

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Struktura zmienności oraz metodyka szacowania zasobów wytypowanych pierwiastków towarzyszących złożom Cu–Ag LGOM

Głównym celem pracy było pogłębienie wiedzy o przestrzennym rozmieszczeniu zasobności wytypowanych pierwiastków towarzyszących złożom Cu–Ag LGOM w złożu bilansowym i w głównych seriach litologicznych: arsenu (As), kobaltu (Co), niklu (Ni), ołowiu (Pb) i wanadu (V) na przykładzie złoża Rudna. Przedmiotem badań były pierwiastki, które wydają się szczególnie interesujące ze względu na ich lokalnie wysokie zawartości. Arsen (As) wybrano z uwagi na jego negatywny wpływ na procesy hutnicze i środowisko naturalne. Kobalt (Co) i wanad (V) występują na liście surowców krytycznych dla krajów Unii Europejskiej (UE). Nikiel (Ni) jest odzyskiwany ze złóż Cu–Ag LGOM w postaci siarczanu niklu (NiSO_4) pomimo jego generalnie niskich zawartości zbliżonych do klarkowych. Ołów (Pb) został poddany badaniom z dwóch głównych powodów – jego negatywnego wpływu na koncentrat miedziowy i środowisko naturalne oraz rychłe wyczerpywanie zasobów zagospodarowanych złóż rud cynku i ołowiu w utworach triasu w Polsce.

W pracy podsumowano dotychczasowe badania na temat wybranych pierwiastków towarzyszących złożom Cu–Ag LGOM, szczegółowo opisano zmienność ich zasobności jednostkowej, zweryfikowano możliwości zastosowania dostępnych dwóch metod pośrednich szacowania zasobów pierwiastków śladowych (nazwane umownie korelacyjną i mineralogiczną) oraz zaproponowano zmodyfikowaną metodę szacowania ich zasobów. Sprawdzone czy obecnie stosowana sieć opróbowania na pierwiastki towarzyszące jest wystarczająca do szacowania ich zasobów z dokładnością odpowiadającą co najmniej kategorii C₂ rozpoznania zasobów złoża. Na podstawie analizy struktury zmienności zasobności rozpatrywanych pierwiastków zaproponowano metodykę wyznaczania w obrębie złoża stref ich wzbogacenia. Zaproponowano zmianę obecnie obowiązującego sposobu opróbowania wyrobisk górniczych dla potrzeb oceny zasobów pierwiastków towarzyszących.

Do realizacji zadań postawionych w pracy wykorzystano elementy statystyki klasycznej i geostatystycznej. W ramach opisu statystycznego obliczono podstawowe miary statystyczne, skonstruowano histogramy i wykresy ramka-wąsy, przeprowadzono testowania normalności rozkładu badanych pierwiastków oraz podjęto próbę dopasowania optymalnego rozkładu teoretycznego. Zbadano korelację pomiędzy zasobnością Cu i zasobnością metali towarzyszących oraz ich wzajemne relacje przy zastosowaniu współczynników: korelacji liniowej Pearsona oraz korelacji rang Spearmana. Na podstawie badań statystycznych stwierdzono, że zmienność zasobności jednostkowych analizowanych pierwiastków (As, Co, Ni, Pb i V) jest duża do skrajnie dużej. Najwyższą zmiennością charakteryzuje się zasobność As i Pb (ich najwyższe współczynniki zmienności wynoszą odpowiednio 163% i 229%). Rozkłady prawdopodobieństwa zasobności analizowanych pierwiastków charakteryzuje dodatnia asymetria od umiarkowanej do skrajnie silnej, konsekwencją tego jest brak możliwości dopasowania rozkładu normalnego do rozkładów empirycznych zasobności analizowanych pierwiastków. Racjonalny dobór optymalnego, teoretycznego modelu rozkładu prawdopodobieństwa zasobności badanych pierwiastków towarzyszących był możliwy tylko dla niektórych serii litologicznych. Skrajnie skomplikowane postacie rozkładów empirycznych zasobności Pb, zarówno w odniesieniu

do złoza bilansowego jak i głównych wydzieleni litologicznych rudy, uniemożliwiają ich aproksymację żadnym z 30 rozkładów teoretycznych oferowanych przez program Statgraphics. Badania korelacji liniowej zasobności pierwiastków wykazały brak wyraźnej zależności pomiędzy pierwiastkami towarzyszącymi złożom Cu-Ag LGOM (As, Co, Ni, Pb i V) i głównym metalem – miedzią (Cu). Z tego względu odrzucono możliwość stosowania metody korelacyjnej do szacowania pierwiastków towarzyszących złożom Cu-Ag LGOM.

W ramach opisu geostatystycznego struktury zmienności zasobności jednostkowej analizowanych pierwiastków towarzyszących złożom Cu-Ag wykonano tzw. chmury punktów semiwariogramu, w celu wyróżnienia i eliminacji wartości anomalnych ze zbioru danych, które maskują prawdziwy obraz struktury zmienności parametru. Z uwagi na skomplikowany charakter zmienności zasobności badanych pierwiastków obliczono trzy typy estymatorów semiwariogramów empirycznych (próbkowych), następnie dopasowano do nich modele geostatystyczne, które wykorzystano do późniejszych technik estymacyjnych. Skonstruowane zostały mapy relatywnych semiwariogramów kierunkowych w celu zbadania kierunkowej zmienności badanych pierwiastków. Wykonano opróbowania eksperymentalne umożliwiające zbadanie zmienności lokalnej zasobności As, Co, Ni, Pb i V oraz zmienności pionowej zawartości tych pierwiastków w złożu bilansowym i poza granicami złoża bilansowego.

Badania geostatystyczne wykazały generalnie większy udział składnika losowego niż składnika nielosowego w strukturze zmienności analizowanych zasobnościach pierwiastków towarzyszących złożu Cu-Ag LGOM. Zastosowanie dwóch rodzajów estymatorów relatywnych semiwariogramów empirycznych (próbkowych), klasycznego oraz typu „non-ergodic”, pokazało znaczne ich zróżnicowanie, w przypadku zasobności niektórych analizowanych pierwiastków w obszarze górniczym Rudna w złożu bilansowym i głównych seriach litologicznych. Najwyższą stabilnością obu rodzajów relatywnych estymatorów semiwariogramów charakteryzują się zasobności kobaltu i niklu w granicach złoża bilansowego. Zasobności badanych pierwiastków wykazują w większości przypadków słabą kierunkową zmienność. Uwzględnienie semiwariogramów anizotropowych do oszacowania wartości średniej analizowanego parametru nie przyczyniło się do znaczącego obniżenia błędów interpolacji. Badania zmienności lokalnej badanych pierwiastków ujawniły bardzo duże zróżnicowanie ich zasobności nawet w próbach przylegających do siebie. Z wyjątkiem zasobności arsenu, stwierdzono większy wpływ czynników naturalnych na zmienność lokalną niż błędów procesu opróbowania. Najwyższy poziom zmienności lokalnej odnotowano dla ołowiu, a najniższy dla niklu i wanadu. Ze względu na dużą zmienność lokalną analizowanych pierwiastków towarzyszących zaproponowano inny niż obecnie obowiązujący sposób opróbowania wyrobisk górniczych w złożach Cu-Ag LGOM dla potrzeb oceny ich zasobów.

Przy zastosowaniu metod geostatystycznych - krigingu zwyczajnego, krigingu indyktorowego, krigingu lognormalnego oraz symulacji geostatystycznej Turning Bands oszacowane zostały wartości zasobności analizowanych pierwiastków oraz dokonano prognozy błędów tych oszacowań. Na podstawie przeprowadzonych badań zaproponowano dwuetapową metodę szacowania zasobów. Wykazano, że przy aktualnym systemie opróbowania złoża na zawartość pierwiastków towarzyszących oceny ich zasobów obarczone są znacznym błędem. Wyznaczone wielkości zasobów mogą być traktowane jedynie jako szacunkowe i kwalifikowane formalnie do kategorii D.