

Prof. dr Członek Korespondent AN ZSRR L. N. OWCZENNIKOW,
Kandydat Nauk S. W. GRIGORIAN,
Kandydat Nauk A. A. GARMASZ
Instytut Mineralogii i Geochemii
Pierwiastków Rzadkich (IMGPE)

Osiągnięcia geochemii stosowanej w ZSRR

Od czasu powstania geochemii jako nauki zajmującej się poznaniem historii i losów pierwiastków chemicznych w skorupie ziemskiej w pracach jej twórców W. J. Wiernadskiego, a zwłaszcza A. E. Fersmana został zapoczątkowany równomierny rozwój obu jej dziedzin — geochemii teoretycznej i praktycznej. Obie dziedziny rozwijały się pozostając we wzajemnym związku. W chwili obecnej, pomimo młodości tej nauki, zadania praktyczne i problemy rozwiązywane przy pomocy praw i metod geochemii są szerokie i różnorodne. Ponieważ pełnej charakterystyki użyteczności i znaczenia geochemii dla geologii i gospodarki narodowej w krótkim artykule nie można przedstawić, jesteśmy zmuszeni do zatrzymania się tylko na niektórych zasadniczych, fragmentarycznych osiągnięciach geochemii stosowanej.

Główne zadania geochemii stosowanej polegają na wykorzystaniu znajomości zachowania się różnych pierwiastków chemicznych w czasie różnorodnych procesów zachodzących w skorupie ziemskiej. Istnieją tu niewyczerpane możliwości, ponieważ dla każdego interesującego nas procesu mogą być dobrane odpowiednie pierwiastki wskaźnikowe. Badanie zachowania się tych pierwiastków i ich losów może posłużyć dla wystarczająco dokładnej oceny źródła substancji biorącej udział w procesie, a także dla przebiegu tego procesu, jak wreszcie dla oceny rezultatu końcowego. Z licznych możliwości praktycznego zastosowania geochemii jako najważniejsze należy wymienić: a) stosowanie badań geochemicznych w poszukiwaniach złóż surowców mineralnych; b) wykorzystanie metod geochemicznych w geologii złożowej w czasie rozpoznawania i w stadium eksploatacji; c) wykorzystywanie wskaźników geochemicznych w rozwiązywaniu innych zasadniczych zadań i problemów geologicznych (metalogenia, petrologia, tektonika i geologia strukturalna, zagadnienia genetyczne przy badaniu warunków powstawania złóż rud); d) wykorzystywanie metod izotopowych w określaniu wieku bezwzględnego przy rozwiązywaniu zagadnień geochronologii, stratygrafii, magmatyzmu, metamorfizmu, a zwłaszcza metalogenii, przy badaniu procesów powstawania złóż rud i prowadzeniu poszukiwań tych złóż.

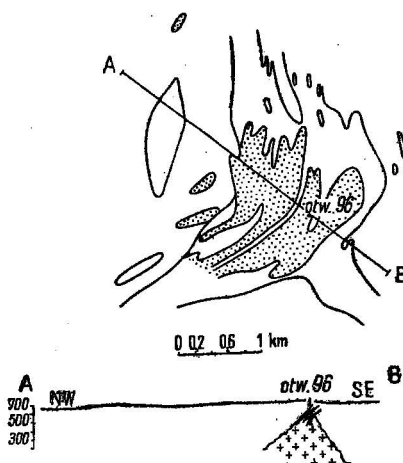
Bardzo owocne okazały się metody geochemiczne w technologii surowców mineralnych i badaniach nowych rodzajów surowców (zwłaszcza źródeł pierwiastków rzadkich i rozproszonych) oraz w rolnictwie, ochronie zdrowia i in.

GEOCHEMICZNE METODY POSZUKIWAŃ ZŁÓŻ SUROWCÓW MINERALNYCH

Pod wpływem postępowych idei W. J. Wiernadskiego oraz jego uczniów i następców — A. E. Fersmana, A. P. Winogradowa, A. A. Saenkowa, J. J. Ginsburga i in. — począwszy od 30-tych lat bieżącego wieku metody geochemiczne zaczęto po raz pierwszy w świecie pomyślnie stosować w ZSRR przy poszukiwaniach złóż surowców — rud metali, ropy naftowej i gazu oraz soli mineralnych. Najszerzej zastosowano metody geochemiczne, i to od samego początku, przy poszukiwaniu złóż rud. Przy ich pomocy odkrywano najpierw złoża wychodzące bezpośrednio na powierzchnię lub znajdujące się pod niewielkim przykryciem osadów eluwialno-deluwialnych. Poszukiwania prowadzono w oparciu o badania aureoli rozszania pierwiastków powstałych wskutek hypergenicznego zniszczenia rud (metody metalometrii w zastosowaniu

Fig 1. Endogeniczne aureole rozszania fluorku i berylu (obszar kropkowany) nad beryliumonośnymi żyłami kwarcowymi. W granicach aureoli fluorku występują aureole litu, ołowiu, molibdenu

Endogene dispersion halos of fluorine and beryllium (dotted area) above the beryllium-bearing quartz veins. Within the fluorine halo there are found lithium, lead and molybdenum halos



do cyny, miedzi, ołowiu i in.). Aureole takie charakteryzują się zwykle bardzo wysoką kontrastowością w stosunku do tła, a ich stwierdzenie nie przedstawia specjalnej trudności. Na przykład przy zniszczeniu rud cynkowo-ołowiowych wartość współczynnika wzbogacenia ołowiu we wtórnych aureolach rozszania jest wyższa od tysiąca. Następnie w coraz większym zakresie zaczęto stosować również inne metody: hydrochemiczną, biogeochemiczną, geobotaniczną, litogeochemiczną i metodę aureoli endogenicznych. Metody te stosowano kompleksowo, dobierając je zależnie od warunków.

W chwili obecnej wyniki badań metod geochemicznych stosowane w poszukiwaniach pozwalają rozwiązywać bardziej skomplikowane zadania, jak np. stwierdzenie głęboko ukrytych koncentracji rud o zna-

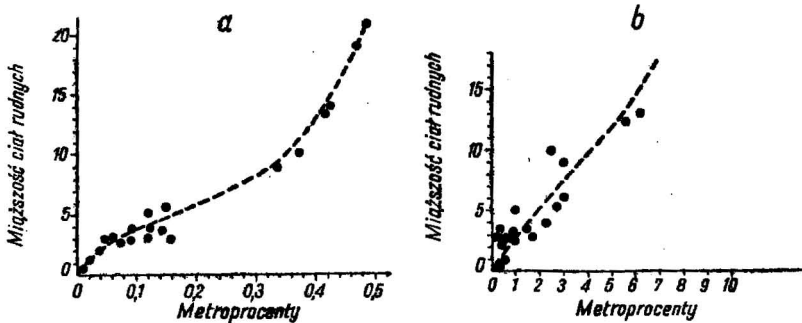


Fig. 2. Zależność wydajności liniowej endogenicznych aureoli uranu (a) i ołowiu (b) od miąższości ciał rudnych

Dependence of linear capacity of endogene uranium halos (a) and lead halos (b) upon the thickness of ore bodies

czeniu przemysłowym. Stało się to możliwe dzięki szczegółowemu poznaniu prawidłowości tworzenia się endogenicznych aureoli geochemicznych wokół skupień i złóż rud. Wszeczwiązkowe Seminarium, które odbyło się w kwietniu br. w Duszanbe, poświęcone efektywności metod geochemicznych w poszukiwaniach złóż rud i ich zastosowaniom przez służbę geologiczną ZSRR, wykazało, że dzięki tym metodom odkryto dziesiątki dużych zakrytych skupień i złóż rud oraz setki perspektywicznych anomalii geochemicznych wymagających dalszych badań. (Efektywnost geochemicznych metod poszukiwania złóż rudnych miastorożdienij i szerokoje wniedwienie ich w praktyku geologiczeskoj służby SSSR, 1967).

Poszukiwania złóż hydrotermalnych w oparciu o aureole endogeniczne prowadzi się na podstawie badań specjalnych. Aureole endogeniczne mają znacznie większe rozmiary niż skupienia i złoża rud, dookoła których powstały (fig. 1). Między tymi rozmiarami istnieje prosta zależność (fig. 2), co pozwala w licznych przypadkach na ogólną ocenę zakrytego okruszcowania na podstawie parametrów anomalii. Forma i rozmiary aureoli endogenicznych, uzależnione od warunków strukturalnych okruszcowania, są bardzo różnorodne. Szczególnie ważne jest to, że zasięg pionowy tych aureoli jest bardzo wielki w tych przypadkach, kiedy złożo jest związane ze stromymi rozłamami. Umożliwia to znalezienie skupień rudy znajdujących się na głębokości dziesiątków a nawet setek metrów (fig. 3, 4).

Kształt i rozmiary aureoli endogenicznych w znacznym stopniu są uzależnione od własności fizykomechanicznych skał otaczających. Dobrym przykładem pod tym względem jest złożo miedziowo-molibdenowe Sary-Czoku w rejonie ałmałyckim (Azja Środkowa). Na tym przykładzie obrazowo uwidacznia się fakt, że kontrastowa strefowość aureoli uzależniona od kierunku ruchu mineralizujących roztworów może być nie tylko pionowa, lecz i różnie zorientowana, w tym również poziomo (fig. 5). Według danych T. Tulegienowa, opublikowanych w pracy w 1964 r., skały, z którymi związana jest mineralizacja o znaczeniu przemysłowym, jak również skały objęte aureolą pierwiastków wskaźniko-

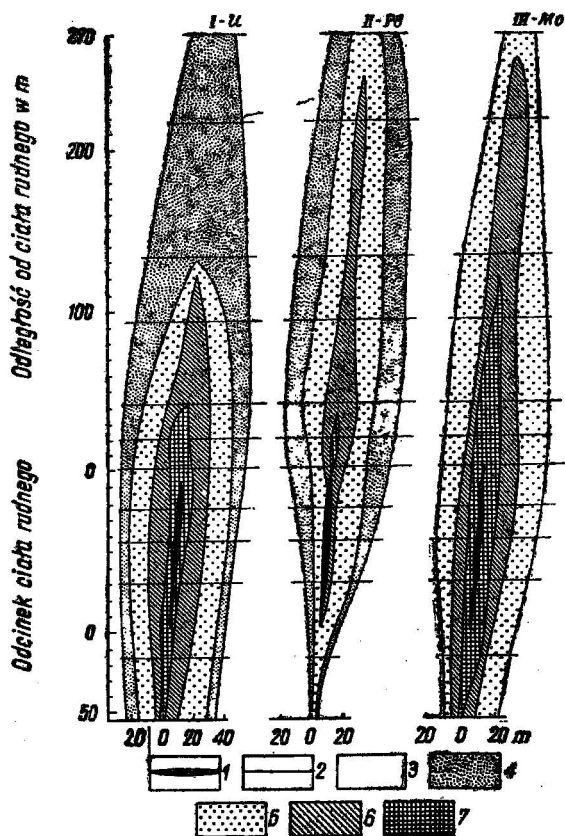


Fig. 3. Aureole rozszania uranu (I), ołowiu (II) i molibdenu (III) wokół złoża uranu w poprzecznym przekroju pionowym (wg A. D. Kabłukowa i G. I. Wertepowa, 1960)

Dispersion halos of uranium (I), lead (II) and molybdenum (III) around the uranium deposit in the transverse vertical section (according to A. D. Kablukhov and G. I. Vertepov, 1960)

1 — ciało rudne; 2 — poziomy pobrania próbek; 3 — U do $2,3 \cdot 10^{-5}\%$, Pb do $0,06\%$, Mo do $2,5 \cdot 10^{-3}\%$; 4 — U $2,3-9,0 \cdot 10^{-5}\%$, Pb $0,06-0,15\%$; 5 — U $9,0 \cdot 10^{-5}-3,6 \cdot 10^{-4}\%$, Pb $0,15-0,6\%$, Mo $2,5 \cdot 10^{-3}-1,0 \cdot 10^{-2}\%$; 6 — U $3,6 \cdot 10^{-4}-9,0 \cdot 10^{-4}\%$, Pb $0,6-1,5\%$, Mo $1,0 \cdot 10^{-2}-2,5 \cdot 10^{-2}\%$; 7 — U ponad $9,0 \cdot 10^{-4}\%$, Pb ponad $1,5\%$, Mo ponad $2,5 \cdot 10^{-2}\%$

1 — ore body; 2 — horizons of sampling; 3 — U to $2,3 \cdot 10^{-5}\%$, Pb to $0,06\%$, Mo to $2,5 \cdot 10^{-3}\%$; 4 — U — $2,3-9,0 \cdot 10^{-5}\%$, Pb — $0,06-0,15\%$; 5 — U — $9,0 \cdot 10^{-5}-3,6 \cdot 10^{-4}\%$, Pb — $0,15-0,6\%$, Mo — $2,5 \cdot 10^{-3}-1,0 \cdot 10^{-2}\%$; 6 — U — $3,6 \cdot 10^{-4}-9,0 \cdot 10^{-4}\%$, Pb — $0,6-1,5\%$, Mo — $1,0 \cdot 10^{-2}-2,5 \cdot 10^{-2}\%$; 7 — U over $9,0 \cdot 10^{-4}\%$, Pb over $1,5\%$, Mo over $2,5 \cdot 10^{-2}\%$

wych złoża Sary-Czeku, silnie odróżniają się od wszystkich skał pozostałych w strefie okruszcowania następującymi cechami: podwyższoną szczelinowatością, wysokim stopniem porowatości i wodoprzepuszczalnością.

Aureole endogeniczne charakteryzują się zawartością typowych pierwiastków, których zestaw w stwierdzonej anomalii pozwala wnioskować o składzie rud powodujących anomalię. Ponad skupieniami rud o stromym upadzie aureole zawsze wykazują strefowość pionową, wyrażającą się nagromadzeniem selektywnym poszczególnych pierwiastków wskaźnikowych w określonych poziomach hipsometrycznych. Pozwala to na wyróżnienie części aureoli znajdującej się ponad złożem od części występujących pod złożem i na ocenę przestrzenną nagromadzenia rudy w stosunku do ewentualnego ścienia erozyjnego.

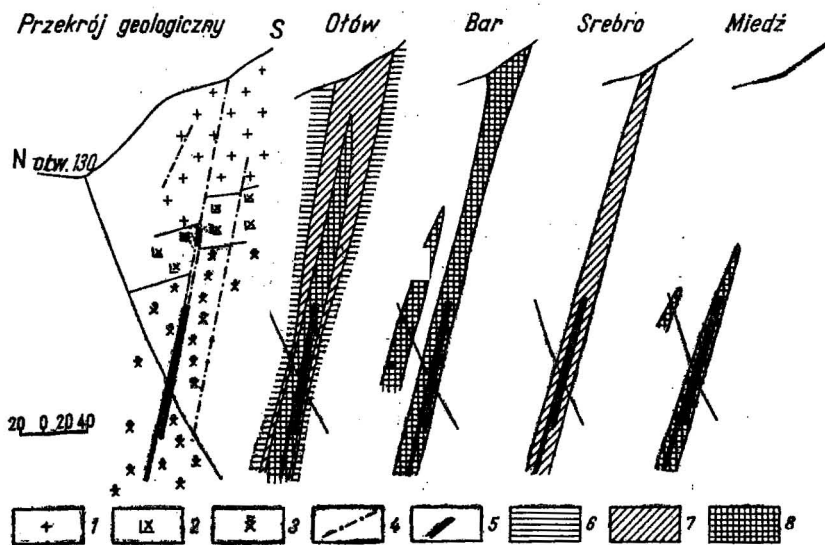


Fig. 4. Endogeniczne aureole rozsiania związane z cynkowo-ołowiowymi ciałami rudnymi złoża Jaman-Saj (Azja Środkowa)
Endogene dispersion halos connected with zinc-lead ore bodies of the Yaman-say deposit (Central Asia)

1 — feldzity; 2 — sferulito-porfiry kwarcowe; 3 — porfiry kwarcowe;
4 — dyslokacje tektoniczne; 5 — ciała rudne; 6 — Pb 0,003—0,01%; 7 — Pb 0,01—0,1%, Ag ponad 2,0.10—5%; 8 — Pb ponad 0,1%, Cu ponad 0,01%, Ba ponad 0,02% (wg G. E. Mınakowej)
1 — felsites; 2 — quartz spherulite-porphiry; 3 — quartz porphyries, 4 — tectonic dislocations; 5 — ore bodies; 6 — Pb — 0.003—0.01%; 7 — Pb — 0.01—0.1%, Ag over 2.0.10—5%; 8 — Pb over 0.1%, Cu over 0.01%, Ba over 0.02% (according to G. E. Mınakova)

Dla licznych złóż hydrotermalnych charakterystyczny jest następujący, najbardziej rozpowszechniony zestaw pierwiastków wskaźnikowych (od lewej strony w kierunku prawej wzrasta ruchliwość pierwiastka i jego skłonność do koncentracji w górnych częściach aureoli): cyna — uran — złoto — kobalt — bizmut — molibden — selen — miedź — cynk — kadm — ołów — tal — srebro — bar — antymon — arsen — rtęć. W pełnym obrazie szereg ten w konkretnych warunkach spotykany

jest wyjątkowo rzadko. W zależności od typu mineralizacji obserwuje się zwykle różne zestawy tych pierwiastków. Dla złóż miedziowo-cynkowych i polimetalicznych wskaźnikami są: ołów, cynk, srebro, miedź, antymon, arsen, przy selektywnym gromadzeniu się w wyższych częściach aureoli ostatnich dwu wymienionych pierwiastków. W przypadku złóż cynku — do antymonu i arsenu dołącza się jeszcze w górnych horyzontach często bar. Dla złóż uranu w ponadłożowej części aureoli szczególnie charakterystyczne są ołów i cynk.

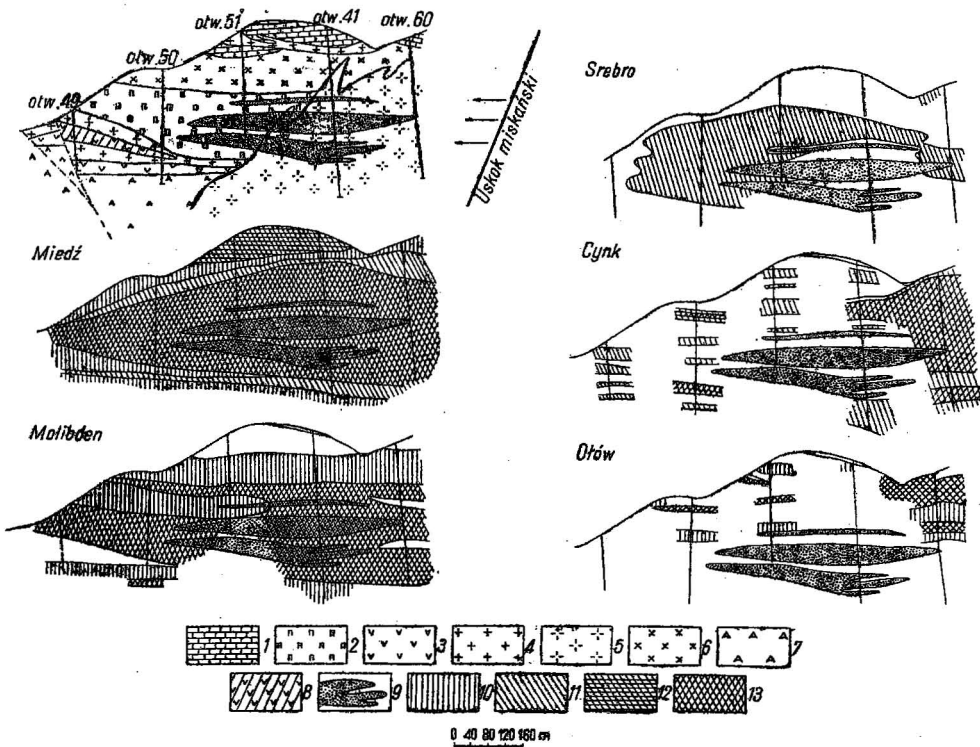


Fig. 5. Endogeniczne aureole rozszania nad złożem miedziowo-molibdenowym Sary-Czeku (Azja Środkowa) wg G. E. Minakowej

Endogene dispersion halos above the copper-molybdenum deposit Sary-Czeku (Central Asia), according to G. E. Minakova

1 — wapień; 2 — porfiry kwarcowe; 3 — porfiry andezytowe; 4 — granodioryty gumsajskie; 5 — granodioryty różowe; 6 — granodioryty szare; 7 — alaskity; 8 — lamprofiry; 9 — ciała rudne; 10 — Cu 0,01–0,06%, Mo 0,003–0,01%, Pb 0,005–0,017%; 11 — Cu 0,06–0,11%, Ag 3.10⁻⁵–1.10⁻⁴%, Zn 0,0037–0,0087%; 12 — Cu 0,04–0,06% (dla skał osadowych); 13 — Cu ponad 0,11%, Mo ponad 0,001% Ag ponad 1.10⁻⁴%, Pb ponad 0,017%, Zn ponad 0,0087%.

1 — limestones; 2 — quartz porphyries; 3 — andesite porphyries; 4 — Gumsay granodiorites; 5 — pink granodiorites; 6 — grey granodiorites; 7 — alaskites; 8 — lamprophyres; 9 — ore bodies; 10 — Cu 0.01–0.06%, Mo — 0.003–0.01%, Pb — 0.005–0.017%; 11 — Cu 0.06–0.11%, Ag — 3.10⁻⁵–1.10⁻⁴%, Zn — 0.0037–0.0187%; 12 Cu 0.04–0.06% (for sedimentary rocks); 13 — Cu over 0.11%, Mo over 0.001%, Ag over 1.10⁻⁴%, Pb over 0.017%, Zn over 0.0087%

Dla powszechnego stosowania opracowano obecnie tradycyjne zasady ilościowej oceny pionowej strefowości aureoli. Oceny tej dokonuje się przez porównanie liniowej zmienności aureoli lub wprost przez porówna-

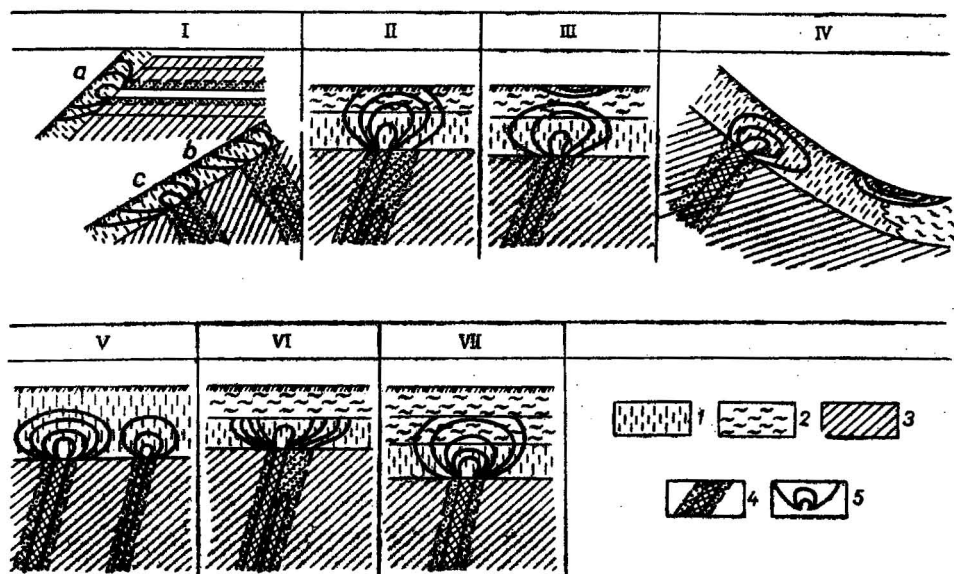


Fig. 6. Główne typy wtórnych aureoli rozsiania nad złożami rudnymi (wg A. P. Solowowa)

Main types of secondary dispersion halos above ore deposits (according to A. P. Solovov)

- 1 — współczesne osady eluwialno-deluwialne lub dawna zwietrzelina skał kruszczo-
 nośnych; 2 — utwory pokrywy przemieszczone z dużej odległości; 3 — skały krusz-
 czośne; 4 — ciała rudne i ich aureole pierwotne; 5 — wtórne aureole rozsiania
 1 — recent eluvial-talus deposits or old weathered material of ore-bearing rocks;
 2 — cover formations displaced from remote areas; 3 — ore-bearing rocks; 4 —
 ore bodies and their original halos; 5 — secondary dispersion halos

nie średnich zawartości najbardziej kontrastowych par pierwiastków wskaźnikowych w różnych częściach aureoli i ustalenie współczynnika kontrastowości. Jak wynika z tab. 1 i 2, przy takiej analizie ponadzłożowy przekrój aureoli jeszcze bardziej odróżnia się od podłożowego, co pozwala na szybką i trafną ocenę perspektywiczności odpowiednich anomalii geochemicznych.

Poszukiwania zakrytej mineralizacji na podstawie aureoli endogenicznych są najbardziej aktualne w rejonach już eksploatowanych, gdzie przyrost zasobów dla rozwoju czynnych zakładów górniczych jest możliwy głównie przez stwierdzenie zakrytych złóż rud. Kontrastowa strefowość aureoli endogenicznych jest pomysłnie wykorzystywana przez geologię kopalnianą, zwłaszcza w toku rozpoznania eksploatacyjnego i przy poszukiwaniach prowadzonych za pomocą podziemnych wyrobisk górniczych, związanych z poszczególnymi gniazdami, w złożach o skomplikowanej budowie. Takim właśnie przykładem jest polimetaliczne złożo skarnowe w Karamazar (Azja Środkowa), na którym stosowanie tej niedrożej i szybkiej metody daje doskonałe wyniki i prowadzi do stwierdzenia coraz to nowych zakrytych partii złoża.

Jak to wykazują badania złóż siarczkowo-polimetalicznych Kruszcowego Ałtaju, strefowość aureoli rozsiania endogenicznego pokrywa się

Tabela 2

Współczynniki kontrastowości średnich zawartości i zmienności liniowej par pierwiastków na różnych poziomach przekroju pionowego w złożu Karamazar (Azja Środkowa) wg. G. E. Minakowej

Złoża	Porównywane horyzonty przekrojów	Pary pierwiastków	Współczynnik kontrastowości			
			wg zawartości średniej	wg zmienności liniowej		
I. Ołowiowo-cynkowe złoża formacji skarnowo-polimetalicznej „Effuzynyj razłom”	Bok leżący skupienia rudy do wiszącego	Ag/Pb		7		
		Ag/Zn		15		
		Bi/Zn		5		
	„Promiezu-tocznoje”	Powierzchnia oddalona o 250—300 m od skupienia rudy do części bezpośrednio przyległej do skupienia	Pb/Zn	100	100	
			Bi/Zn	12,5	niekontrastowe	
	„Turangły”	Poziom skupienia rudy do części podłożowej	Ag/Zn	100	4	
			Ag/Cu	20		
	Orlinaja Gor-ka”	Powierzchnia oddalona 100 m od skupienia rudy do wokółrudnej aureoli boku wiszącego	Ag/Bi	24		
			Pb/Zn	11		
	„Kurgaszin — Kan”	Bok leżący skupienia rudy do powierzchni ponadłożowej, oddalonej 100 m od skupienia rudy	Ag/Zn	15		
			Bi/Zn	6		
			Pb/Zn	5	10	
	„Ucz-Kulecz”	Część ponadłożowa oddalona o 180 m od skupienia rudy do boku wiszącego aureoli wokółrudnej	Ag/Zn	9	36	
Ag/Cu			7	4		
Pb/Cu			5	13		
Ba/Pb			6	12		
Ag/Cu			20			
		Ba/Ag	20	21		
		Ba/Cu	10	8		
II. Niskotemperaturowe złoża ołowiowo-cynkowe	„Zambarak”	Aureola podłożowa do wokółrudnej	Cu/Pb	10	4	
		Aureola ponadłożowa do wokółrudnej	Pb/Zn	1	16	
			Cu/Zn	11	65	
			Ag/Zn	1	40	
	„Jaman-Saj” (patrz fig. 4)	Powierzchnia oddalona o 200 m od skupienia rudy do części wokółrudnej	Ba/Ag	5,5		
			Ag/Pb	13		
			Ba/Pb	70		
		Powierzchnia oddalona o 70 m od skupienia rudy części wokółrudnej	Pb/Zn	6		
				Cu/Zn	14	

Złóża	Porównywane horyzonty przekrojów	Pary pierwiastków	Współczynnik kontrastowości	
			wg wartości średniej	wg zmienności liniowej
III. Złóże miedziowo-bizmutowe „Kaptar-Chana”	Część ponadłożowa oddalona o 40 m od stropu skupienia rudy do poziomu centralnej części skupienia	Pb/Cu	8	15
		Mo/Cu	3,5	8
		Ba/Cu	64	380
		As/Cu	5	4
		Pb/Bi	27	40
		Ag/Bi	5	8
		Mo/Bi	2	24
		As/Bi	15	11
		Ba/Bi	213	960
IV. Złóża miedziowo-molibdowe formacji porfirowo-miedziowej „Ak — Czeku”	Część ponadłożowa oddalona o 30 m od skupienia rudy do podłożowej	Ba/Mo	18	
		Ag/Mo	10	

ze strefowością złóż rud. Spektra i wartości koncentracji poszczególnych pierwiastków rzadkich (bizmutu, selenu, telluru, kadmu, srebra i in.) są tu wskaźnikami poszczególnych typów rud, dlatego wykorzystuje się je przy pracach rozpoznawczych dla określenia głębokości podcięcia badanych złóż. Np. skupienia barytu z hematytem, chalkozynem, bornitem, srebrem charakteryzują górne części złóż rud. Taki wniosek można wyciągnąć na podstawie stosunku selenu i telluru w galenicie, zawartości bizmutu w galenicie i chalkopirycie, kadmu w sfalerycie itp. Z kolei głębokie horyzonty złóż altajskich w pobliżu całkowitego wyklinowywania charakteryzują się obecnością minerałów bizmutu, tellurków złota, wysokimi zawartościami selenu w chalkopirycie i innymi wskaźnikami geochemicznymi.

Analogiczne geochemiczne prawidłowości budowy i strefowości złóż rud zostały stwierdzone również w licznych innych typach genetycznych złóż hydrotermalnych. Są one pomysłnie wykorzystywane w kompleksie badań, których celem jest określenie prognoz w odniesieniu do złóż rozpoznawanych i eksploatowanych na dużych głębokościach. Badania aureoli endogenicznych i geochemicznych rud dostarczają bogatego materiału o dużym znaczeniu dla ustalania genezy rud, warunków ich powstawania i lokalizacji. Umożliwiają one prowadzenie dalszych owocnych prac nad podstawami geochemicznych metod poszukiwań złóż rud.

W toku poszukiwań różnych złóż surowców mineralnych w obszarach zakrytych pokrywą skał luźnych szeroko wykorzystuje się egzogeniczne aureole rozsiania pierwiastków wskaźnikowych, utworzone w rezultacie procesów hipergenicznych, prowadzących do zniszczenia złóż wychodzących na powierzchnię, jak również aureoli endogenicznych otaczających zakrytą mineralizację.

Wtórne aureole rozsiania są bardzo różnorodne. Najważniejsze z nich według A. P. Sołowowa (1959) są zgrupowane w siedmiu następujących typach (fig. 6):

I. Resztkowe odkryte, tworzące się w obszarach silnie denudowanych we współczesnych utworach eluwialno-deluwialnych.

II. Nałożone odkryte, typu dyfuzyjnego, tworzące się w warunkach akumulacyjno-denudacyjnych równin w strefach arydnych i umiarkowanie wilgotnych.

III. Nałożone odkryte, akumulacyjne, typu nadżłożowego.

IV. Podobne do III, lecz tworzące się przy braku pokrywy allochtonicznej i przemieszczone w kierunku współczesnego spływu.

V. Wyługowane i zubożone, tworzące się w utworach eluwialno-deluwialnych.

VI. Resztkowe pogrzebane, charakterystyczne dla obszarów zakrytych o budowie dwupiętrowej.

VII. Nałożone pogrzebane.

Zebrało już wiele doświadczeń z zakresu poszukiwań złóż nie tylko na podstawie wtórnych aureoli odkrytych, lecz również pogrzebanych. Przy tych poszukiwaniach stosowano różnorodne metody i środki techniczne, włącznie z amfibiami, ciągnikami gaśnicowymi oraz samobieżnymi urządzeniami wiertniczymi różnych typów. Samo jednak odkrycie i okonturowanie egzogenicznych anomalii geochemicznych jest bardzo trudne z powodu niskiej kontrastowości oraz wahań zawartości pierwiastków tła, które są spowodowane hipergeniczną migracją pierwiastków wskaźnikowych, związanych z zakrytą mineralizacją pierwotną. W związku z tym w ZSRR zwraca się wielką uwagę na badania porównawcze prawidłowości egzogenicznej redepozycji pierwiastków w różnych warunkach krajobrazowo-geochemicznych. Obecnie te urosły do samodzielnego kierunku prac krajobrazowo-geochemicznych i pomyślnie są rozwijane przez A. J. Perelmana, M. A. Głazowską i innych badaczy radzieckich.

Dla interpretacji egzogenicznych anomalii geochemicznych i oceny ich perspektywiczności dużą pomoc stanowi znajomość prawidłowości migracji pierwiastków wskaźnikowych. O prawidłowościach tych decydują zarówno własności pierwiastków, jak też konkretne warunki krajobrazowo-geochemiczne. Przy poszukiwaniach geochemicznych są zestawiane mapy rejonizacji krajobrazowo-geochemicznej, które służą za podstawę dla wyboru racjonalnych metod poszukiwań aureoli i złóż oraz dla interpretacji stwierdzonych anomalii egzogenicznych. Duże doświadczenia w tym względzie zdobyli geochemicy Kazachstanu i Uzbekistanu.

Wielkie znaczenie praktyczne dla wyjaśnienia istoty i perspektywiczności egzogenicznych anomalii geochemicznych odgrywa pojęcie barier geochemicznych, związanych z ostrą, gwałtowną zmianą warunków mi-

gracji pierwiastków wskaźnikowych (A. J. Perelman, 1965). Bariery tworzą się przy zmianie szybkości przemieszczania mechanicznego lub przy gwałtownej zmianie warunków fizykochemicznych (bariera tlenowa, siarkowodorowa, siarczanowa, węglanowa, alkaliczna, wyparowania, adsorpcyjna). Analiza warunków krajobrazowo-geochemicznych przy ocenie anomalii w licznych przypadkach pozwala na wystarczająco wiarogodne określenie ich istoty i na wybór do poszukiwań tych anomalii, które rzeczywiście są związane ze skupieniami rudy i złożami. Odrzucenie tzw. „fałszywych” anomalii umożliwia w zasadniczy sposób podwyższyć ekonomiczną i geologiczną efektywność prac poszukiwawczo-rozpoznawczych.

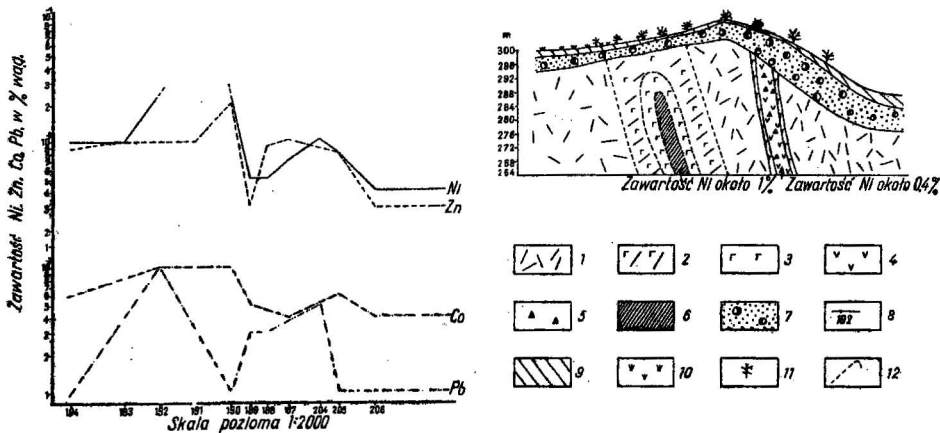


Fig. 7. Anomalie biogeochemiczne związane z okruszcowaniem miedziowo-niklowym (wg L. I. Grabowskiej)

Biogeochemical anomalies connected with the copper-nickel mineralization (according to L. I. Grabovskaya)

1 — diabazy; 2 — gabrod diabazy; 3 — gabro; 4 — perydotyty; 5 — rudy typu wprysnięcie; 6 — rudy masywne; 7 — utwory morenowe; 8 — numer próbki; 9 — gleba; 10 — turzyca; 11 — brzoza karłowata; 12 — przypuszczalne granice geologiczne

1 — diabases; 2 — gabbro-diabases; 3 — gabbro; 4 — peridotites; 5 — ores of impregnation type; 6 — massive ores; 7 — moraine formations; 8 — number of sample; 9 — soil; 10 — Carex; 11 — Betula nana; 12 — supposed geological boundaries

Przy poszukiwaniach złóż surowców mineralnych wystarczająco efektywna, zwłaszcza w połączeniu z innymi metodami, jest metoda biogeochemiczna. Sprowadza się ona do wykazania anomalnych koncentracji pierwiastków wskaźnikowych, stwierdzanych w popiele roślin lub w samych roślinach rosnących na glebach, które pokrywają złoża rud i otaczające je endogeniczne aureole geochemiczne. Metoda biogeochemiczna jest szczególnie cenna przy poszukiwaniach prowadzonych w rejonach zakrytych, zalesionych i bagnistych, na obszarach z rozwiniętą pokrywą skał luźnych o względnie dużej miąższości, w tym również osadów lodowcowych i kamienistych. Najbardziej efektywne zastosowanie metody biogeochemicznej notowane jest w obszarach wilgotnego klimatu i intensywnego ługowania, a także na pustyniach, gdzie endogeniczne anomalie geochemiczne są zwykle wtórnie przykryte osadami eolicznymi, a nie można ich stwierdzić innymi metodami.

Tabela 3

Stosunek średnich zawartości boru w glebach i w popiele roślin (wg J. E. Sajeta)

Obszary	Średnia zawartość boru w glebach w zasięgu anomalii (w jednostkach tła)			Średnia zawartość boru w popiele roślin w zasięgu anomalii (w jednostkach tła)		
	Mineralizacja			Mineralizacja		
	dato- litowa	bora- nowa	turma- linowa	dato- litowa	bora- nowa	turma- linowa
Daleki Wschód	20,0	2,0	8,0	8,0	13,0	1,0
Wschodnie Zabajkale	—	1,4	7,0	—	4,2	1,3

Jednym z przykładów pozytywnych wyników zastosowania metody biogeochemicznej są poszukiwania rud miedziowo-niklowych na obszarze tundry leśnej Półwyspu Kolskiego. Obszar ten zakryty jest utworami morenowymi o miąższości 2÷5 m. W szacie roślinnej przeważają brzożowe lasy z porostami. Duże przestrzenie zajmują bagna. Wody gruntowe występują zazwyczaj płytko pod powierzchnią. Gleby w lasach są biellicowe, o miąższości do 1 m. W rezultacie opróbowania biogeochemicznego stwierdzono lokalną anomalię o podwyższonej zawartości w popiele roślin: niklu (0,1%), kobaltu (0,01÷0,02%), ołowiu (0,006÷0,01%), cynku (0,1÷0,2%), co stanowi kilkakrotne podwyższenie w stosunku do tła. Przeprowadzone następnie poszukiwania na wydzielonym odcinku doprowadziły do odkrycia w podłożu rud miedziowo-niklowych (fig. 7).

Metoda biogeochemiczna jest również z powodzeniem stosowana do interpretacji egzogenicznych anomalii litogeochemicznych. Np. przy poszukiwaniach boru często istnieje konieczność odróżnienia anomalii geochemicznych tego pierwiastka, związanych ze strefami turmalinizacji (typ nieprzemysłowy), od anomalii perspektywicznych, związanych z mineralizacją datolitową i boranową. Ponieważ stopień przyswojenia boru przez rośliny zależy od minerałów, w których on się znajduje, na odcinkach mineralizacji datolitowej i boranowej powstają silnie kontrastowe anomalie biogeochemiczne boru. Jednocześnie w strefach mineralizacji turmalinowej anomalie te praktycznie nie istnieją, pomimo że w tym przypadku w utworach luźnych (tab. 3) tworzą się zwykle kontrastowe anomalie litogeochemiczne.

Największe rezultaty w pracach poszukiwawczych osiąga się przy regionalnym kompleksowym stosowaniu różnych metod geochemicznych, wśród których oprócz dotychczas wymienionych (litogeochemicznej i biogeochemicznej) poczesne miejsce zajmuje też metoda hydrogeochemiczna. Duże doświadczenie zdobyto także przy kompleksowym stosowaniu metod geochemicznych z geofizycznymi, wśród których przy szczegółowych badaniach w obrębie złóż, zwłaszcza dla oceny różnorodnych anomalii, największe znaczenie posiada metoda polaryzacji wzbudzonej.

OBSERWACJE GEOCHEMICZNE W TOKU BADAŃ GEOLOGICZNYCH
I ZDJĘCIA GEOLOGICZNEGO

Prace geochemiczne, towarzyszące ogólnokrajowemu zdjęciu geologicznemu, zaczęto stosować niedawno. Jednakże już pierwsze rezultaty wykazują duże możliwości w podwyższeniu jakości i efektywności ukierunkowanego zdjęcia geologicznego, zwłaszcza przy zestawieniu map prognostyczno-metalogenicznych. Wykorzystanie metod geochemicznych w toku zdjęcia geologicznego w skali 1:50 000 i większej pozwala na bardziej uzasadnione wydzielenie konkretnych odcinków, perspektywicznych ze względu na różne typy surowców mineralnych. Niekiedy takie prace są uzasadnione również przy zdjęciu w skali 1:200 000. W pierwszym stadium największe efekty uzyskuje się przez wydzielanie potoków rozszania składników złoża. Chodzi tu o potoki wodne (opróbowanie hydrochemiczne), jak i o mechaniczne (opróbowanie litochemiczne osadów dennych). W licznych przypadkach, nawet na podstawie stosunkowo niewielkiej ilości próbek, udaje się ustalić potoki rozszania endogenicznych anomalii geochemicznych o znaczeniu praktycznym.

Na fig. 8 przedstawiono dane pochodzące z opróbowania osadów dennych, opracowane przez Azerbajdżańską SRR w toku zdjęcia geologicznego w skali 1:50 000. Na podstawie tej pracy stwierdzono potoki rozszania związane z wszystkimi, wcześniej znanymi złożami i objawami rudnymi, a także szereg nowych anomalii. Dalsze badanie jednej z tych anomalii doprowadziło do wykrycia dużego skupienia pirytu.

Interpretacja wyników opróbowania osadów dennych znacznie upraszcza się, gdy bezpośrednio w toku zdjęcia geologicznego prowadzi się ukierunkowane opróbowanie geochemiczne skał pierwotnych, potencjalnych w sensie rudoności. Należy podkreślić, że opróbowanie takie ma w ogóle bardzo duże znaczenie i w szeregu przypadków może być stosowane nawet na obszarach zbadanych szczegółowo pod względem geologicznym. Do utworów potencjalnych w sensie rudoności zalicza się określone kompleksy rudonośne, z którymi genetycznie lub przestrzennie są związane surowce mineralne (intruzje o określonym składzie i pozycji strukturalnej, skały zmienione kontaktowo, wydzielenia litologiczno-stratygraficzne, podatne do okruszcowania, strefy lokalnego metamorfizmu i in.). Zalicza się do nich również geologiczne elementy strukturalne, odgrywające rolę w przewodnictwie roztworów mineralizujących, w selekcji i lokalizacji okruszcowania, które przyjmujemy za kryteria mineralizacji strukturalnej (strefy wyciśnięcia i rozkruszenia, dysjunktywne dyslokacje i płaszczyzny niezgodności międzywarstwowych, strefy zmian hydrotermalnych itp.).

Ta dziedzina badań geochemicznych ma duże perspektywy i jest bardzo interesująca. Każde wyniki wnoszą tu wiele nowego, mają też zawsze określone znaczenie teoretyczne i praktyczne. Szczególnie owocne są badania zaburzeń tektonicznych, pozwalające na otrzymanie wyników szybko i przy niewielkich nakładach, a co najważniejsze — jednoznacznych. Nawet przy skomplikowanej historii rozwoju węzła rudonośnego czy złoża można w ten sposób uzyskać obiektywne kryteria do wydzielenia elementów strukturalnych, przewodnych dla mineralizacji, ustalić sy-

stematykę genetyczną i wiekową oraz wyraźne różnice pomiędzy zaburzeniami neutralnymi, nieperspektywicznymi i rudonośnymi.

Na fig. 9 przedstawione są rezultaty opróbowania geochemicznego strefy rozłamu w jednym z rejonów północnego Tiań-Szaniu. Anomalne zawartości pierwiastków wskaźnikowych (nie tylko wykazanego na wy-

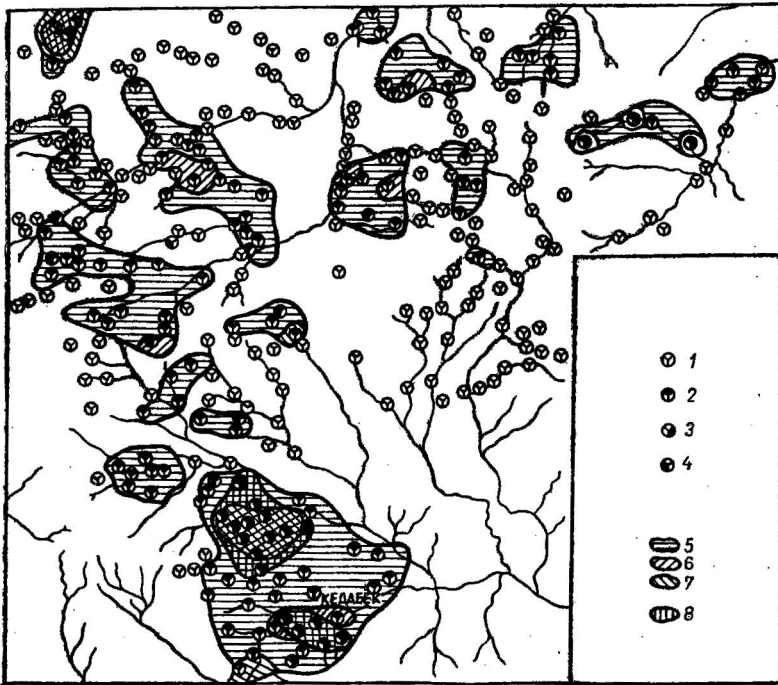


Fig. 8. Wyniki opróbowania osadów aluwialnych w Azerbajdzjańskiej SRR (wg N. D. Abdullajewa)

Results of investigation of alluvial deposits in the Azerbaijan SSR (according to N. D. Abdullajev)

— — — — — próbek z zawartością miedzi, ołowiu i kobaltu w granicach tła; 2 — Cu $4.0 \cdot 10^{-3}\%$; 3 — Pb ponad $4.10^{-3}\%$; 4 — Co ponad $4.10^{-3}\%$; 5 — geochemiczne anomalie miedzi $4.10^{-3}\%$ — $1.0 \cdot 10^{-2}\%$; 6 — j.w. $1.0 \cdot 10^{-2}$ — $1.0 \cdot 10^{-1}\%$; 7 — j.w. 1.0^{-1} — 1.0% ; 8 — anomalie ołowiu ponad $4.0 \cdot 10^{-3}\%$

1 — site of sampling of rock specimens characterized by the contents of copper, lead and cobalt corresponding to the values of background; 2 — Cu — $4.0 \cdot 10^{-3}\%$; 3 — Pb over $4.10^{-3}\%$; 4 — Co over $4.10^{-3}\%$; 5 — geochemical anomalies of copper $4.10^{-3}\%$ — $1.0 \cdot 10^{-2}\%$; 6 — as above $1.0 \cdot 10^{-2}\%$ — $1.0 \cdot 10^{-1}$; 7 — as above 1.0^{-1} — 1.0% ; 8 — lead anomalies over $4.0 \cdot 10^{-3}\%$

kresie molibdeny, lecz również ołowiu i cynku) stwierdzono tylko na dwóch odcinkach tego rozłamu, które odpowiadają miejscom jego przecięcia przez młodsze zaburzenia o innej rozciągłości. Jeżeli z odcinkiem „a” związane jest poprzednio znane złożo metali rzadkich, to anomalia geochemiczna na odcinku „b” umożliwi ustalenie nie tylko analogicznego równoleżnikowego rozłamu, lecz także odkrycie związanego z nim okruszcowania o znaczeniu przemysłowym. Badania geochemiczne zaburzeń dysjunktywnych, przeprowadzone w strefach rudonośnych typu

kontaktowo-metasomatycznego na Uralu przez J. P. Bakłajewa (1966), pozwoliły na wydzielenie zaburzeń, z którymi związana jest mineralizacja i sformułowanie perspektyw zakrytej mineralizacji wymienionego typu. Wspomniane zaburzenia są drogami cyrkulacji roztworów hydrotermalnych (fig. 10).

Uzyskanie pomysłnych wyników geochemicznej oceny zaburzeń tektonicznych i konfrontacja dawno znanych prawidłowości związku rudo-

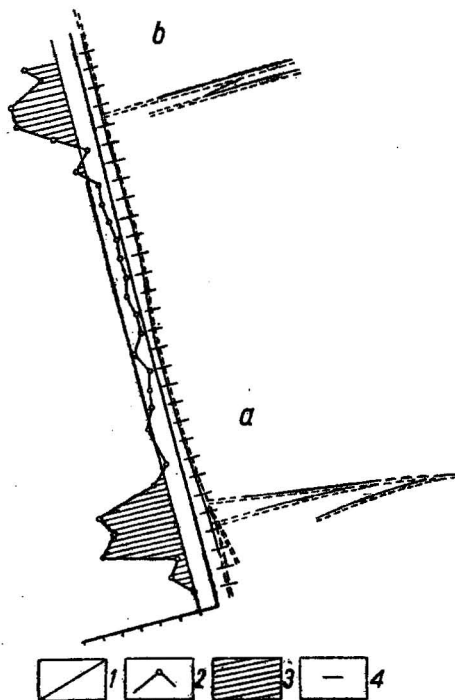


Fig. 9. Wyniki opróbowania geochemicznego strefy tektonicznej

Results of geochemical investigation of tectonic zone

a — złożo znane przed opróbowaniem; b — złożo wykryte na podstawie badań geochemicznych; 1 — strefy zaburzeń tektonicznych; 2 — wykres zawartości molibdenu; 3 — anomalie molibdenu; 4 — profile opróbowania strefy tektonicznej

a — deposit known before the investigation; b — deposit discovered on the basis of geochemical researches; 1 — zones of tectonical dislocations; 2 — diagram of molybdenum contents; 3 — molybdenum anomalies; 4 — profiles of investigation of tectonic zone

ności i złóż licznych typów genetycznych z rozłamami i z ich połączeniami sprawia, że planowe opróbowanie geochemiczne stref rozłamów należy uznać za bardzo przydatną metodę przy ocenie rudoności perspektywicznej w różnych warunkach geologicznych.

Obecnie uzyskano znaczne wyniki w zakresie wydzielenia i doboru pierwiastków wskaźnikowych. Ułatwia to w licznych przypadkach ustalenie, z dużą dozą prawdopodobieństwa, skomplikowanych zadań geologicznych w oparciu o ograniczony materiał analityczny. Tak np. jednym z ważnych kryteriów potencjalnej rudoności tytanu w metasomatycznie zmienionych granitoidach może być obecność tego typu pierwiastka w postaci domieszki w wolframie i kasyterycie z żył kwarcowych, regularnie spotykanych przy takich intruzjach. Wśród licznych granitoidów, sjenitów i sjenitów nefelinowych pospolicie spotyka się pochodne zarówno magmy bazaltowej, jak granitowej. Skały należące do tych samych grup, choć różnego pochodzenia, są bardzo zbliżone pod względem składu mineralnego, lecz wyraźnie różnią się pod względem metaloge-

nezy i typów złóż rud. Uszeregowanie genetyczne tych skał jest jednym z ważniejszych zadań. Rozwiązanie tego zadania stało się obecnie możliwe jedynie dzięki uwzględnieniu danych dotyczących występowania niektórych pierwiastków wskaźnikowych.

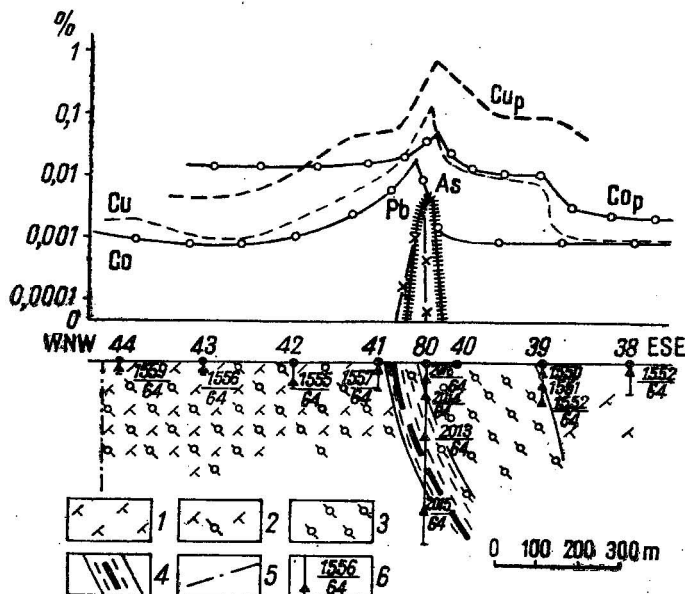


Fig. 10. Zawartość niektórych pierwiastków wskaźnikowych w strefie tektonicznej z okruszcowaniem; Auerbachowsko-Turjańskie pole rudne (Ural Północny), wg J. P. Baklajewa (1966)

Contents of certain index chemical elements in the tectonic zone with mineralization phenomena. Ore field Auerbachovo-Turyansk (Northern Ural Mountains), according to J. P. Baklayev, 1966

1 — porfiryty plagioklazowe o składzie andezytowo-bazaltowym oraz ich tufy; 2 — te same skały odbarwione; 3 — odbarwione skały albitowo-kwarcowo-serycytowo-węglanowe; 4 — przedrudne dyslokacje tektoniczne; 5 — porudne dyslokacje tektoniczne; 6 — numery próbek
 1 — plagioclase porphyrites having andesite-basalt composition and their tufts; 2 — the same rocks but decoloured; 3 — decoloured albite-quartz-sericite-carbonate rocks; 4 — pre-ore tectonic dislocation; 5 — post-ore tectonic dislocation; 6 — numbers of samples

W szczególności na Uralu i na obszarze fałdowań altajsko-sajańskich produktywne okruszcowanie kontaktowo-metasomatyczne i okruszcowanie niektórych innych typów jest związane wyłącznie z granitoidami i sjenitami pochodzenia gabrowego. Wśród wielkiej liczby skał granitoidowych, w większości pod względem mineralizacji płonnych, jest ono dobrze rozpoznawane na podstawie takich pierwiastków wskaźnikowych, jak rubid (niskie zawartości), tytan i wanad (podwyższone zawartości). Godne uwagi jest to, że w tym ostatnim przypadku można nawet ograniczyć się do danych dotyczących samego rubidu, różnice bowiem jego zawartości, a ściślej w wielkościach stosunku potasu do ru-

bidu w granitoidach różnego pochodzenia, są bardzo wielkie i osiągają cały rząd wielkości (L. N. Owczinnikow, 1964).

Istotną pomoc w rozpoznaniu sialicznego i bazaltowego typu magmatyzmu granitoidowego stanowi również taki wskaźnik geochemiczny, jak stosunek Sr^{87}/Sr^{86} . Jest on miernikiem stopnia nagromadzenia strontu — 87, pochodzącego z rozpadu promieniotwórczego. Np. badania W. A. Dunajewa wykazały, że dla takich masywów uralskich, jak berdjański (rapakiwi) i gubeński (gnejsowo-granitowy) stosunki te wynoszą 0,711 i 0,708. Świadczą one o wzbogaceniu granitoidów w substancję sialiczną skorupy. Z drugiej strony — wartości pierwotne stosunków Sr^{87}/Sr^{86} dla riabińskiego i karabularskiego masywu granitowego (wynoszące 0,701 i 0,702) świadczą o tym, że są one produktami dyferencjacji magmy gabrowej lub pochodnymi górnego płaszczka i praktycznie nie są zanieczyszczone domieszkami materiału sialicznego.

Należy podkreślić, że geochemia izotopów i geochemia jądrowa w ostatnich latach coraz bardziej znajduje zastosowanie w rozwiązywaniu zadań, i to nie tylko w zakresie metod analitycznych, lecz również bezpośrednio w badaniach geochemicznych. Obecnie można już przytoczyć dziesiątki przykładów zastosowania tych metod, w szczególności opierających się na wahaniach stosunków trwałych izotopów siarki i tlenu oraz ołowiu.

Ilościowa ocena i właściwości rozmieszczenia typowych pierwiastków wskaźnikowych, zmienność ich stosunków i inne parametry geochemiczne są obecnie z powodzeniem wykorzystywane dla rozwiązania wielu innych zagadnień geologicznych o specjalnym i wielkim znaczeniu, m.in. zagadnień geologiczno-petrograficznych, takich jak: a) rozdzielanie kompleksów jednolitych pod względem petrograficznym, zwłaszcza płonnych skał osadowych i wulkanogenicznych; b) ustalanie komagmatycznych związków skał intruzywnych i wylewnych; c) korelacja utworów metamorficznych i wyjaśnianie ich pochodzenia i in.

Dobre efekty osiąga się przy stosowaniu metod geochemicznych bezpośrednio w toku prac geologiczno-zdjęciowych tylko wtedy, gdy istnieje ścisłe powiązanie opróbowania geochemicznego ze wszechstronną analizą budowy geologicznej kartowanego obszaru.

METODY OKREŚLANIA WIEKU BEZWZGLĘDNEGO W OPARCIU O PIERWIASTKI PROMIENIOTWÓRCZE

Metody określania wieku bezwzględnego w oparciu o pierwiastki promieniotwórcze, stosowane w odniesieniu do różnych utworów geologicznych, bardzo się rozwinęły w ZSRR w ciągu ostatniego dziesięciolecia. Istnieje kilkadziesiąt laboratoriów, nie tylko przy instytutach naukowo-badawczych, lecz również przy jednostkach produkcyjnych. Kierunek tych badań, posiadający własne metody, problemy naukowe i praktyczne cele i zadania, stanowi dziś samodzielną dziedzinę geochemii. Wyniki uzyskiwane przez tę dziedzinę geochemii wymagają specjalnego rozpatrzenia. Zatrzymamy się tu krótko tylko na możliwościach i specyfice metod izotopowych, które są z powodzeniem stosowane do badania złóż surowców mineralnych.

Równoległe z bezpośrednim ustaleniem wieku utworów wchodzących w skład jakiegoś złoża, epoki metalogenicznej itp., metody określania wieku bezwzględnego przyczyniają się do wyjaśnienia warunków powstawania złóż, dzięki ustalaniu ich związku z zespołami skał magmowych i formacjami geologicznymi. W niektórych przypadkach dane dotyczące wieku bezwzględnego w połączeniu z innymi danymi geochemicznymi stanowią kryterium rudonośności skał magmowych. Np. ustalenie wspólnego wieku hipabisalnych masywów granitoidowych Uralu, którym towarzyszy magnetytowo-siarczkowa mineralizacja kontaktowo-metasomatyczna, pozwoliło na wykorzystanie oznaczenia wieku bezwzględnego jako jednego z ogólnych kryteriów produktywności granitoidów uralskich (L. N. Owczinnikow, 1958).

Przy badaniu endogenicznych złóż surowców mineralnych do najważniejszych zadań rozwiązywanych przy pomocy określania wieku bezwzględnego należą:

1. Związek i stosunki wiekowe złóż z masywami intruzywnymi, z ich kompleksami i formacjami. Wzajemne stosunki skupień rudy z seriami dajkowymi.

2. Związek pomiędzy różnymi złożami jednego typu genetycznego.

3. Związek i stosunki wiekowe różnych typów złóż pod względem genetycznym (magmaowych, kontaktowo-metasomatycznych, pegmatytowych, hydrotermalnych i in.).

4. Etapy i fazy utworów rudonośnych i złóż o skomplikowanej budowie. Procesy przestrzennego nakładania się etapów okruszcowania.

5. Epoki metalogeniczne, ich wzajemny związek i interwały następujących po sobie procesów mineralizacji. Związek epok metalogenicznych z fazami orogenezy i z etapami działalności magmowej.

6. Związek i stosunki wiekowe mineralizacji z etapami metamorfizmu i z epokami metalogenicznymi.

7. Związek i stosunki wiekowe złóż z otaczającymi je seriami osadowo-wulkanicznymi i z ich wydzieleniami stratygraficznymi.

Konkretne przykłady wykorzystania metod izotopowych do badania wieku bezwzględnego można znaleźć w stosunkowo bogatej literaturze (np. A. J. Tugarinow, 1963; L. N. Owczinnikow, 1958).

INNE ASPEKTY GEOCHEMII STOSOWANEJ

Trudno nie doceniać roli geochemii w wykorzystywaniu w gospodarce narodowej nowych rodzajów surowca, czy kompleksowego ich wykorzystania. Historia rozwoju całego przemysłu metali rzadkich ZSRR wiąże się z poprzedzającymi go szczegółowymi badaniami geochemicznymi. Niestety, nagromadzony materiał o dużym znaczeniu teoretycznym oczekuje dopiero uogólnienia i głębszej analizy naukowej. Badania bio-geochemiczne zapoczątkowane przez W. I. Wiernadskiego i pomyślnie rozwijane przez A. P. Winogradowa odegrały dużą rolę przy rozwiązywaniu różnorodnych problemów w rolnictwie i w ochronie zdrowia. Pogłębione badania geochemiczne koncentracji różnorodnych pierwiastków w skałach, glebach i w wodach, wyjaśnienie form ich występowania i warunków migracji w biosferze doprowadziło do ważnych wniosków prak-

tycznych. W szczególności wykazano wielkie biologiczne znaczenie dla licznych roślin i zwierząt takich pierwiastków, jak jod, bor, mangan, cynk, miedź, fluor, molibden i stront. Bardzo wiele w tej dziedzinie zdziałał A. P. Winogradow (1963), który wykazał, że niektóre choroby człowieka, zwierząt i roślin są związane z charakterem składu chemicznego gleb i wód, typowych dla wydzielanych przez niego prowincji biogeochemicznych.

W krótkim artykule trudno wymienić wszystkie dziedziny zastosowania geochemii. Geochemia stosowana, metody geochemiczne nieodłącznie są związane z praktyką badań geologiczno-rozpoznawczych i poszukiwawczo-zdjęciowych w Związku Radzieckim. Przyczyniły się one do poważnych odkryć i mają szerokie perspektywy. Nad problemami geochemii stosowanej pracują nie tylko instytucje naukowe, lecz również wielka ilość geochemików w jednostkach produkcyjnych, których dorobek już w obecnej chwili stanowi wielki wkład w dziedzinie powiększania bazy surowców mineralnych. Do geochemii stosowanej należy niewątpliwie wielka przyszłość przy odkryciach nowych złóż rud, zwłaszcza znajdujących się na dużych głębokościach i na obszarach zakrytych luźnymi utworami.

PIŚMIENNICTWO

- ВИНОГРАДОВ А. П. (1963) — Биогеохимические провинции и их роль в органической эволюции. Геохимия, №3.
- ГИНЗБУРГ И. И. (1957) — Опыт разработки теоретических основ геохимических методов поисков. Госгеолтехиздат. Москва.
- ГИНЗБУРГ И. И., РОССМАН Г. И., МУКАНОВ К. М., БРИСЕВИЧ И. В., ГОЛЬЦМАН Ю. В., ИВАНОВ И. Б., ЧЕРНЫШЕВ И. В. (1966) — Применение геохимических методов при металлогенических исследованиях рудных районов. Изд. „Недра”. Москва.
- ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРЕОЛОВ РАССЕЯНИЯ УРАНА И ЭЛЕМЕНТОВ-СПУТНИКОВ ПРИ ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. Методическое руководство. Изд. „Недра”, Москва.
- КАБЛУКОВ А. Д., ВЕРТЕПОВ Г. И. (1960) — Ореолы рассеяния элементов вокруг урановых рудных тел. Геология рудных месторождений, №2.
- ОВЧИННИКОВ Л. Н. (1958) — К вопросу определения абсолютного возраста рудных месторождений Урала. Геохимия, №6.
- ОВЧИННИКОВ Л. Н. (1964) — Элементы-примеси как индикаторы процессов рудообразования и использование закономерностей их распределения при поисках и разведке рудных месторождений. В кн.: „Химия земной коры”, том 2, изд. АН СССР. Москва.
- ПЕРЕЛЬМАН А. И. (1965) — Геохимия эпигенетических процессов. Изд. „Недра”. Москва.
- СОЛОВОВ А. П. (1959) — Основы теории и практики металлометрических съемок. Изд. АН Каз. ССР. Алма-Ата.
- ТУГАРИНОВ А. И. (1963) — О причинах формирования рудных провинций. В кн.: „Химия земной коры”, том 1, Изд. АН СССР. Москва.
- ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ШИРОКОЕ ВНЕДРЕНИЕ ИХ В ПРАКТИКУ ГЕОЛОГИ-

ЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ СССР. Материалы к Всесоюзному семинару. Москва, 1967.

ЯНИШЕВСКИЙ Е. М., ГРИГОРЯН С. В., БАРАНОВ Э. Н., ВЕРТЕПОВ Г. И., КАБЛУКОВ А. Д. (1963) — Эндеогенные ореолы рассеяния некоторых гидротермальных месторождений. Госгеолтехиздат. Москва.

Л. Н. ОВЧИННИКОВ, С. В. ГРИГОРЯН, А. А. ГАРМАШ

УСПЕХИ ПРИКЛАДНОЙ ГЕОХИМИИ В СССР

Резюме

Из различных аспектов практического приложения геохимии, разрабатываемых и развивающихся в СССР, авторы обращают внимание лишь только на некоторые из них, в особенности на те, которые имеют принципиальное значение для поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. В этом смысле подчеркивается роль геохимических эндо- и экзогенных аномалий, и исследование их в зависимости от фона и элементов — индикаторов. Большую роль имеет также биогеохимический метод.

Представлены примеры некоторых геохимических исследований, применяемых в процессе геологической съемки, особенно по ореолам рассеяния.

Обращается внимание на исследования соотношений изотопов некоторых элементов с целью определения связи магмы с сиалическими или более глубокими частями земной коры.

Рассматривается также использование методов определения абсолютного возраста в рудной геологии.

L. N. OVTSHINNIKOV, S. V. GRIGORIAN, A. A. GARMASH

ACHIEVEMENTS OF APPLIED GEOCHEMISTRY IN THE USSR

Summary

Among numerous geochemical problems intensely elaborated at present in the USSR, several are selected by the authors and discussed in this paper. First of all, these are taken into account, which are of great importance in search for, and in reconnaissance of mineral deposits. Discussing this problem, the present authors stress the rôle of endogene and exogene anomalies, and principles of their investigation depending upon the background and kind of index chemical elements. Biogeochemical method seems to be here of great importance, as well. Certain examples of geochemical researches applied in geological survey, particularly, however, the researches of dispersion streams are characterized more in detail. Attention has also been paid to the investigations of relation between certain isotopes, of chemical elements to determine the connection of magma with sialic or with still deeper parts of earth crust, and even with the upper earth mantle.

In addition, the use of methods of absolute age determination in ore geology has been discussed, too.