nietypowość tych magmowców, jak np. zbyt duża zawartość SiO_2 i Al_2O_3 i alkaliów, obecność kwarcu i ortoklazu obok oliwinu, istnienie szkliva itd, co pozwala wiązać te skały w prowincję występowania magmy toleitowej. Ekstruzje te zachodziły na lądzie w okresie tworzenia się form platformowych.

Dyskutowane od dawna zagadnienie komagmatyzmu krakowskich skał magmowych zostało szczegółowo omówione w pracy S. Bukowego i S. Cebulaka (2). Wnioski tych autorów odnośnie do komagmatyzmu wszystkich znanych dotychczas w tym rejonie skał magmowych różnych typów wiążą genezę wymienionych skał z rozwojem tektonicznym całego rejonu i poszczególnymi jego etapami. Tak więc interesujące nas skały wulkaniczne diabazowo-dacytowe i melafirowe występujące na obszarze zagłębia zaliczają autorzy do trzeciej grupy i traktują jako zespół skalny związany z postorogenicznym okresem głębokich pęknięć odnawiających działalność zarówno magm kwaśnych, jak i zasadowych. Zachodzić tu mogą zjawiska kontaminacji, czy jak przyjmuje Z. Rozen (13) zjawiska połowicznej dyferencjacji magmy.

PNEUMATOLIZA I PROCESY WIETRZENIOWE KRAKOWSKICH SKAŁ MAGMOWYCH

Już od momentu zastygania law melafirowych, czy ekstruzji diabazowych zachodzą procesy geochemiczne o charakterze pirogenicznym, a także hypergenicznym, których wynikiem są wyraźne zmiany zarówno w wyglądzie skały, jak i w jej składzie. Zespół tych zjawisk w odniesieniu do omawianych skał krakowskich jest jeszcze słabo poznany. A. Gaweł (5) zwraca uwagę, że obserwowane pseudomorfozy chlorytu po oliwinie (w diabazie z Niedźwiedziej Góry), czy idyngsytu (w melafirach Alwerni, Poręby) są wynikiem pneumatolizy. W czasie krzepnięcia lawa pozbywa się części składników femicznych i następuje względne wzbogacenie skały w Na, K, H_2O . Pod wpływem wody, przy jednoczesnym utlenianiu następuje rozkład oliwinu i tworzenie się wyżej opisywanych pseudomorfoz. W tym etapie nastąpiło także uwolnienie jonów niklu, wchodzącego zazwyczaj w skład oliwinu w stanie endokryptnym.

Do ciekawszych wniosków doszedł także cytowany autor (12) badając skład mineralny wypełnień wakuol w melafirach krakowskich, co pozwoliło na wyodrębnienie szeregu etapów przemian geochemicznych. Pierwszym etapem tych przemian jest tworzenie się na ściankach wakuol cienkiej powłoczki krzemionkowej zabarwionej niekiedy na zielono od współwystępującego delessytu lub czerwonawo od tlenków żelaza. Nieco później zostały osadzone czerwonawe kryształki heulandytu.

Następny etap mineralizacji stanowi wydzielanie się kalcytu w szczelinach i pustkach skalnych. Kryształki tego minerału zostały z czasem częściowo lub całkowicie rozpuszczone pod wpływem zasobnych w krzemionkę roztworów, o czym świadczą liczne relikty tych kryształków w agatach. Procesowi temu towarzyszy wydzielanie się większych ilości delessytu barwiącego agaty i jaspisy na zielono. Prawie jednocześnie wydziela się piliolit. Obydwa te minerały (delessyt i piliolit) mogą się tworzyć także w pustkach skalnych i szczelinach nie powleczonej warstwą krzemionki. Końcowym etapem wytrącania się krzemionki są (nierzadko spotykane w Belwederze) druzi ametystowe powstające równolegle z drobnymi ilościami getytu. Sporadycznie występuje baryt, na ogół wypierany przez krzemionkę. Nie stwierdzono natomiast nigdzie istotnych przeobrażeń na kontakcie skał magmowych ze skałami osadowymi.

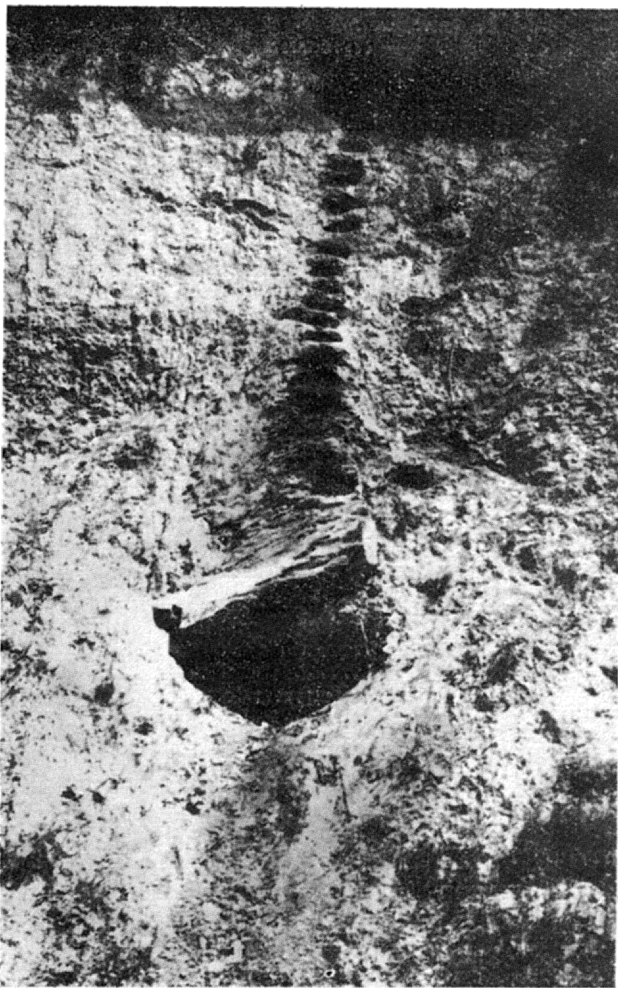
Poglądy na sposób wietrzenia krakowskich skał magmowych są nadal dyskutowane. Chodzi tu szczególnie o zjawiska kalifikacji tych skał, stwierdzone przez Z. Rozena. Szeroka dyskusja tych poglądów podana jest w pracy S. Siedleckiego (14). Proces kalifikacji ma stanowić wczesny etap wietrzenia skały magmowej i polega na wzbogaceniu jej w potas. Zjawisko to objawia się makroskopowo w postaci zbieżenia całej skały, zaś w początkowym etapie zbieżenia obejmuje prakryształ plagioklazów, które ulegają wyługowaniu i zastąpione są m. in. przez skałki potasowe. Zjawisko to wiąże A. Gaweł (5) z działalnością hydrotermalnych wód występujących. Z obserwacji tego autora wynika, że omawiany proces zbieżenia skał postępuje wzdłuż szczelin i spękań ciosowych, a w diabazie z Niedźwiedziej Góry tego typu zmiany zaobserwowano także w strefie kontaktowej diabazu z podłożem. Gorące powulkaniczne roztwory wstępujące, bogate w potas, atakowały składniki femiczne skały, z których jedynie biotyt pozostaje nie zmieniony, powodując zastąpienie skaleni sodowo-wapiennych przez ortoklaz i krzemionkę. Wyżej cytowany badacz ustalił, że proces ten miał miejsce między retem a doggerem i wiąże go z początkiem orogenezy starokimeryjskiej.

Nowsze badania (S. Połtowicz, W. Heflik cytują za A. Bolewskim, M. Turnau-Morawską — 1) nie potwierdzają ani wcześniejszych sugestii Rozena odnośnie do wiązania tego procesu z hipergenezą, ani wyżej przedstawionego poglądu A. Gaweł. Wyniki nowych badań są raczej zgodne z obserwacjami A. Bolewskiego (1, 14), który w zasadzie neguje istnienie procesu kalifikacji i udowadnia, że analizy skał wykazujące podwyższoną zawartość K pochodzą z odmiennych genetycznie skał magmowych bogatszych w potas. Ponieważ trudno jeszcze o jednoznaczną wypowiedź w tej kwestii, przyjęto na ogół, że wietrzenie skał magmowych rejonu krakowskiego zmierza w kierunku kaolinizacji dając w efekcie produkty ilaste.

Rozwój strefy wietrzenia diabazów z Niedźwiedziej Góry przebadali J. Broder (patrz poz. 14), który ustalił, że wietrzenie to zachodzi w dwóch kierunkach zmierzających do jednego efektu końcowego, jakim jest serycytyzacja. Pierwszy sposób wietrzenia polega przede wszystkim na rozkładzie skaleni, następnie minerałów femicznych. Natomiast w strefie w pobliżu kontaktu diabazu z podłożem zaobserwowano odwrotną od wyżej opisaną kolejność rozkładu minerałów. Końcowym efektem tych zmian jest w obu przypadkach serycytyzacja, która nie zachodzi w przypadku kalifikacji skał. Według A. Bolewskiego, M. Turnau-Morawskiej (1) serycytyzacja zachodzi w temperaturach 500—250°C, w niższych zaś proces ten stopniowo przechodzi w kaolinizację.

Reasumując powyższe rozważania należy stwierdzić, że kaolinizacja stanowi podstawowy proces wietrzenia krakowskich skał magmowych. W omawianym rejonie nie wykształciły się na większą skalę osady rezydualne, jak to można obserwować np. w obszarach występowania różnych typów skał zasadowych w Sudetach. Leżące w strople melafiru, czy

Składniki	Niedźwiedzia Góra I (a)	Niedźwiedzia Góra (a)	Niedźwiedzia Góra (a)	Niedźwiedzia Góra (b)	Regulice (b)	Uwagi
SiO ₂	54,56	54,42	54,37	52,30	49,90	Dane wg Prace IG, t. XXV, 1959 i Prace IG, t. XXVI, 1961
TiO ₂	1,84	1,95	1,83	1,7	1,25	
Al ₂ O ₃	14,12	14,11	14,01	14,59	20,90	
Fe ₂ O ₃	3,45	3,65	3,49	9,52	11,69	
FeO	6,12	6,13	6,23	3,34	0,12	
MnO	0,91	0,93	0,86	0,52	0,49	
MgO	3,86	3,94	3,85	3,52	1,28	
CaO	6,49	6,59	6,43	5,33	3,07	
Na ₂ O	4,01	3,95	3,91	1,51	1,26	
K ₂ O	1,86	2,03	1,90	3,26	1,62	
P ₂ O ₅	1,10	0,98	0,92	0,60	0,24	
+H ₂ O	0,59	0,60	0,66	1,95	6,02	
-H ₂ O	0,99	0,80	1,05	1,73	1,77	
CO ₂	—	—	—	—	0,42	
Inne	F ₂ = 0,48 -0 = F ₂ = 0,20	CuO — śl. F ₂ = 0,47 -0 = F ₂ = 0,20	F ₂ = 0,51 -0 = F ₂ = 0,20	F ₂ = 0,05 -0 = F ₂ = 0,03		
Suma	100,18	100,35	99,82	100,39 (99,89)	100,03	



Ryc. 3. Strefa wietrzenia melafiru w rejonie Belwederu; widoczne miejsca pobrania próbek. Fot. autor.

Fig. 3. Weathering zone of melaphyre in the Belweder region. Sampling sites are seen (phot. by the author).



Ryc. 4. Strefa wietrzenia diabazu w Niedźwiedziej Górze; widoczna tabliczkowata oddzielność skały, zredukowana warstwa zwietrzliny. Fot. autor.

Fig. 4. Weathering zone of diabase at Niedźwiedzia Góra. Table-like cleavage of rock, and reduced bed of weathered materials may be seen (phot. by the author).

ZAWARTOŚĆ PIERWIĄTKÓW ŚLADOWYCH W KRAKOWSKICH SKAŁACH MAGMOWYCH

Rodzaj skały (miejscowość)	Cu	Ni	Cr	V	Pb	Mo	Uwagi
Melafir (Rudno)	70	110	140	150	10	śląd <1	Dane liczbowe w ppm
Melafir (Regulice)	75	100	130	140	10	śląd <1	Oznaczenia wg Z. Michałka i W. Zabińskiego (10)
Melafir (Alwernia)	65	110	130	160	10	śląd <1	
Melafir (Poręba-Belweder)	60	100	130	150	10	śląd <1	
Diabaz (Niedźwiedzia Góra)	50	80	70	110	20	1,5	
Diabaz (Wielkie Drogi)	60	110	100	130	20	1	
Porfir (Miękinia)	30	40	15	40	25	1	
Porfir (Załas)	30	40	15	40	25	1	
Porfir (Dubie)	30	30	10	40	30	1	
Porfir (Baczyn)	40 _a	30	10 (śląd)	30	30	1	
Średnia zawartość w skałach wylewnych: kwaśne	30	8	25	40	48	1,9	
zasadowe	140	160	300	200 _a	12	1,4	

diabazu osady wietrzeniowe są wykształcone (przynajmniej w dostępnych autorowi wyrobiskach) fragmentarycznie i mają niewielką miąższość. W rejonie Belwederu i w Niedźwiedziej Górze zauważa się wyraźnie wymieszanie serii wietrzeniowej z osadami ją przykrywającymi (polodowcowymi) — ryc. 3, 4.

GEOCHEMIA STREFY WIETRZENIA MAGMOWCÓW KRAKOWSKICH TYPU ZASADOWEGO

Koncentracja danego pierwiastka w utworach nadkładu pokrywającego skałę (czy złoże) będącą jego źródłem zależy od zawartości tego pierwiastka w skałe świeżej (pierwotnej), od stopnia jej zwietrzenia i podatności badanego pierwiastka na proces przemieszczania się, w którym podstawową rolę odgrywa woda. Stąd nasuwa się wniosek, że pierwiastki śladowe muszą występować w strefie wietrzenia w formie związków chemicznych o mniejszej lub większej rozpuszczalności w wodzie. Pominięto tu rozważania co do suchej dyfuzji jonów oraz tworzenia się okrucich potoków rozszania (przedstawione tu badania geochemiczne dotyczą tworzenia się anomalii chemicznych). Z praktyki wykonywania prac polowych wiadomo, że duży wpływ na koncentrację pierwiastka w glebie ma morfologia terenu. Niejednokrotnie stwierdzono wysokie zawartości badanych składników w obniżeniach morfologicznych, które nie wykazują zależności genetycznej ze skałami leżącymi poniżej.

CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA KRAKOWSKICH SKAŁ MAGMOWYCH

Koncentracje miedzi, niklu, chromu, wanadu, ołowiu i molibdenu w świeżych skałach magmowych rejonu Krakowa zamieszczono w tab. III, w której podano również na podstawie najnowszej literatury średnie zawartości tych elementów w skałach magmowych kwaśnych i zasadowych. Z analiz tego zestawienia wynika, że:

a) zawartości badanych pierwiastków w melafirach i porfirach omawianego rejonu są na ogół mało zmienne.

b) różnice wykazują jedynie dane odnośnie do diabazów, co można wiązać ze zmiennością składu tych skał w wierceniu Wielkie Drogi (10).

c) zawartości większości z badanych pierwiastków łączy się ściśle z zasadowością tych skał.

d) melafiry i diabazy okręgu krakowskiego charakteryzują się stosunkowo niską zawartością pierwiastków śladowych typowych dla skał zasadowych, jak: Ni, Cu, Cr, V, gdy w porfirach stwierdza się

4—5 razy więcej niklu, a ilość miedzi i wanadu jest zgodna ze średnią zawartością podaną dla skał kwaśnych (6), chromu mniej więcej o połowę mniejsza, mniej jest również ołowiu i molibdenu.

e) zawartości pierwiastków śladowych w kwaśnych i zasadowych skałach magmowych krakowskich podkreśla ich podobieństwo i znaną ogólnie nietypowość tych skał.

Danych dotyczących koncentracji pierwiastków śladowych w glebie i w nadkładzie melafirów i diabazów rejonu krakowskiego dostarczyły geochemiczne badania polowe, które pozwoliły na prześledzenie zmian ilości pierwiastków w glebie (w poziomie) oraz w nadkładzie tych skał (w kierunku pionowym). Zmienił się zestaw oznaczanych pierwiastków. Oprócz Ni, Pb, Cr i Cu oznaczono spektralnie zawartość Co, Zn, Mn, a zrezygnowano z ustalenia ilości wanadu i molibdenu.

CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA STREFY WIETRZENIA SKAŁ MAGMOWYCH TYPU ZASADOWEGO

Z obserwacji terenowych poczynionych w naturalnych i sztucznych odkrywkach skał magmowych wynika, że strefa zwietrzliny omawianych skał magmowych jest wykształcona w postaci zredukowanej, około 1 m miąższości warstwy. Jest to na ogół sedyment sypki o frakcji pylastej, ilastej, barwy żółtobrązowej, niekiedy wiśniowej, z licznymi ostrokrawędzistymi okruciami skalnymi. W partii stropowej tych osadów widoczne jest niekiedy wyraźne zapiaszczenie, a dość często ślady rozmycia. Rozmieszczenie pierwiastków śladowych w profilu pionowym przedstawia ryc. 7.

Strefa zwietrzliny melafirów charakteryzuje się wyraźnym wzrostem zawartości przede wszystkim niklu, chromu, kobaltu, cynku i ołowiu w porównaniu z koncentracjami tych pierwiastków w utworach czwartorzędowych, pokrywających strefę zwietrzliny. Jedynie strefa gleby i podglebia wykazuje wyraźne podwyższenie zawartości omawianych elementów, co szczególnie dobrze ilustrują wykresy dla niklu, chromu, ołowiu i miedzi. Przebieg krzywej rozprzestrzenienia manganu nie jest jednoznaczny, w każdym razie najwyższą jego zawartość rzędu 1000 ppm stwierdzono w zwietrzelinie melafiru.

Druga strefa podwyższonych zawartości omawianych pierwiastków (z wyjątkiem Zn i Pb) w utworach czwartorzędowych leży na głębokości 0,6—1 m, co jak to wynika z analizy różnych opracowań dotyczących geochemii prospekcyjnej należy wiązać z tym, że w przypadku gleb o charakterze kwaśnym strefa najwyższych koncentracji pierwiastków w pro-

Tabela IV

ZAWARTOŚCI PIERWIĄSKÓW ŚLADOWYCH W GLEBIE I ZWIETRZELINIE NAD SKALAMI ZASADOWYMI REJONU KRAKOWA

Pierwiastek		Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Mn	Ni/Co	Uwagi
rejon										
Poreba-Belweder	melafiry									
	gleba średnia	20—200 67	100—700 —	10—100 34	20—645 200	5—70 26	15—400 109	300—1000 504	>4	Dane liczbowe w ppm
	zwietrzelina średnia	40—170 73	100—200	10—80 27	100—425 225	10—55 30	20—200 114	400—1500 617	>8	
Alwernia-Regulice	melafiry									
	gleba średnia	25—70 45	100—300	10—50 25	20—200 130	10—35 27	20—150 83	500—1000 813	>2	Dane liczbowe w ppm
Niedźwiedzia Góra	diabazy									
	gleba średnia	nie bad.	nie bad.	nie bad.	20—250 150	nie bad.	nie bad.	nie bad.	—	Dane liczbowe w ppm
	zwietrzelina średnia	nie bad.	nie bad.	nie bad.	88—260 173	nie bad.	nie bad.	nie bad.		
Dane ogólne	gleba średnia	2—100 20	10—300 50	2—200 10	5—500 40	1—40 8	5—1000 200	200—3000 850	>5	Dane liczbowe w ppm wg H. E. Hawkesa i J. S. Webba (6)

WYSTĘPOWANIE PIERWIĄSKÓW ŚLADOWYCH W MINERALACH KRAKOWSKICH SKAŁ MAGMOWYCH

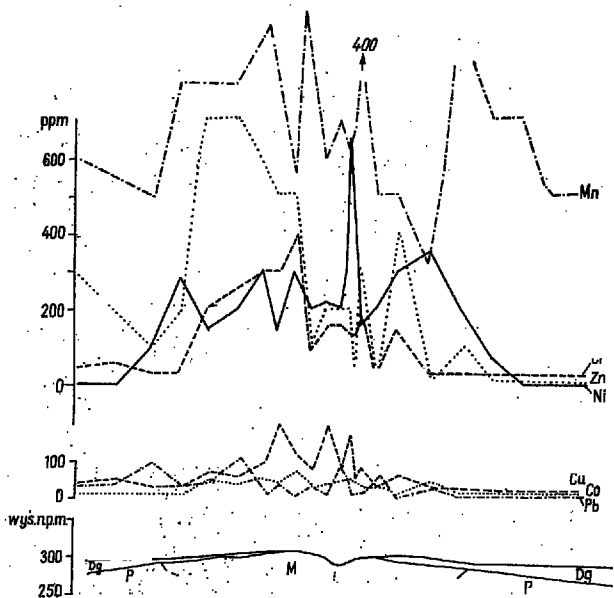
Tabela V

Pierwiastek	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Cr	Mn
Minerał							
Plagioklasy	+	+	+				
Pirokseny	+	+	+	+	+	+	+
Oliwin	+	+	+	+	+	+	+
Chloryt				+	+		+
Biotyt		+	+	+	+		+
Iddingsyt				+	+		+
Magnetyt				+	+	+	
Limonit	+			+	+	+	+
Ilmenit				+	+	+	
Getyt				+	+	+	+
Pikolit				+	+		
Delessyt				+	+		
Min. z grupy serpentynu	+			+	+	+	
Heluandyt							
Apatyt	+	+					

CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA STREFY PODGLEBIA

Używane popularnie określenie „geochemiczne zdjęcia glebowe” nie jest ścisłe, bowiem na ogół do badań powierzchniowych pobiera się próbki z pewnej głębokości, najczęściej z podglebia, zwłaszcza gdy oznaczenie badanego pierwiastka prowadzi się metodą moką. Próbka gleby, nie zawsze jest wzbogacona w dany pierwiastek, poza tym wzbogacenie to lub zubożenie może być przypadkowe. W oznaczeniach przeszkadzają także substancje humusowe, które przy reakcjach barwnych stosowanych do oznaczeń maskują właściwą (typową) barwę reakcji chemicznej. Próbki do badań powierzchniowych pobierano z głębokości ok. 30 cm, którą ustalono na podstawie analizy rozprzestrzenienia koncentracji niklu w profilu pionowym (ryc. 7).

Oznaczenia zawartości niklu wykonywano metodą kompleksometryczną, a zawartości pozostałych pierwiastków metodą spektralną. Na załączonej mapce (ryc. 1) podano zarysy stref wzbogaconych w nikiel. Warto zaznaczyć, że przebieg granic tych stref jest



Ryc. 5. Zestawienie profili geochemicznych ze schematycznym przekrojem geologicznym w rejonie Belwederu.

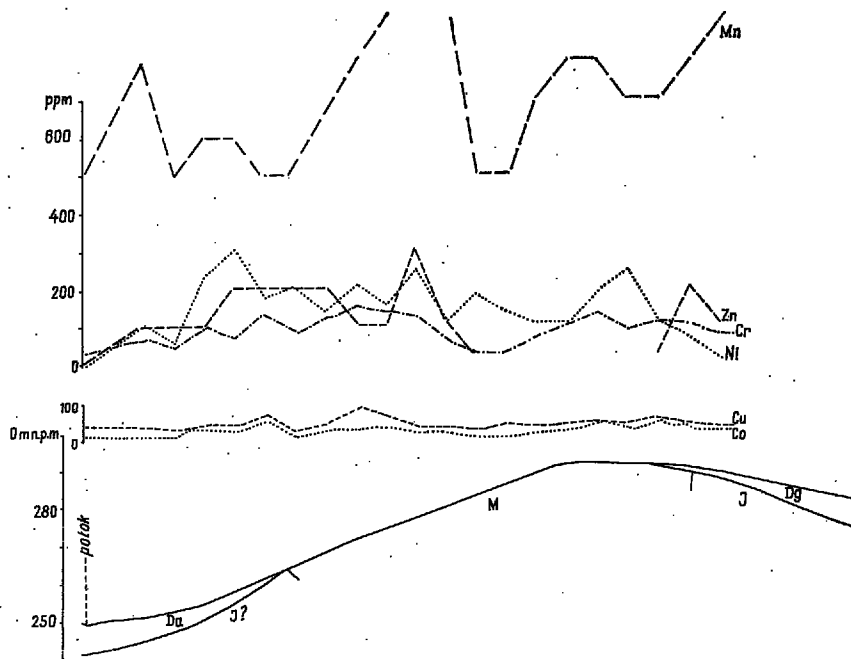
Dg — czwartorzęd, P — arkoza kwaczalska, M — melafiry.

Fig. 5. Comparison of geochemical sections and diagrammatic geological section in the Belweder region.

Dg — Quaternary, P — Kwaczalska arkose, M — melaphyre.

filu pionowym wiąże się z większymi głębokościami (śred. na 0,7 m od powierzchni terenu). Koncentracje niklu w strefie wietrzenia melafirów omawianego rejonu przekraczają 1,5—2,5 raza ilości tego pierwiastka oznaczone w skale świeżej.

Analogiczne rozważania co do rozprzestrzenienia niklu w profilu pionowym można przeprowadzić na wykresie sporządzonym dla rejonu Niedźwiedziej Góry, gdzie opróbowaniu poddano strefę wietrzenia diabazu oraz osady ją pokrywające. Koncentracja tego pierwiastka w zwietrzelinie jest tu 1,5 raza większa od jego ilości wykrytej w skale świeżej. Zawartości omawianych pierwiastków w nadkładzie i zwietrzelinie skał magmowych rejonu krakowskiego zestawiono w tab. IV.



Ryc. 6. Zestawienie profili geochemicznych ze schematycznym przekrojem geologicznym w rejonie Alwerni.

Dg — czwartorzęd, M — melafir, J — jura.

Fig. 6. Comparison of geochemical sections and diagrammatic geological section in the Alwernia region.

Dg — Quaternary, M — melaphyre, J — Jurassic.

podyktowany morfologią terenu. W kierunku obniżenia terenu biegną one poza granicę najpłytszego występowania skał magmowych. Zjawisko to jest także widoczne na ryc. 5, 6, przedstawiających wykres wybranych pierwiastków śladowych na profilu w rejonie Alwerni.

Analizując wykresy geochemiczne zestawione ze schematycznymi przekrojami geologicznymi przez rejon badań (ryc. 5, 6) można wnioskować ze sposobu zachowania się wykresów tych pierwiastków, że niektóre z nich mają podobny kształt i osiągają wartości maksymalne i minimalne mniej więcej na tych samych odcinkach profilów. Są to zatem pierwiastki tworzące paragnezę typową dla omawianych skał zasadowych. Wymienić tu należy przede wszystkim nikiel, kobalt, chrom oraz częściowo cynk i mangan. Porównanie średnich zawartości poszczególnych pierwiastków w glebach rejonu krakowskiego z analogicznymi średnimi zawartościami podanymi w pracy H.E. Howkesa i J. S. Webba (6) pozwala stwierdzić że ich ilości w badanym rejonie są kilkakrotnie wyższe (niklu pięciokrotnie, kobaltu przeszło czterokrotnie, manganu przeszło półtora raza, ołowiu i miedzi trzykrotnie).

Większe są także koncentracje cynku, jedynie chromu stwierdzono o połowę mniej w porównaniu ze średnimi zawartościami zestawionymi w wyżej cytowanej pracy (6). Wyliczony stosunek koncentracji niklu do kobaltu w badanym rejonie wyraża się zawsze liczbą całkowitą. Charakterystyczne dane liczbowe dla zawartości pierwiastków śladowych w glebie i w zwietrzelinie skał zasadowych rejonu krakowskiego zestawiono w tab. IV. Analizy krzywych dystrybucji (rozdziału) wykreślonych dla poszczególnych pierwiastków wykazały, że nie tworzą one wybitnych stref anomalnych, wszędzie natomiast stwierdza się wyraźne podwyższenie ich koncentracji.

GENEZA KONCENTRACJI PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH W STREFIE WIETRZENIA

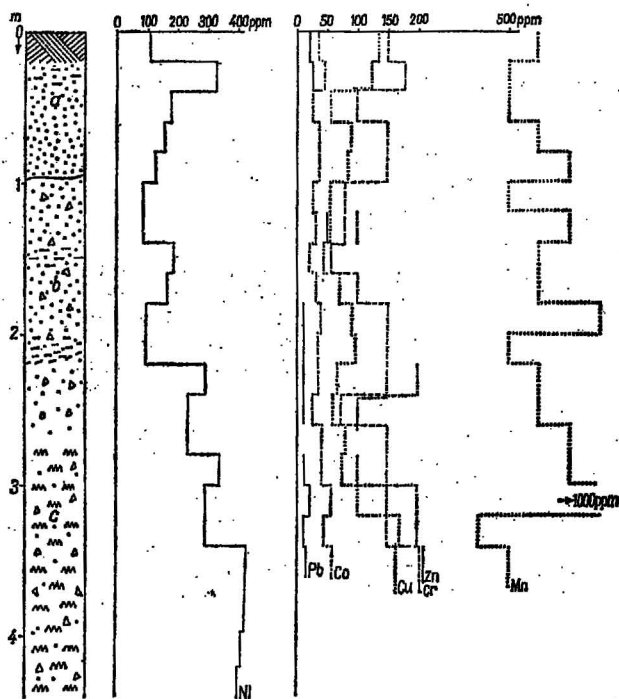
Zagadnienie pochodzenia badanych pierwiastków śladowych jest bardzo skomplikowane i niniejsze rozważanie należy traktować jako próbę jego wyjaśnienia. Nie ulega wątpliwości, że skałą macierzystą, z której pierwiastki te migrują w otoczenie są skały magmowe (w naszych rozważaniach melafiry i diabazy) zbudowane z minerałów, zawierających w swoim składzie omawiane pierwiastki. Analizę tych zawartości w minerałach skałotwórczych wykonali na podstawie danych z literatury Z. Michałek i W. Za-

biński (10). Zamieszczona tabela V jest oparta częściowo o wiadomości zaczerpnięte z wyżej cytowanego opracowania oraz poszerzona o badania minerałów niklowych rejonu Szklar wykonanych przez B. Ostrowskiego (11). Zaznaczono w niej minerały, w których stwierdzono zawartość danego pierwiastka. Nie oznacza to jednak, że w innych z wymienionych tu minerałów nie może on występować — brak jest jak dotychczas danych zarówno w naszej literaturze, jak i obcej. W tabeli tej wymieniono wszystkie stwierdzone minerały pierwotne i wtórne (oprócz kalcytu i kwarcu) w świeżych i zwietrzałych krakowskich skałach magmowych typu zasadowego.

Wprowadzenie danego pierwiastka do procesu migracji odbywa się zwykle wskutek zwietrzenia minerału, w którym tworzy on izomorficzne podstawienia głównego pierwiastka (np. Ni podstawia Mg w krzemianach typu oliwinu, chrom zastępuje izomorficznie Fe⁺⁺ i Fe⁺⁺⁺). Uwolnione pierwiastki tworzą związki chemiczne rozpuszczane (przynajmniej częściowo) w wodzie krążącej w szczelinach i w nadkładzie danej strefy i rozpoczynają kolejną wędrówkę w tych skałach. W strefach szczególnie predysponowanych dochodzi do wytrącenia się tych związków i ich akumulacji (np. wskutek nagłych zmian pH roztworu, absorpcji w strefach występowania skał ilastych, w podglebiu itd). Na ogół nie znamy dokładnie struktury większości tych związków, a na temat ich tworzenia się w strefie migracji wiemy bardzo mało, stąd odtworzenie wędrówki danego pierwiastka jest bardzo trudne i hipotetyczne.

Z przedstawionych tu badań wynika, że w strefach wietrzenia krakowskich skał magmowych typu zasadowego koncentracje: Ni, Cu, Pb, Zn, Co, Cr są większe niż ich zawartości stwierdzone w skałach świeżych. Ze strefy wietrzenia pierwiastki te wraz z wodą wędrują ku powierzchni w utwory czwartorzędowe, w których jak to już wyżej wykazano tworzą się zależnie od głębokości dwie strefy wzbogacenie. Należy zwrócić uwagę na fakt, że utwory czwartorzędowe (piaski, gliny, ły) zawsze zawierają w swym składzie pewne (zwykle niewielkie) ilości tych pierwiastków, jednak zawartości stwierdzone w rejonie krakowskim są znacznie wyższe (tabela IV) i niewątpliwie wzbogacenie to ma związek z niżej leżącą strefą wietrzenia skał magmowych.

W wędrówce pierwiastków śladowych w strefie przypowierzchniowej w kierunku poziomym decydującą rolę odgrywają również wody. Jony metali są przenoszone wraz z roztworami i wytrącane w róż-



Ryc. 7. Zmiany koncentracji pierwiastków śladowych w profilu pionowym (rejon Belwederu).

a — piaski kwarcowe, w stropie gleba, b — piaski kwarcowe, nieco zalzone, z glazkami, c — zwietrzelina melafiru, w stropie zaplasczona.

Fig. 7. Changes in concentration of trace elements in vertical section (region of Belweder).

a — quartz sands, soil at the top, b — quartz sands, slightly clayey, with pebbles, c — weathered melaphyre, arenaceous at the top.

nych odległościach od strefy pierwotnej, zależnych od właściwości danego pierwiastka i fizyczno-chemicznych własności środowiska. Na podstawie wykonanych prac geochemicznych w rejonie Krakowa, a także w Sudetach i Górach Świętokrzyskich (4a, 9, 10) można stwierdzić, że nikiel, kobalt, chrom i ołów nie wykazują wybitnych tendencji do migracji, a elongacje tych pierwiastków nie są duże.

WNIOSKI

Wnioski wypływające z wykonania przedstawionych tu badań geochemicznych można ująć w następujący sposób:

1. Rejon występowania krakowskich skał magmowych stanowi ciekawą, nietypową prowincję geochemiczną charakteryzującą się podwyższonymi zawartościami głównych pierwiastków śladowych (Ni, Co, Cr, Pb, Zr, V i częściowo Mn) w kwaśnych skałach magmowych (porfiry) i nieco zaniżoną zawartością tych pierwiastków w skałach o charakterze zasadowym (melafiry, diabazy). Wiąże się to zjawisko z nietypowym składem chemicznym i mineralnym tych skał oraz ich komagmatyzmem.

2. Zwietrzeliny skał magmowych typu zasadowego wykazują kilkakrotnie wyższe koncentracje niż skały świeże badanych pierwiastków śladowych (szczególnie niklu). Nigdzie jednak nie stwierdzono koncentracji o charakterze złożowym.

3. Utwory czwartorzędowe wykazują wyraźne wzbogacenie w analizowane pierwiastki, które nie tworzą jednak wybitnych glebowych anomalii geochemicznych.

4. Stosowane w rejonie krakowskim metody prospekcji geochemicznej (metoda kompleksometryczna dla Ni i spektralna dla wszystkich pierwiastków) pozwalają na:

- a) śledzenie biegu wychodni skał zasadowych pod nakładem skał czwartorzędu,
- b) orientację co do stopnia zmineralizowania zarówno skał świeżych, jak i ich zwietrzliny.

Wraz z innymi pośrednimi metodami poszukiwawczymi (np. magnetycznymi) badania geochemiczne mogą być z powodzeniem stosowane do poszukiwań nowych wystąpień skał magmowych pod nakładem czwartorzędu.

LITERTURA

1. Bolewski A., Turnau-Morawska M. — Petrografia. Wyd. Geol. Warszawa 1963.
2. Bukowy S., Cebulak S. — Nowe dane o magnetyzmie antyklinorium śląsko-krakowskiego. Biul. IG. nr 184, 1964.
3. Doktorowicz-Hrebniński S. — Mapa zakryta Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Skala 1:100 000. Arch. IG, 1958.
4. Fortuńska H., Jaworski A. — Instrukcja metodyczna kompleksometrycznych oznaczeń zawartości niklu w glebie. Prace Post. Techn. Arch. PPG 1964.
- 4a. Fortuńska H., Jaworski A. — Wstępne wyniki badań geochemicznych wykonanych w rejonie Żabkowic Śląskich. Przegl. geol. 1966, nr 10.
5. Gaweł A. — Jaspisy z Niedźwiedziej Góry koło Krzeszowic. Acta geol. pol. Vol. VIII, 1953.
6. Hawkes H. E., Webb J. S. — Geochemistry in mineral exploration. New York 1962.
7. Jaworski A. — Projekt zwiadowczych badań geochemicznych przy użyciu kompleksometrycznej metody oznaczenia zawartości niklu w glebie w rejonie Gór Świętokrzyskich, Antyklinorium Śląsko-Krakowskiego i w Sudetach. Arch. PPG 1965.
8. Jaworski A., Fortuńska H. — Wyniki badań geochemicznych wykonanych w rejonie Szklar na Dolnym Śląsku. Prace Post. Techn. Arch. PPG, 1965.
9. Jaworski A. — Geochemiczna metoda kartowania żył lamprofirowych w Górach Świętokrzyskich. Techn. Poszuk. 1966, z. 20.
10. Michałek Z., Zabiński W. — Wyniki wstępnych badań geochemicznych w magmowych skałach krakowskich. Biul. IG nr 115, 1957.
11. Ostrowicki B. — Minerale niklu strefy wietrzenia serpentynitów w Szklarach (Dolny Śląsk). Prace min. PAN 1, 1965.
12. Piekarska E., Gaweł A. — Heluandyt z Rudna koło Krzeszowic. Roczn. PTG, XXII, 1954.
13. Rozen Z. — Dawne lawy W. Ks. Krakowskiego. Rozpr. PAU A 49 (ser. III, 9), Kraków 1909.
14. Siedlecki S. — Utwory paleozoiczne okolic Krakowa. Biul. IG nr 73, 1954.

SUMMARY

The article deals with the results of geochemical investigations made in the region of occurrence of basic type effusive rocks in the vicinity of Cracow. The occurrence area of the Cracow magmatic rocks is an interesting, atypical, geochemical province, characterized by increased contents of main trace elements (Ni, Co, Cr, Cu, Pb, Zn and V, partly also Mn), in acid magmatic rocks (porphyries), as well as by slightly decreased contents of these elements in rocks of basic character (melaphyres, diabases). This is connected with an atypical chemical and mineral compositions of these rocks and with their comagmatic character.

Weathered products of magmatic rocks of basic type reveal a several times greater concentration of the trace elements (particularly nickel) than fresh rocks. However, a concentration of depositional nature has nowhere been encountered.

The Quaternary formations of the region under consideration distinctly show an increased amount of the chemical elements analysed. These, however, do not make any distinct soil anomalies. Methods of geochemical prospecting (complexometric method for Ni and spectral method for all the chemical elements analysed) used in the Cracow region allow us to investigate the course of outcrops of basic rocks that occur under a thin Quaternary overburden, and throw light on mineralization degree of both fresh rocks and their weathered products.

In connection with other indirect prospecting (e. g. magnetic methods), geochemical investigations may successfully be applied in search for new occurrence sites of magmatic rocks under the Quaternary overburden.

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты геохимических исследований эффузивных пород в районе Кракова. Район распространения этих пород составляет интересную геохимическую провинцию, характеризующуюся повышенным содержанием следующих рассеянных элементов: Ni, Co, Cr, Cu, Pb, Zn, V,

Mn в кислых породах (порфиры) и пониженным содержанием этих элементов в породах основного состава (мелафиры, диабазы). Это явление обусловлено своеобразным химическим и минеральным составом этих пород и их комагматизмом.

В коре выветривания основных пород перечисленные рассеянные элементы содержатся в количестве несколько раз превышающем их содержание в свежих породах. В особенности это касается никеля. Концентрации промышленного значения не были обнаружены.

Четвертичные отложения описанного района обогащены этими элементами, однако отчетливых аномалий в почве не наблюдалось. Применявшиеся в Краковском районе геохимические методы (комплексный метод для никеля и спектральный для остальных элементов) пригодны для прослеживания основных пород, залегающих под маломощным осадочным чехлом и дают представление о степени оруденения как свежих пород, так и коры их выветривания.

Наряду с другими методами (например, магнитным), геохимические исследования могут успешно применяться для оконтуривания новых зон распространения магматических пород под четвертичными отложениями.