

NIKTÓRE METODY ANALIZY PROGNOSTYCZNEJ I OCENY FORMACJI MIEDZIONOŚNYCH O PRZYPUSZCZALNEJ PERSPEKTYWICZNOŚCI

UKD 551.263:553.041/.042.001.12.078(438):550.8.01+550.4+550.84:551.26+519

W poprzednim opracowaniu przedstawiono ogólne zasady oceny perspektywicznych obszarów i zasobów kopalin (8), a następnie wyniki tej oceny dla obszaru Polski podano w skrócie w pracy pt. „Wskaźniki perspektywiczności kopalin Polski” (8). W prezentowanym artykule przedstawiono z kolei wybrane metody analizy prognostycznej i oceny miedzionośności w strefach formacyjno-strukturalnych o przypuszczalnej perspektywiczności, na przykładzie niektórych krajów a zwłaszcza ZSRR, gdzie znane są obszary o zbliżonej budowie geologicznej ze stwierdzonymi złożami przemysłowymi.

Wybór metod oceny zasobów perspektywicznych złóż rud miedzi zależy od kryteriów geologicznych, ilości i jakości oznak złożowych i różnych kryteriów ekonomiczno-technicznych. Pośród kryteriów geologicznych do najważniejszych należy stopień odsłonięcia analizowanego obszaru, charakter ścięcia erozyjnego, informacje dotyczące możliwości wydzielenia formacji geologicznych i kruszcowych w strefach strukturalnych, znajomość petrografii skał ocenianej formacji, znajomość prawidłowości rozmieszczenia złóż i ich środowiska geologicznego, a zwłaszcza znajomość typów morfologiczno-genetycznych złóż, które mogą być związane z danym typem formacji. Duży wpływ na wybór metod prognozowania mają oznaki złożowe, zwłaszcza bezpośrednie (złoża, wychodnie rud, rudy stwierdzone w wierceniach), jak również jakość oznak wyinterpretowanych (anomalie geochemiczne, geofizyczne i in.). Przy prognozowaniu ilościowym uwzględnia się kryteria ekonomiczno-techniczne, takie jak: głębokość, wydajność

miedzi z 1 km² lub miąższość pokładu, wielkość przewidywanych zasobów, stopień geotermiczny i warunki górniczo-techniczne eksploatacji.

Największy wpływ na wybór metod prognozowania mają typy genetyczno-morfologiczne złóż. W świecie znanych jest kilkanaście takich typów (14), przy czym najważniejsze znaczenie ekonomiczne mają: porfiry miedziowe, złoża rud miedziowo-niklowych, związane z plutonitami zasadowymi i ultrazasadowymi, złoża osadowe i osadowo-wulkaniczne oraz złoża hydrotermalne związane z geosynklinalnymi utworami osadowo-wulkanicznymi i plutonicznymi, częściowo lub zupełnie zmetamorfizowanymi. Ze względu na stan zaawansowania badań ocenianego obszaru wyróżnia się formacje perspektywiczne o ustalonej (pewnej) perspektywiczności i formacje o przypuszczalnej perspektywiczności. Dla formacji o ustalonej perspektywiczności przeprowadza się zwykle ilościową ocenę zasobów prognostycznych w kat. D₁ i D₂, natomiast dla formacji o przypuszczalnej perspektywiczności – ocenę jakościową lub też ilościową w kat. D₃.

Prognozowanie formacji o przypuszczalnej perspektywiczności obejmuje zwykle strefy strukturalno-tektoniczne lub duże struktury, w których mogą występować różne formacje geologiczne. Prognozowanie w formacjach o ustalonej perspektywiczności ogranicza się zwykle do dobrze zbadanych struktur lub elementów strukturalnych, w których występuje formacja o pewnej perspektywiczności, o sprecyzowanym położeniu stratygraficznym i tektonicznym oraz w formacji tej występują złoża o znaczeniu

przemysłowym. Formacje o przypuszczalnej miedzioności mogą występować w strefie przypowierzchniowej, pod cienkim nakładem utworów młodszych, bądź też znajdują się pod grubą pokrywą skał płonnych. W pierwszym przypadku dla oceny perspektywiczności formacji wykorzystywane są zdjęcia geologiczne i geochemiczne, w drugim zaś oceny dokonuje się dzięki wynikom badań geofizycznych i informacji uzyskanych z wierceń geologiczno-poznawczych. Ocena perspektywiczności formacji zakrytych jest trudna, ponieważ ilość bezpośrednich oznak złożowych jest skąpa, a oznaki wyinterpretowane na podstawie badań geofizycznych nie dają jednoznacznej podstawy do oceny zasobów. W związku z tym w analizie prognostycznej wyzyskuje się kryteria geologiczne w dobrze rozpoznanych obszarach złożowych, gdzie występują podobne strefy formacyjno-strukturalne, jak na ocenianym obszarze. Na podstawie informacji geologicznych ocenianych formacji i kryteriów geologiczno-złożowych zbadanego obszaru, można opracować koncepcyjny model geologiczno-złożowy dla ocenianej struktury lub strefy formacyjno-strukturalnej.

OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI NA PODSTAWIE ZDJĘĆ GEOCHEMICZNYCH I BADAŃ ŚRODOWISKA PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH

Zdjęcia geochemiczne (litogeochemiczne, hydrochemiczne, biogeochemiczne) mają podstawowe znaczenie w ocenie zasobów prognostycznych w strefach formacyjno-strukturalnych występujących na powierzchni, bądź pod cienkim nakładem o grubości nie przekraczającej 30 m. Stosowane są one zazwyczaj na obszarach słabiej poznanych geologicznie. Wstępnego typowania stref do badań litogeochemicznych dokonuje się uwzględniając wyniki regionalnych map geologicznych, geofizycznych, lotniczych, satelitarnych i przekrojów geologicznych. W wyniku analizy tych danych ustala się masyw (jednostki strukturalne, strefy formacyjno-strukturalne) o przypuszczalnej perspektywiczności. W strefach tych mogą występować różne typy morfologiczno-genetyczne złóż rud miedzi. Najlepsze wyniki uzyskuje się w przypadku porfirów miedzionośnych, rud miedziowo-niklowych, związanych z masywami skał ultrazasadowych i zasadowych. Nad złożami rud w strefie utlenienia rozwijają się zazwyczaj wtórne procesy geochemiczne prowadzące do wzrostu koncentracji tlenków żelaza, miedzi i innych metali. Ten minimalny wzrost rejestrują zdjęcia litogeochemiczne. Wyniki terenowych badań geochemicznych przetwarzają się w komputerach, z których otrzymuje się mapy geochemiczne, przy czym tło geochemiczne wyznacza się statystycznie. Mapy geochemiczne mogą być wieloskładnikowe i jako mapy miedziometryczne. Wykonuje się je w skalach regionalnych lub szczegółowych zależnie od zróżnicowania anomalii. Strefy anomalne przedstawione na mapach geochemicznych stanowią podstawę do określenia zasobów prognostycznych w kat. D_3 lub zasobów potencjalnych.

Ocena zasobów może być dokonana dla prowincji metalogenicznej lub jej części, stref formacyjno-strukturalnych, jednostek strukturalnych lub pól metalogenicznych. Istota metod geochemicznych polega na porównaniu charakteru anomalii, składu chemicznego, asocjacji i paragenez mineralnych oraz tła geochemicznego ocenianej jednostki z obszarem dobrze zbadanym geochemicznie i geologicznie, z ustalonymi zasobami złóż rud miedzi. Ocenę miedzioności można przeprowadzić również na podstawie środowiska pierwiastków śladowych, np. dla mineralizacji Pb-Cu-Zn. W tym przypadku oprócz analizy wyników

zdjęć geologicznych bada się procesy, jakie zachodziły w środowisku geologicznym. Np. w niektórych przypadkach powstawanie koncentracji metali (złóż rud) pociąga za sobą obniżenie zawartości metalu w środowisku geologicznym. Asocjacje metalogeniczne mogą być odziedziczone po pierwotnych środowiskach pierwiastków śladowych, bądź też koncentracje rudne są wynikiem typu ekstrakcyjnego lub procesów depozycyjnych. Uwzględnienie charakteru tych procesów przy rozważaniach prognostycznych ma duży wpływ na poprawność oceny. Oprócz tego trzeba pamiętać, że uzyskane dane obciążone są pewnymi błędami analitycznymi, jak również inne błędy mogą pochodzić od położenia geograficznego lub od zmienności zakresu obserwacji i innych trudności statystycznych. Najważniejszą sprawą jest uzyskanie wiarygodnych średnich wartości w środowiskach metali. Porównanie tych wartości i średnich stosunków ma główne znaczenie w prognozowaniu. Rozważając stosunki Pb-Cu-Zn można np. stwierdzić, jak podaje Brown, utrzymywanie się ołowiu w pegmatytach w polu trwałości skaleni, preferencję hydrotermalną we wczesnym etapie tektonicznym lub zdecydowaną preferencję miedzi do magmatyzmu wczesnotektonicznego. Na podstawie tych wyników i znajomości budowy geologicznej obszaru można wytypować strefy o perspektywicznej miedzioności.

OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI NA PODSTAWIE ANALIZY GEOLOGICZNO-GEOCHEMICZNEJ

Dla ustalenia zasad regionalnego prognozowania i kryteriów określających skład i stopień koncentracji kruszców, geolodzy radzieccy L. N. Owczynnikow, W. D. Baranow i R. I. Lutkow (9) przeprowadzili analizę stereometalogeniczną i syntezę około 400 złóż świata. Do badań zastosowano metody geologiczno-statystyczne i metody badań związków danych geologiczno-geochemicznych. Ogólnie biorąc, stopień koncentracji metalu w złożach wykazuje pewien związek z rozpowszechnieniem tego metalu w skorupie ziemskiej. Głównym procesem prowadzącym do koncentracji rud metali jest długotrwała, wglębna dyferencjacja magmowa, przy czym skład i wielkość koncentracji określa stopień dyferencjacji magmatyzmu bazaltowego. Wymienieni autorzy wyróżniają 2 etapy dyferencjacji – bazaltowy (toleitowy) i andezytowy, które jak wiadomo są charakterystyczne dla pierwotnych stref geosynklinalnych. Wskutek zdyferencjowania bazaltów powstawały w sposób ciągły koncentracje rud miedziowo-cynkowych. W drugim zaś etapie tworzyły się zdyferencjowane kontrastowo rudy pirytowo-miedziowe, pirytowo-polimetaliczne i cynkowo-ołowiowe.

W wielu formacjach magmowych skład okruszczenia siarczkowego zmienił się, przy czym zawartość miedzi w stosunku do innych głównych metali, jak: Zn i Pb obniżała się. Zmniejszył się również stosunek siarki do metali z 12,5 do 3,1 a podkoncentrowanie metali wzrosło 18-krotnie. W każdej prowincji, stopień koncentracji okruszczenia siarczkowego zmienia się w regionalnym profilu pionowej strefowości geochemicznej, przy czym większe złoża przywiązane są do określonych poziomów. Według L. N. Owczynnikowa i in. (9), w ogólnym zbiorze złóż siarczkowych danej prowincji można wyróżnić geochemiczne poziomy koncentracji. Każda prowincja kruszczowa (Ałtaj, Ural, prowincje tarczy kanadyjskiej, Skandynawia) cechuje się pasowym rozmieszczeniem złóż rud, poprzeczną strefowością okruszczenia, regularną schodkową zmianą jego składu,

PRZYKŁAD KLASYFIKACJI ŻŁÓŻ RUD MIEDZI
ZWIĄZANYCH Z OSADOWYMI I OSADOWO-WULKANICZNYMI FORMACJAMI GEOLOGICZNYMI (11)

Formacje miedzionośne	Typy złóż	Stopień zmetamorfizowania utworów i złoża reprezentujące formacje	
		ślabo lub nie zmetamorfizowane	silnie zmetamorfizowane
A. Formacje osadowo-wulkaniczne			
1. Spilitowo-keratofirowo-tufo-lupkowa	pirytów miedzionośnych z cynkiem	Nowy Brunzwik (Kanada); złoża uralskie (ZSRR podolskie i in.); Smolnik (CSRS)	Altin-Tepe (Rumunia)
2. Bazaltowo-liparytowa, terygeniczo-molasowa	miedziowy	Jeziro Górne (USA), tajmeńskie	
3. Czarno-lupkowa fliszowa lub fliszopodobna	miedziowy z cynkiem	uspieńskie Kyzyl-Dere	Mount Isa (Australia)
4. j.w.	miedziowo-cynkowo-ołowiowy	filiszajskie (ZSRR)	
B. Formacje osadowe			
5. Terygeniczo-węglanowa	miedziowy	Lublin, Sieroszowice (PRL) Mansfeld (NRD)	
6. Pstra, molasowa	miedziowo-ołowiowo-cynkowy	Mechernik, Gute-Hofnung	
7. Pstra, terygeniczna	miedziowy z ołowiem i cynkiem	Dżekazgan i Udokan (ZSRR)	
8. Pstra, terygeniczna	miedziowy	przyralskie (ZSRR) Szpania Dolina (CSRS)	

zwłaszcza zmniejszaniem się miedzionośności i zmianą stopnia koncentracji innych pierwiastków, zgodnie z regionalnym szeregiem strefowości. Ta zmienność okruszczenia w poziomie, rozpoczyna się od brzeżnych rozłamów wglębnych, a w pionie, od powierzchni Konrada. Koreluje się ona ze zmianą profilu formacyjnego utworów geosynklinalnych i składu formacji kruszczośnej. Według W. S. Reznika (12) główne cechy strefowości metalogenicznej prowincji siarczkowych określają pozycje i warunki występowania brzeżnej strefy rozłamu (paleosejsmoogniskowej strefy Zawarickiego-Benioffa) i regularnie zmieniający się w stosunku do niej charakter profilów skorupy ziemskiej i stopień jej krystalicznej „dojrzałości”. Dobrze rozpoznanie warunków występowania formacji geologicznych, ich składu geochemicznego oraz wydzielenie specyficznych kompleksów rudonośnych i określenie ich objętości pozwala na ocenę prognostycznych rud miedzi i rud innych metali.

OCENA PROGNOSTYCZNA
I ANALIZA FORMACJI MIEDZIONOŚNYCH
W UTWORACH OSADOWYCH
I OSADOWO-WULKANICZNYCH

Na obszarach platformowych i geosynklinalnych znane są różne formacje geologiczne, z którymi związane są stratyfikowane i stratoidalne złoża siarczkowych rud Cu, Zn, Pb i innych metali. W złożach stratyfikowanych strefy zmineralizowane są zgodne z rytmem rozwoju warstw lub formacji osadowych. Są to złoża osadowe lub ekshalacyjno-osadowe. Natomiast w złożach stratoidalnych ciała rudne w większości przecinają pod niewielkim kątem płaszczyzny warstwowania utworów osadowo-wulkanicznych. W spągu kompleksu formacji występują zwykle grube strefy utworów hydrotermalnie zmienionych, z siarczkami od stref pirytowych w spągu do chalkopirytowych, a następnie sfalerytowych ku górze. Rudy siarczkowe są epigenetyczne i nieco młodsze od utworów osadowo-wulkanicznych. Obydwie grupy złóż wraz z utworami osadowymi uległy później sfałdowaniu i metamorfizacji lub dysjunktywnej tektonice. W związku z tym powstała

strefa formacji złożowych nie zmetamorfizowanych lub słabo przeobrażona i silnie zmetamorfizowana. W strefie zmetamorfizowanej powstają facje zieleńcowo-lupkowe, które tracą warstwowanie i rytmiczność osadową. W wyniku krystalizacji i dezintegracji substancji kruszczowych, procesy te komplikują morfologię formacji geologicznych i kruszczowych, jak również ciał rudnych. Odtworzenie pierwotnego charakteru formacji i koncentracji kruszczowych jest podstawą do prognozowania zasobów złóż. Główne prace badawcze polegają na ustaleniu klasyfikacji formacji osadowych i wulkaniczno-osadowych (tab.), określeniu asocjacji mineralnej składników kruszczowych i ich korelacji.

1. W formacjach spilitowo-keratofirowych złoża piryków miedzionośnych zawierają piryty z chalkopirytem i sfalerytem, przy czym głównym składnikiem jest miedź. W dolnej części formacji, poniżej rud masywnych występują często rudy żyłowe i rozproszone o zawartości 15–30% siarczków. W rudach masywnych lub tufach, względnie w skałach ilastych, występują rudy pasiaste, a w spągu serii spotykane są rudy zlepieńcowe. W wielu złożach liparyty, liparytodacyty i ich tufy (formacja bazaltowo-liparytowa, terygeniczo-molasowa) przedstawiają ważne oznaki złożowe. Np. w złożach rejonu sibajewskiego na Uralu, na zasadzie przestrzennego obrazu budowy geologicznej, określono objętość i skład ciał rudnych i ustalono zasoby prognostyczne.

Złoża formacji spilitowo-keratofirowej rozwinięte są w różnych okresach geologicznych, przy czym w różnych regionach lub prowincjach występują one w określonych piętrach. Np. na obszarze Południowego Quebecu i Nowego Brunzwiku (Kanada) znane są strefy metalogeniczne w staropaleozoicznej geosynklinie z rozwiniętą formacją utworów osadowo-wulkanicznych. Strefa położona na S od linii Logana składa się z utworów fliszopodobnych, w obrębie których występują dioryty, diabazy i różne zasadowe skały wulkaniczne. W utworach dolomitowych znane są złoża rud miedzi (chalkopiryty, bornit z galeną). W strefie Stoke Mountain, składającej się z łupków i skał wulkaniczno-osadowych (formacja Ascot) występują strato-

idalne złoża siarczków. W strefie tej wśród skał szarogłazowych i pelitycznych występują zasadowe, felzytowe skały wulkaniczne, z którymi związane są złoża rud miedzi i ołowiu. Klasycznym przykładem złóż, związanych ze spilitowanymi lawami poduszkowymi są złoża obszaru Norandy (Quebec). Jest on zbudowany z prekambryjskich skał wulkanicznych zmetamorfizowanych i zmienionych hydrotermalnie (formacja Keewatin). Złoże ma formę nieregularnego komina zwięzającego się ku dołowi. Występuje tam piryt, pirotyn i chalkopiryt oraz sfaleryt, przy czym w górnych strefach przeważa piryt i sfaleryt, w dolnych zaś pirotyn i chalkopiryt.

Na środkowym Uralu złoża formacji spilitowo-keratofirowej znane są w utworach eiflu i żywetu. Zbudowane są z utworów wulkanicznych zawierających bazalty, doleryty z krzemianowymi tufitami oraz plagioporfirowe bazalty poduszkowe. Facje subwulkaniczne składają się z bazaltów plagioporfirowych, różnych dajek zasadowych, andezytów i dacytów. Utwory skał intruzywnych zawierają liparytowe porfiry, gabrodiabazy, granity, granodioryty i aplity. Utwory metasomatyczne składają się z metasomatytów przedrudnych (łupki kwarcowo-sercytowe, chlorytowe), progresywnego etapu (skały amfibolowo-biotytowe, kwarcowo-amfibolowo-albitowe z fylilitami kwarcowymi). Rudną formację reprezentują siarczki chalkopirytowo-pirotynowe z magnetytem, które występują jako rudy masywne, drobnożyłowe i rozproszone.

2. We fliszopodobnych formacjach czarnych łupków znane są złoża miedzi i cynkowo-ołowiowe. Przykładowo można wymienić złoża: Uspieńskie Kyżyl, Dere, filiszajskie, Mount Isa i wiele złóż w Kanadzie i innych krajach. Złoża te występują w formacjach różnego wieku, lecz mają wiele wspólnych cech. Ich przedstawicielem może być liasowe złożo filiszajskie (ZSRR). Głównym minerałem jest piryt, chalkopiryt, sfaleryt i galena. Występują one wśród czarnych łupków ilastych i argilitów, w formie rozproszonej lub cienkich lamin, zaznaczających się na granicy warstwowania.

3. W pstrych formacjach terygenicznych rudy miedzi znane są w licznych złożach ZSRR (Dżezkangan, Udokan), w USA i Afryce. W złożu Dżezkangan rudy galenowo-sfalerytowe występują w asocjacji z chalkopirytem. Są one rozproszone lub tworzą cienkie żyły w piaskowcach, kwarcytach i argilitach. Na granicy kontrastowych utworów, określających rytmy sedimentacyjne, zaznacza się mineralno-geochemiczna strefowość. Np. w złożu udokańskim wydzielono w profilu od dołu ku górze strefy: piryto-chalkopirytową, chalkopirytowo-bornitową, bornitowo-chalkopirytową i in. W złożach stratyfikowanych obserwuje się często związek ciał rudnych z określonymi facjami, przy czym większe koncentracje występują w tych częściach formacji, w których następuje redukcja lub w strefach nagłych zmian facjalnych utworów. Natomiast w złożach stratoidalnych zależność ta jest mniejsza. Ciała rudne mogą występować w różnych formacjach i typach litologicznych utworów, przy czym dość często obserwuje się ich związek z paleoreliefem, zwłaszcza ze strefami podniesionymi, kopułowymi. W pobliżu tych form zaznaczają się intensywniejsze procesy metasomatyczne i przeobrażenie formacji rudonośnych.

W wyniku szczegółowego zbadania miedzionośnych (metalogenicznych) formacji, poznania charakteru formacji geologicznych, zmian facjalnych magmatyzmu oraz asocjacji mineralnych, można przeprowadzić prognozowanie złóż rud miedzi typu stratyfikowanego i stratoidalnego.

Ocena zasobów rud pirytołów miedzionośnych występujących w strefach wulkanogenicznych przeprowadzono na południowym Uralu, gdzie strefy te są najbardziej charakterystyczną formą paleostruktur utworów efuzywnych, występujących wśród słabo zdyslokowanych utworów sylurskich i dewońskich. W obszarach pirytonośnych przeprowadzono badania stratowulkanów. Pod poziomami serii utworów tufogeniczno-osadowych wyróżniono stratowulkan południowopodolski o powierzchni około 150 km², mający kalderę o wymiarach 3×4 km. Około 300–700 m nad dnem kaldery stwierdzono 8 kopułowych elewacji wulkanicznych, przy czym z jedną z nich związane jest podolskie złożo siarczkowe (4).

Wszystkie złoża i przejawy siarczkowe na tym obszarze wiążą obecnie geolodzy baszkirscy z wulkanogeniczną liparyto-bazaltową formacją eiflu. Z porównania stratowulkanu południowopodolskiego i obszaru złoża sibajskiego wynika, że wulkan południowopodolski na poziomie ścięcia (500–800 m) dzieli się na 2 struktury: zachodnią i wschodnią, które są rozdzielone kompleksem utworów osadowo-tufogenicznych serii ulutańskiej, przy czym struktura karamałytańska stanowi zachodnią, a struktura sibajska wschodnią krawędź wielkiego wulkanitu, którego kaldera przypada na centralną strefę rozwoju utworów fliszopodobnych. Na tej podstawie można wnioskować, że na większych głębokościach w strefie tej występują również zakryte złoża miedziowo-pirytowe, podobnie jak w południowej i północnej części tej samej struktury. Na podstawie proporcji objętości skał wylewnych stratowulkanów do wielkości stwierdzonych złóż, obliczono zasoby prognostyczne dla stref wgłębnich. Przyjmując za jednostkę zasoby miedzi ustalone na złożu sibajskim, W. P. Klemm i inni obliczyli na podstawie objętości skał wylewnych prognostyczne zasoby rud miedzi możliwe do odkrycia na obszarach perspektywicznych. Np. dla stratowulkanu gajskiego o objętości skał wylewnych 800 km³ oceniono zasoby prognostyczne złóż rud miedzi 3 razy większe od udokumentowanych zasobów złoża sibajskiego.

ANALIZA METALOGENICZNA I OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI NA PODSTAWIE PRZESŁANEK KONCENTRACJI I SPECJALIZACJI

Przy analizie metalogenicznej bada się różne przesłanki, które mają wpływ na okruszcowanie: litologiczno-stratygraficzne, mineralogiczno-geochemiczne, strukturalne, magmowe, metamorficzne i in. Według charakteru i oddziaływania tych przesłanek na okruszcowanie, I. N. Tomson i O. P. Polakowa (15) dzieli je na 2 główne grupy, tj. przesłanki wykazujące wpływ na wielkość okruszcowania – przesłanki koncentracji i przesłanki określające skład jakościowy okruszcowania – przesłanki okruszcowania. Przykładem przesłanek koncentracji mogą być struktury reprezentujące szerokie (do 50 km) liniowe strefy osłabień, przecinające różne strefy strukturalno-metalogeniczne, którym w wielu przypadkach towarzyszą strefy z anomalnym składem kruszcowego ołowiu.

Przesłanki specjalizacji mogą być reprezentowane przez strefy strukturalno-facjalne lub przez wewnętrzne elementy strukturalne, np. wyniesień (15). Obecność takich zakrytych (ślepych), kopułopodobnych wyniesień położonych np. w głębi masywu uralskiego, wykrywanych na podstawie

morfologii powierzchni odbijających fale sejsmiczne jest bardzo ważną i korzystną przesłanką przy prognozie złóż pirytów miedzionośnych i siarczków. Przesłanki specjalizacji są również rozpatrywane w różnych kompleksach magmowych. Badania wykazują, że w pobliżu dużych złóż zaznacza się kontrastowy skład ciał magmowych, obecność pierwiastków śladowych zarówno grupy femicznej, jak i sialicznej.

W grupie przesłanek mineralogiczno-petrograficznych Tomson i Polakowa (15) wyróżniają przesłanki wskazujące na obecność dużych złóż. Charakteryzują się one określoną specyfiką składu rudnego ołowiu, długotrwałością tworzenia się i złożonym składem rud, w których wiodącą rolę ma kilka metali. Wszystkie duże złoża rud charakteryzują się obecnością ołowiu o prostym składzie izotopowym, przechodzącego ewolucje w warunkach zbliżających się do warunków modelu jednostadialnego, natomiast ołowię małych złóż są zawsze bardziej złożone i gromadziły się w innych warunkach.

Przy ocenie perspektywiczności lokalnych obiektów, ważną rolę ma „rytmiczność strefowości”, czyli prawa rządzące rozmieszczeniem złóż o przemysłowych koncentracjach rud. W dużych złożach, o różnym składzie można wydzielić w pionie jeden lub kilka produktywnych interwałów mających kształt „subhoryzontalnych” pasm o miąższości pionowej 200–400 m, przedzielonych pasmami płonnymi o podobnej grubości. Interwałom produktywnym towarzyszą aureole geochemiczne zmieniające swój skład w profilu pionowym każdego interwału. Zmienność ta może być wykorzystana dla prognozy nowych, głębiej położonych interwałów produktywnych (15).

Przedstawione kryteria geologiczne i przesłanki są różne dla poszczególnych obszarów. Dokładne zbadanie przesłanek koncentracji i okruszczenia może stanowić podstawę dla ilościowej prognozy zasobów złóż rud miedzi innych metali.

UWAGI O MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA METOD STATYSTYCZNYCH I TEORII PRAWDOPODOBIEŃSTWA W PROGNOZOWANIU ZASOBÓW

Prawdopodobieństwo wykrycia złóż i określenie jakości surowców może być zwiększone za pomocą rozwoju nowych sposobów prognozowania, uwzględniających statystykę i teorię prawdopodobieństwa, przy użyciu komputerów. Metody te mogą być stosowane dla kompleksowego prognozowania wszystkich rodzajów kopalin, występujących w określonych jednostkach strukturalnych lub w strefach formacyjno-strukturalnych. Pozwalają one na optymalizację badań podstawowych i wyeliminowanie dublowania prac prognostycznych. Połączenie dopełniających się w sensie informacyjnym wyników badań strukturalno-tektonicznych, fotogrametrycznych, geofizycznych, formacyjno-strukturalnych, geochemicznych, litofacjalnych zabezpiecza zdaniem W. S. Reznika (12) niezbędną wiarygodność prognozy. Zastosowanie tych metod wymaga uprzedniego rozwiązania problemu organizacyjno-technicznego, wypracowania kodów prognozy geologicznej.

Matematyczne metody prognozowania złóż kopalin sprowadzają się do otrzymania krzywych prawdopodobieństwa i wyinterpretowania wielkości i określonych typów złóż w badanej strefie formacyjno-strukturalnej. Danymi dla analizy matematycznej są z jednej strony przesłanki, oznaki złożowe oraz materiały faktograficzne, rejestrowane

na złożach znanych, o ustalonej wartości przemysłowej, na podstawie których otrzymuje się modelową krzywą prawdopodobieństwa, z drugiej zaś cechy te są zestawiane w ocenianej strefie strukturalno-formacyjnej w formie alternatywnych krzywych prawdopodobieństwa. Przez porównanie ich z modelową krzywą prawdopodobieństwa można przeprowadzić ocenę perspektywiczności. Kompleksowe prognozy przetwarzania informacji sposobem matematyczno-statystycznego prognozowania przy użyciu komputerów zabezpieczają prognozę z taką dokładnością, z jaką poznana jest budowa geologiczna jednostki geologicznej lub strefy formacyjno-strukturalnej.

METODY KOMBINOWANE (KOMPLEKSOWE)

Przy ocenie zasobów prognostycznych złóż rud miedzi oraz innych złóż kruszcowych, stosuje się zazwyczaj kilka metod – w celu zwiększenia wiarygodności ocenianych stref formacyjno-strukturalnych. Prognozę rozpoczyna się przeważnie od analizy map metalogiczno-prognostycznych i geochemiczno-prognostycznych. Często stosuje się różne, uzupełniające się metody, których wybór zależy od charakteru budowy geologicznej, przesłanek i oznak złożowych już omówionych. W przypadku wystarczającej ilości pozytywnych przesłanek geologicznych i oznak złożowych, można określić zasoby prognostyczne, zwłaszcza gdy perspektywiczność ocenianego obszaru jest w prostej zależności od intensywności oznak złożowych. W takich przypadkach stosuje się metody matematyczno-statystyczne. Można również stosować metodę porównywania powierzchni występowania formacji lub facji rudonośnych na obszarach rozpoznanych z obszarami perspektywicznymi, przy założeniu, że okruszczenie na ocenianym obszarze jest rozłożone równomiernie. Pogłębieniem tej metody jest analiza formacji miedzionośnych i geologiczno-geochemiczna.

Na obszarach osadowo-wulkanicznych zasoby prognostyczne rud siarczkowych ocenianego obszaru lub strefy formacyjno-strukturalnej są mniej więcej w tych samych proporcjach, jak ich powierzchnie zdyferencjowanych formacji wulkanogenicznych lub facji wulkanitów (7). W przypadkach wątpliwych, założenia te są kontrolowane metodą analizy formacji lub metodą wielkości struktury wulkanicznych i in. W wielu obszarach miedzionośnych (metalogicznych) może być stosowana metoda analogii. Opiera się ona na przypuszczeniu, że oceniane strefy perspektywiczne danego obszaru metalogicznego mają analogiczną budowę i oznaki złożowe, jak strefy rozpoznane ze stwierdzonymi złożami. Stosuje się tu ilościową analizę stopnia podobieństwa i różnic zachodzących na porównywalnych obszarach, określaną na podstawie przesłanek i charakteru oznak złożowych. Przy obliczeniu zasobów perspektywicznych, należy w każdym przypadku pamiętać, że wiarygodność zasobów prognostycznych zależy od stopnia zbadania obszaru, czyli od ilości informacji. Na obszarach słabo zbadanych na przykład ilość informacji może być bliska zeru, natomiast na lepiej rozpoznanych może być duża. Im więcej jest przesłanek i oznak pozytywnych, tym prawdopodobieństwo występowania złóż jest większe, natomiast nie można określić dokładnie ich wartości przemysłowej.

Przedstawione metody prognozowania stosowane są w różnych wariantach, różne są też zasady doboru i przetwarzania informacji. Jednakże istota wszystkich metod sprowadza się do przeniesienia doświadczeń uzyskanych na znanych złożach, na nowe obszary o przypuszczalnej perspektywiczności.

1. Bogdanov V. V., Kutuyren E. J. — Geological Conditions of Occurrence of Stratified Copper and Lead-Zinc Deposits in the USSR; Intern. Geol. Congress, Canada, Sec. 4, 1972.
2. Brink J. W. — The Prediction of Mineral Resources and Long — Term Trend in the Non-Ferrous Metal Mining Industry. Ibidem.
3. Brown W. — Exploration for Pb-Cu-Zn in the Oligo-Habitat. Ibidem.
4. Klemin W. P. — Ocena zasobów prognostycznych złóż miedziowo-pyritowych według struktur wulkanicznych kontrolujących okruszcowanie (Baskirskia Ekspedycja Geologiczna), 1978.
5. Koliczestwiennaja ocenka prognostycznych zasobow i pierspektiwnych riersusow i mineralnogo syrja pri regionalnych mietałlogieniczeskich issledowanijach, VSEGEI, Leningrad, 1978.
6. Larnicka P., Wilson H. D. B. — The Significance of a Copper-Lead Line and Metallogeny. Intern. Geol. Congress, Canada, Sec. 4, 1972.
7. Magadejew B. D. — Doświadczenia prognozowania ilościowego i klasyfikacji zasobów prognostycznych w miedzionośnych rejonach Baskirii (Baskirski Terenowy Urząd Geologiczny), 1978.
8. Osika R. — Ogólne zasady oceny zasobów perspektywicznych kopalin. Prz. Geol. 1979 nr 3, 6.
9. Owczynnikow L. N., Baranow W. D., Łutkow R. I. — Przyczynek do oceny jakościowej zasobów prognostycznych w pirytonośnych prowincjach rud metali w oparciu o dane geologiczno-geochemiczne, IMGRE, 1978.
10. Prokop F. W. — The Future Economic Significance of Lowgrade Copper and Nickel Deposits, Stuttgart 1975.
11. Rozrobotka riekomiendacji w oblasti kriterijew i metodiki prognoza orudienienija w zonach razwitija gieosynklnalnych osadoczno-wulkanogiennych formacji (SEW — Postojannaja Komisja po Gieologii, Bucharest, 1978, Czast I).
12. Reznik W. S. — Kompleksowa prognoza złóż z zastosowaniem metod statystyki i teorii prawdopodobieństwa. WNGRI, 1978.
13. Smysłow A. A. — Geochemiczne metody oceny prognostycznych zasobów rud. Niedra 1978.
14. Surowce mineralne świata, Miedź — Cu. Pr. zbior. Wyd. Geol. 1977.
15. Tomson I. N., Polakowa O. P. — Czynniki koncentracji i czynniki specjalizacji przy analizie metalogenicznej i ocenie złóż. IGEM AN ZSRR, 1978.

In Poland, perspective resources of all the deposits occurring in formations with established perspectives, i.e. in complexes with known deposits of economic value, were estimated (Przegląd Geol., no. 3 and 6, 1979). At present, attention is mainly paid to estimation of perspective resources in formations regarded as perspective. The paper presents selected methods of prognostic analysis and estimation of copper-bearing potential in presumably perspective formational-structural zones on the example of some countries, especially the USSR, wherefrom areas with similar geological structure and the recorded deposits of economic value are known.

The methods of estimation of perspectives on the basis of geochemical mapping and studies on environment of trace elements, geological-geochemical analysis and analysis of copper-bearing formations in sedimentary and sedimentary-volcanic series and volcanogenic structures are discussed. Subsequently, metallogenic analysis and estimation of perspectives on the basis of concentration and specialization premises are presented. Final part of the paper deals with the possibilities of use of statistical methods and probability theory as well as combined methods in prognostic works on copper ore deposits.

РЕЗЮМЕ

В Польше была проведена оценка перспективных запасов всех ископаемых находящихся в формациях с определённой перспективностью, т.е. этих комплексов, в которых уже известны месторождения имеющие промышленное значение (Геол. Обзор № 3 и № 6, 1979 г). В настоящее время обращается особое внимание на оценку перспективных запасов в формациях с предположительной перспективностью.

В статье представлены избранные методы prognostического анализа и оценки меденосности в формационно-структурных зонах с предполагаемой перспективностью, на примере некоторых стран, а особенно СССР, где находятся районы с подобным геологическим строением, с разведанными месторождениями имеющими промышленное значение. Оценка перспективности проведена на основании геохимических съёмок, анализа меденосных формаций в осадочных и осадочно-вулканических отложениях, а также в вулканогенических структурах. Представлен металлогенический анализ и оценка перспективности на основе предпосылок концентрации и специализации. В заключении статьи представлены замечания касающиеся возможности применения статистических методов и теории вероятности, а также описаны комбинированные методы применяемые в прогнозировании месторождений медных руд.