

JACEK MUCHA, MAREK SZUWARZYŃSKI

Akademia Górniczo-Hutnicza, ZG „Trzebionka”

GEOSTATYSTYCZNY OPIS ZMIENNOŚCI ZAWARTOŚCI METALI W ZŁOŻU RUD KOPALNI „TRZEBIONKA”

UKD 553.444,073:552.543:551.761.2:519.2(438.232 Trzebionka)

W niniejszej pracy zebrano wyniki badań nad zmiennością zawartości cynku i ołowiu w złożu kopalni „Trzebionka”. W badaniach tych zastosowano oryginalną metodę: połączono tu analizę geostatystyczną, opartą na badaniach wariogramów zawartości cynku i ołowiu oraz jakościową analizę strukturalno-teksturalną wykształcenia złoża, wynikającą z obserwacji w chodnikach rozpoznawczych kopalni. Dzięki temu w opisie zmienności udało się zachować przyrodniczy charakter badanego obiektu bez sprowadzania go do rzędu abstrakcyjnej jednostki określonej wyłącznie przez zbiory próbek.

Obiektem szczegółowych studiów było jedno z ciał rudnych występujące w dolnej części warstw gorządzańskich, w II horyzoncie rudnym (11). Ciało to, o płytowej formie i zaleganiu ogólnie zgodnym

z uławiceniem skał otaczających, charakteryzuje się wykształceniem typowym dla jednostek złożowych z południowej części śląsko-krakowskiego regionu występowania złóż rud cynku i ołowiu (por. m. in. 9).

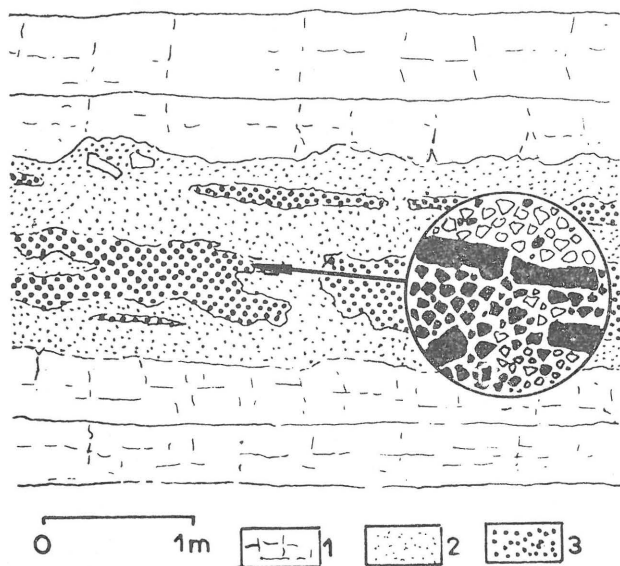
CHARAKTERYSTYKA BADANEGO CIAŁA RUDNEGO

Dotychczasowe studia rozwoju okruszcowania na tym terenie pozwoliły ustalić, że skupienia kruszców uformowały się podczas dwóch faz mineralizacji: pierwsza z nich (zwana starszą) miała miejsce w górnym triasie lub w dolnej jurze, zaś druga (zwana młodszą) — w dolnym trzeciorzędzie (m. in. 1, 2).

Większa część skupień powstała podczas starszej fazy mineralizacji. Można wśród nich wyróżnić także,

Faza mineralizacji	Odmiany skupień minerałów rudnych	Typ genetyczny	Cynk			Ołów		
			a	c _o	u _h	a	c _o	u _h
starsza	a — ławice blendowe o teksturach warstwowych	M	1,5	17,5	53	0,13	1,1	51
	b — ławice blendowe o teksturach ziemistych	M	0,6	4,0	71	0,43	2,2	61
	c — ławice blendowe z blendą skorupową	M+W	1,8	10,5	23	0,04	0,2	20
	d — żyłki w spękanych ławicach dolomitowych	W	1,1	10,5	27	0,00	2,5	31
	e — brekcje o spoiwie sfalerytowo-galenowym	W	0,0	9,5	19	1,09	8,0	58
	f — mineralizacja towarzysząca pustkom wypełnionym osadem wewnętrznym	W	0,8	6,5	47	0,22	1,5	54
	g — mineralizacja rozproszona	M+W	0,1	2,5	75	0,03	0,5	40
młodsza	h — galena sznurowa	M (?)	1,0	3,0	56	1,01	5,5	62
	i — żyły galenowe	W	0,5	0,2	43	0,04	0,1	29

M — skupienia metasomatyczne; W — kruszce wypełniające puste przestrzenie.



Ryc. 1. Przykład wykształcenia ławicy blendowej o teksturach ziemistych (odmiana „b”).

1 — uławicony dolomit kruszonośny, 2 — zdezagregowany dolomit z rozproszonymi ziarnami sfalerytu, 3 — nagromadzenie ziarn sfalerytu z niewielką ilością ziarn dolomitu. W okręgu: uproszczony obraz nagromadzenia ziarn sfalerytowych (czarne) z domieszką dolomitowych (białe), powiększenie ok. 10 X.

Fig. 1. Development of layer of blende with earthy textures (variety „b”).

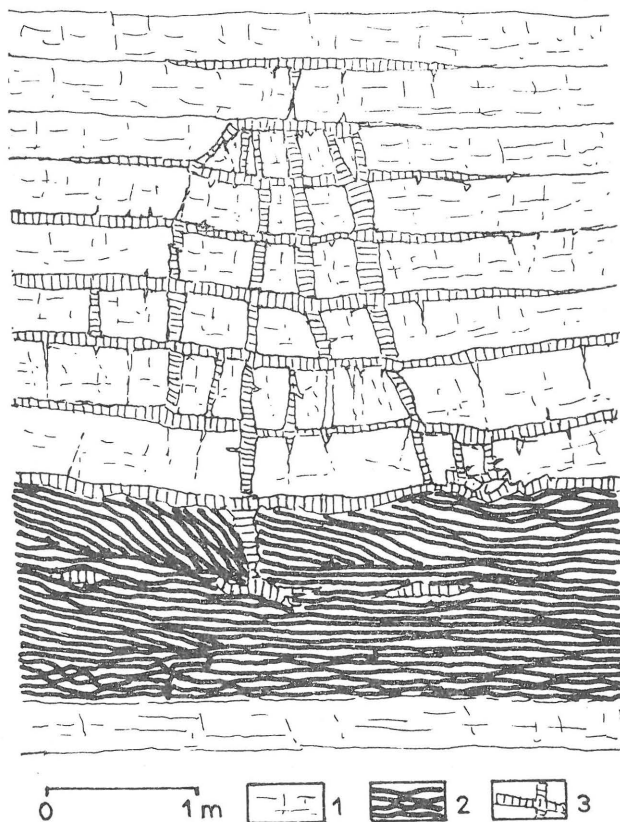
1 — layered Ore-bearing Dolomite, 2 — disaggregated dolomite with dispersed sphalerite grains, 3 — accumulation of sphalerite and innumerable dolomite grains. Encircled: sketch drawing of accumulation of sphalerite (black) and some dolomite (white) grains; X c. 10.

które powstały w wyniku metasomatycznego zastąpienia skały goszczącej przez kruszce, oraz takie, które utworzyły się w wyniku wypełniania przez kruszce istniejących już pustych przestrzeni w skałach goszczących. Poza tym w analizowanych częściach złoża stwierdzono występowanie mineralizacji rozproszonej, powstałej zarówno w wyniku jednego, jak i drugiego procesu.

METASOMATYCZNE SKUPIENIA KRUSZCÓW

Metasomatyczne skupienia kruszców są zbudowane niemal wyłącznie ze sfalerytu, z niewielkimi tylko domieszkami galeny i siarczków żelaza. Charakteryzują się one niezwykle wysoką koncentracją cynku, którego zawartości w ich obrębie są 50 do 500 razy wyższe niż w otaczającym dolomicie.

Znane są dwie odmiany skupień metasomatycznych, różniące się wykształceniem teksturalnym (tab.): ławice blendowe o teksturach warstwowych (odmiana „a”) i nieco rzadziej spotykane ławice blendo-



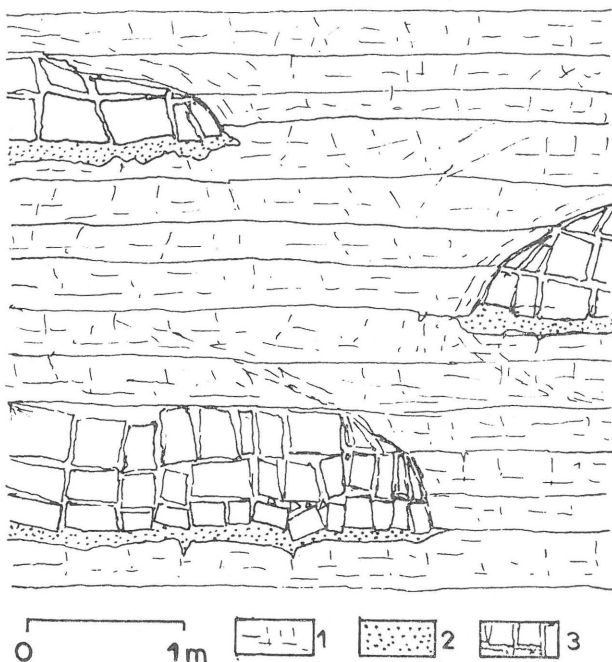
Ryc. 2. Przykład wykształcenia ławicy blendowej o teksturach warstwowych, której towarzyszy mineralizacja blendą skorupową.

1 — uławicony dolomit, 2 — blenda o teksturach warstwowych, 3 — blenda skorupowa.

Fig. 2. Development of layer of blende with stratified texture, accompanied by mineralization by crusty blende.

1 — layered dolomite, 2 — blende with stratified textures, 3 — crusty blende.

we o teksturach ziemistych (odmiana „b”). Pierwszą z tych odmian charakteryzują cechy, opisane już m. in. przez I. Smolarską (10, s. 19—21), K. Bogacza i in. (3) oraz P. Sobczyńskiego i in. (12, s. 186): stosunkowo duże rozprzestrzenienie poziome (kilkadziesiąt-kilkaset metrów), grubości wynoszące kilkadziesiąt centymetrów rzadziej więcej (maksymalnie do 3 m) oraz powtarzanie przez kruszce pierwotnych tekstur skały goszczącej, zwłaszcza wewnątrzławicowego warstwowania. W profilu serii rudnej często występują dwie (lub więcej) takie ławice — jedna nad drugą, oddzielone ławicami płonnego dolomitu, w których pojawiają się często impregnacje sfalerytowe.



Ryc. 3. Przykład wykształcenia złoże w obszarze występowania kruszców wypełniających puste przestrzenie.

1 — uławiony dolomit kruszcoosny, 2 — osady wewnętrzne złożone z ziarn dolomitu i sfalerytu, 3 — silnie spękane ławice dolomitowe i brekcje zawierające okruszcowanie.

Fig. 3. Development of deposit in area of occurrence of ore minerals infilling free spaces.

1 — layered Ore-bearing Dolomite, 2 — internal deposits built of dolomite and sphalerite grains, 3 — strongly fractured dolomite layers and breccias yielding ore minerals.

Dla odmiany „b” charakterystyczne są ławice blendowe o teksturach ziemistych, wzmiankowane przez J. Smolarską (10, s. 33). Ujawniają one wiele podobieństw do poprzednio opisanych skupień, jeśli chodzi o ich geometrię, różnic zaś, jeśli chodzi o tekstury. W odróżnieniu od ławic o teksturach warstwowych okruszcowanie objęło tu jedynie niektóre części ławic, tworząc w ich obrębie nieregularne skupienia rozsypliwego kruszcu, przechodzące lateralnie w rozsypliwego dolomitu (ryc. 1). Na takie wykształcenie ławic o teksturach ziemistych wpłynął fakt, iż zarówno przed rozpoczęciem mineralizacji, a także w jej trakcie i po jej zakończeniu w okruszczonych ławicach następował proces dezagregacji.

Na marginesie omawiania skupień metasomatycznych trzeba wspomnieć o rzadko spotykanej odmianie skupień kruszców, zawierającej w swym obrębie elementy powstałe w wyniku wypełnienia pustych przestrzeni przez minerały rudne. Są to ławice blendowe z blendą skorupową (tab., odmiana „c”). Odmianę tę wydzielono na obszarze występowania ławic o teksturach warstwowych (ryc. 2). Skupienia takie pojawiają się w miejscach, gdzie grubości ławic blendowych są większe niż 1,5 m. Jak wykazały wstępne studia, powstawaniu tak grubych ławic blendowych towarzyszyły ubytki objętości masywu skalnego kompensowane osiadaniami warstw nadległych nad ławicą. Prowadziło to zwykle do powstania poziomych rozwarstwień i skośnych spękań wypełnianych przez blendę skorupową. Niekiedy powstawały w tych warunkach brekcje dolomitowe spojone blendą skorupową.

KRUSZCE WYPEŁNIAJĄCE PUSTE PRZESTRZENIE

Skupienia tego typu zawierają sfaleryt i galenę w stosunku 6:1 do 2:1, z niewielkimi domieszkami siarczków żelaza. Koncentracja cynku jest tu mniejsza niż w poprzednich wypadkach — zawartości tego metalu są tu 10 do 50 razy większe niż w skałach otaczających.

Skupienia kruszców w pustych przestrzeniach powstały na obszarach, na których zamiast zastępo-

wania dolomitu przez kruszce następowało w początkowych stadiach mineralizacji ługowania dolomitu wzdłuż niektórych powierzchni uławienia i równoległe z tym procesem osiadanie warstw nadległych nad powstającymi w wyniku ługowania pustkami (por. 12, s. 186—187). Gdy intensywność ługowania była nieznaczna, powstawały rozległe powierzchniowo puste przestrzenie o niewielkich wysokościach, nad którymi dochodziło jedynie do osiadanego skał nadległych, połączonego z przerywaniem ciągłości ławic i nieznacznym przesunięciem względem siebie poszczególnych fragmentów.

Intensywniejszy proces ługowania w pewnych miejscach prowadził do tworzenia mniej rozległych i stosunkowo wyższych kawern, w których zawalające się stropy tworzyły nagromadzenia okruszków nie tylko przemieszczonych, ale też obróconych w stosunku do pierwotnego położenia. Doprowadzenie do tak przygotowanej skały goszczącej roztworów kruszcoosnych prowadziło: w pierwszym wypadku do powstania żyłek kruszców w silnie spękanych ławicach dolomitowych (tab. odmiana „d”), w drugim — brekcji o spoiwie sfalerytowo-galenowym (odmiana „e”).

Gdy forma i rozmiary pustych przestrzeni umożliwiały dłuższe ich przetrwanie, w wielu wypadkach były one wypełniane osadami wewnętrznymi złożonymi z okruszków dolomitu o rozmiarach 0,5 mm i mniejszych. Niekiedy osady te zawierają także koncentracje okruszków sfalerytu o takich samych rozmiarach. Ściany pustek zawierających osady wewnętrzne są często pokryte naskorupieniami sfalerytu i galeny, a w otoczeniu tych pustek pojawiają się okruszczowane utwory typu brekcji i spękanych w różnym stopniu ławic dolomitowych (ryc. 3). Takie skupienia kruszców wyróżniono w tabeli jako odmianę „f”.

MINERALIZACJA ROZPROSZONA

Ten typ mineralizacji (odmiana „g” w tab.) jest ostatnią odmianą wydzieloną w tej pracy wśród produktów starszej fazy okruszczowania. Tutaj nie może być mowy o skupieniach minerałów rudnych, gdyż zawartości cynku są na obszarach występowania tej mineralizacji zaledwie 2—5 razy większe niż w skałach otaczających. Na obszarach o mineralizacji rozproszonej spotyka się przede wszystkim impregnacje sfalerytom i galena w dolomitach, a także niewielkie odosobnione skupienia ziarn tych minerałów: żyłki, naskorupienia, druzi i in.

MINERALIZACJA GALENĄ W ROZSYPLIWYM DOŁOMICIE

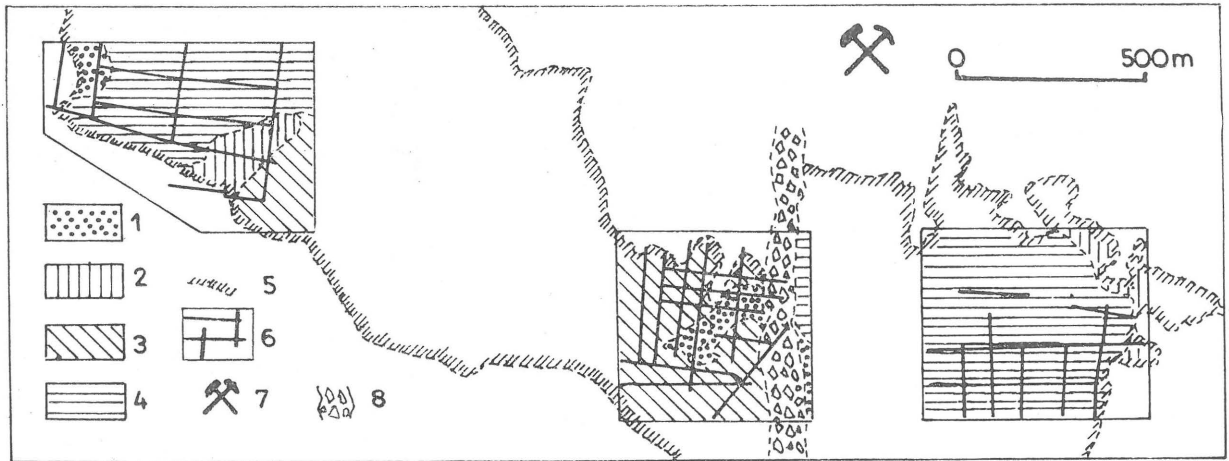
Skupienia galeny powstałe podczas młodszej fazy mineralizacji występują w rozsypliwym dołomicie (por. 2). Skała taka została uformowana w wyniku dezagregacji dolomitu i ługowania metali zawartych w kruszczach powstałych podczas starszej fazy mineralizacji. W takich skałach występują dwie wydzielone w obecnych badaniach odmiany skupień galeny (tab.): tzw. galena sznurowa (odmiana „h”) i żyły galenowe (odmiana „i”).

BUDOWA CIAŁA RUDNEGO

Rozmieszczenie opisanych odmian skupień minerałów rudnych w obrębie badanego ciała rudnego ujawnia wyraźne prawidłowości przestrzenne. Starsze skupienia rozmieszczone są strefowo: w centralnych częściach ciała rudnego dominują kruszce wypełniające puste przestrzenie w skałach goszczących, otoczone przez strefę skupień metasomatycznych, w zewnętrznych zaś częściach tego ciała pojawia się mineralizacja rozproszona. Młodsze skupienia galeny są zlokalizowane w otoczeniu drobnych stref uskokowych w miejscach, w których strefy te przecinają starsze skupienia kruszców.

WPROWADZENIE DO GEOSTATYSTYCZNEJ ANALIZY ZMIENNOŚCI

Przechodząc do analizy geostatystycznej zróżnicowania zawartości metali w obrębie badanego ciała rudnego, konieczne wydaje się podanie zasad, na jakich opiera się zastosowana metoda badawcza. W modelu geostatystycznym (6) zróżnicowanie parametru złożowego, w naszych badaniach — zawartości cynku i ołowiu, przedstawia się za pomocą wario-



Ryc. 4. Fragment mapy strukturalnej badanego ciala zlozowego.

1 — okruszczenie powstale podczas „mlodszej” fazy mineralizacji, 2—4 — okruszczenie powstale podczas „starszej” fazy mineralizacji: 2 — mineralizacja rozproszona, 3 — kruszce wypehniajace puste przestrzenie, 4 — mineralizacja metasomatyczna, 5 — zasieg okruszczenia, 6 — parcele, na ktorzych prowadzono szczegolowe badania, z zaznaczeniem wykorzystanych w pracy linii oprubowania, 7 — lokalizacja szybu „Wlodzimierz”, 8 — strefa plonnych brekcji.

Fig. 4. A fragment of structural map of the studied deposit body.

1 — mineralization dated at the „younger” phase, 2 — 4 — mineralization dated at the „older” phase: 2 — dispersed mineralization, 3 — ore minerals infilling free spaces, 4 — metasomatic mineralization, 5 — extent of mineralization, 6 — fields covered by detailed studies and sampling lines used in the study, 7 — location of the shaft „Włodzimierz”, 8 — zone of barren breccias.

gramu, którego wykres umożliwia analizowanie głównych cech zmienności tego parametru. Wartości wariogramu empirycznego dla sieci oznaczeń parametru, uzyskanej w wyniku dyskretnego oprubowania w regularnej sieci, wyznacza się ze wzoru:

$$2\gamma(h) = \frac{1}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} [f(x_i + h) - f(x_i)]^2$$

gdzie:

- $2\gamma(h)$ — wartość wariogramu dla odległości między obserwacjami równej h ;
- $f(x_i + h), f(x_i)$ — wartości parametru w próbkach oddalonych o odległość równą h ,
- n_h — liczba par próbek w ciągu oprubowań oddalonych o odległość h .

Na ogół wariogramy empiryczne mogą być aproksymowane prostymi funkcjami analitycznymi. Funkcje te odpowiadają geostatystycznym modelom zmienności: liniowemu, de Wijsa, sferycznemu oraz losowemu, przedstawionym na ryc. 5. Na szczególną uwagę wśród nich zasługuje model de Wijsa, którego przydatność do opisu zróżnicowania zawartości cynku i ołowiu w złożach śląsko-krakowskich została już sprawdzona (7). Równanie wariogramu odpowiadającego modelowi de Wijsa ma postać:

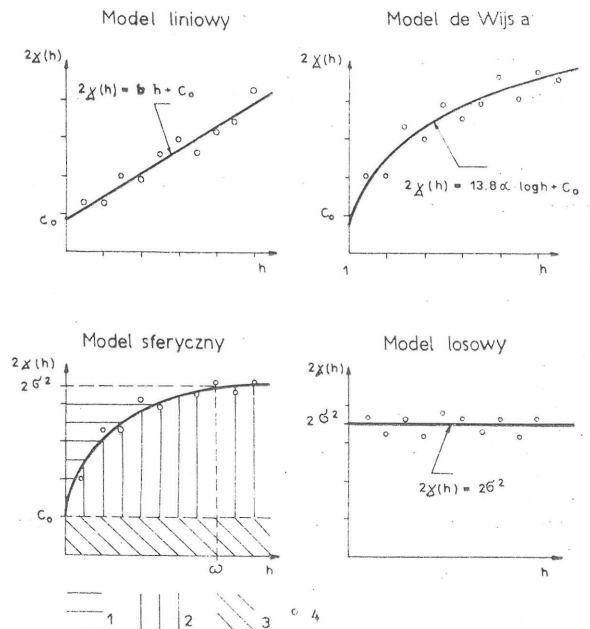
$$2\gamma(h) = 13,8a \log h + 2c_0$$

gdzie:

- a — współczynnik absolutnego rozproszenia, stanowiący miarę bezwzględnego zróżnicowania parametru,
- c_0 — wartość liczbową związana z tzw. efektem samorodków.

Na kształt wykresu wariogramu mają wpływ dwie składowe zmienności — losowa i nielosowa. Składowa losowa w czystej postaci występuje tylko wówczas, gdy oznaczenia parametru w próbkach są niezależne. Na wykresie wariogramu ujawnia się to w sposób przedstawiony na ryc. 5: punkty wariogramu rozmieszczone są wokół prostej poziomej, której rzędna jest równa podwojonej wariancji statystycznej. Występowanie składowej losowej jest wywołane dwoma czynnikami: niejednorodnością efektywną i niejednorodnością niższego rzędu (5).

Niejednorodność efektywna, jeśli chodzi o zawartości metali — jest związana z lokalną zmiennością, przejawiającą się w występowaniu w obrębie analizowa-



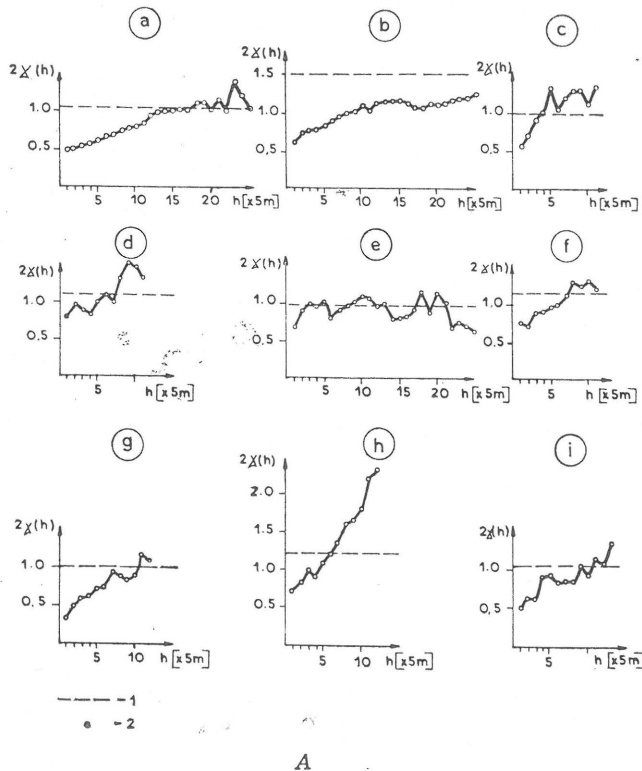
Ryc. 5. Geostatystyczne modele zmienności.

1 — pole zmienności nielosowej, 2 — pole zmienności losowej niższego rzędu, 3 — pole zmienności statystycznej (efektywnej), 4 — punkty wariogramu empirycznego, σ^2 — wariancja statystyczna, c_0 — wartość „efektu samorodków”, b — współczynnik kierunkowy prostej, a — współczynnik absolutnego rozproszenia.

Fig. 5. Geostatistical variability models.

1 — field of non-random variability, 2 — field of lower-order random variability, 3 — field of statistical (effective) variability, 4 — points of empirical variogram, σ^2 — statistical variance, c_0 — value of „native metal effect”, b — directional coefficient of straight line, a — coefficient of absolute dispersion.

wanej mineralizacji skupień kruszców o rozmiarach porównywalnych z długością próbki. Zmienność ta powoduje, że nawet w próbkach pobranych ze skał nieznacznie od siebie oddalonych widoczne są wyraźne różnice wartości badanego parametru. Dlatego też dla odległości między próbkami malejących do zera, wartości wariogramu nie zbiegają do zera, lecz dążą do wartości $2c_0$ (ryc. 5). Taka lokalna zmienność w skali pojedynczej próbki jest w literaturze angielskiej zwana „efektem samorodków” (nugget effect — m. in. 4). Na rozmiary tego efektu, obok lo-



Ryc. 6. Wariogramy zawartości cynku (A) i ołowiu (B) w obrębie wyróżnionych odmian skupień rudnych, symbole literowe, którymi oznaczono wariogramy odpowiadają użytym w tabeli.

1 — wartość podwójnej wariancji statystycznej ($2\sigma^2$), 2 — punkty wariogramu empirycznego.

kalnej zmienności, istotny wpływ ma także suma błędów popełnianych podczas pobierania próbek i wykonywania oznaczeń parametru.

Drugi z czynników wpływający na losową składową zmienności — niejednorodność niższego rzędu — jest związany z występowaniem w obrębie badanego złoża skupień kruszców o rozmiarach większych niż odległości między próbkami. Wpływ tego czynnika zwiększa się wraz ze wzrostem odległości między obserwacjami.

Składowa nielosowa zmienności parametru jest natomiast odzwierciedleniem prawidłowości rządzących tą zmiennością. Jej udział określa stopień wzajemnego skorelowania (autokorelacji) obserwacji. Można go wyrazić za pomocą wskaźnika u_h wyliczanego ze wzoru:

$$u_h = \left(1 - \frac{c_h}{\sigma^2}\right) \cdot 100\%$$

gdzie:

c_h — wartość składowej losowej dla odległości między próbkami równej h ,

σ^2 — wariancja statystyczna.

Wskaźnik u_h może służyć jako względna miara płynności zmian parametru przy danej odległości h między obserwacjami.

GEOSTATYSTYCZNA CHARAKTERYSTYKA ZMIENNOŚCI CYNKU I OŁOWIU W OBRĘBIE BADANEGO CIAŁA RUDNEGO

Analizę zmienności zawartości badanych metali wykonano zgodnie z przedstawionymi wyżej zasadami. Podstawowym materiałem do tych badań były oznaczenia cynku i ołowiu w ok. 1500 próbkach pobranych w chodnikach poszukiwawczych według metodyki przyjętej w kopalni „Trzebiönka” (9). Szczegółową analizą objęto trzy parcele wydzielone na obszarze zajmowanym przez ciało rudne (ryc. 4). W

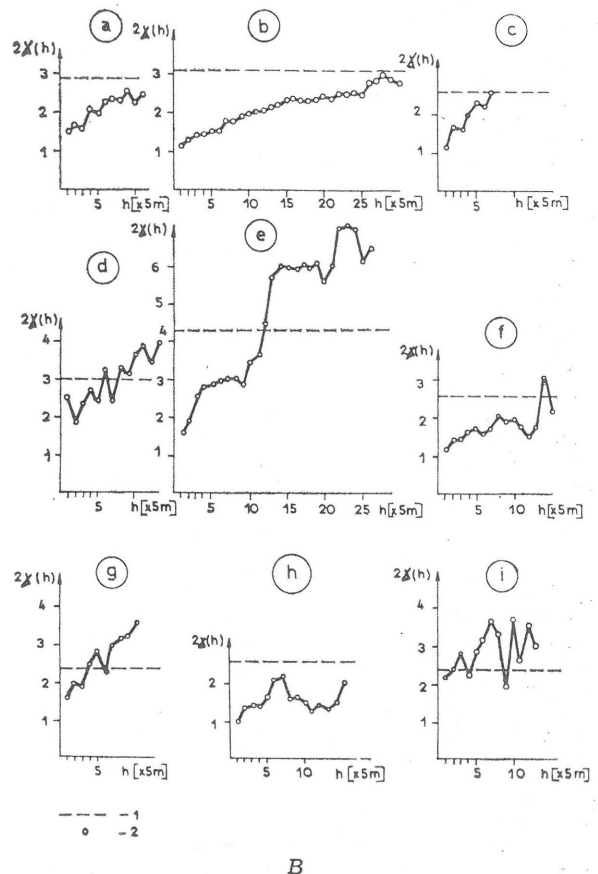


Fig. 6. Variogrammes of content of zinc (A) and lead (B) in the differentiated varieties of ore bodies; letter symbols given for the variogrammes are the same as in Table.

1 — value of double statistical variance ($2\sigma^2$), 2 — points of empirical variogramme.

obrębie tych parceli występują wszystkie opisane w pierwszej części pracy odmiany skupień rudnych (tab.). Trzeba dodać, że są to zarazem wszystkie odmiany takich skupień możliwe do wyróżnienia w złożach rud cynku i ołowiu z okolic Chrzanowa i Jaworzna.

Biorąc pod uwagę taką zmienność złóż, wyznaczono wariogramy empiryczne dla każdej z wydzielonych w tabeli odmian skupień kruszców. Założono przy tym, że charakter zmian zawartości metali jest podobny we wszystkich kierunkach. Ze względu na to, że rozkład badanego parametru jest zbliżony do rozkładu logarytmiczno-normalnego, wariogramy sporządzono nie dla naturalnych wartości parametru, lecz dla ich logarytmów naturalnych (ryc. 6).

Jak widać, większość wariogramów wykazuje tendencję wzrostową wraz ze zwiększaniem odległości między obserwacjami. Wskazuje to na istnienie prawidłowości w rozmieszczeniu badanych metali wśród poszczególnych skupień kruszców. Wyjątek stanowi wariogram zawartości cynku w brekcjach o spoiwie sfalerytowo-galenowym (tab., odmiana „e”). Punkty tego wariogramu rozmieszczone są — bez wyraźniejszych prawidłowości — wokół prostej poziomej o rzędnej równej podwójnej wariancji statystycznej, co wskazuje na losowy charakter zmienności. Można przypuszczać, że taka zmienność została wywołana w wyniku doprowadzenia cynku w starszej fazie mineralizacji, a następnie uruchomienia i przemieszczenia tego metalu.

Odmienne przedstawia się wykres wariogramu zawartości ołowiu dla tej samej odmiany skupień rudnych. Oddaje on dużą niejednorodność tej mineralizacji, polegającą na ujawnianiu się w obrębie tego skupienia trzech jednostek o zróżnicowanych średnich zawartościach ołowiu. Wskazuje to przede wszystkim, że los ołowiu podczas formowania obecnego oblicza złóż był w omawianych skupieniach odmienny od

losu cynku. Obserwowane efekty można tłumaczyć w dwojaki sposób: albo było kilka faz mineralizacji ołowiowej, albo też raz doprowadzony ołów był kilkakrotnie uruchamiany i przemieszczony. W tym wypadku nie udało się skorelować zmienności pokazywanej przez wariogramy ze zmiennością ujawnioną w toku badań makro- i mikroskopowych rud.

Wśród pozostałych odmian zwraca uwagę regularny przebieg wykresów wariogramów dla obu metali w ławicach blendowych o teksturach ziemistych (tab., odmiana „b”). Jak wspomniano procesom mineralizacji, które doprowadziły do powstania tej odmiany skupień kruszców towarzyszyła dezagregacja skały goszczącej. Wydaje się, że właśnie ten proces, odgrywający w tym wypadku istotną rolę, w innych skupieniach zaś rolę marginesową lub zgoła w ogóle nie występujący, miał decydujące znaczenie dla równomiernego rozmieszczenia metali.

Analiza wykresów wariogramów sugeruje, że zróżnicowanie zawartości metali w badanych częściach złoża może być dobrze oddane za pomocą modelu de Wijsa lub modelu liniowego (ryc. 5). Równanie wariogramów dla cynku wyznaczono metodą najmniejszych kwadratów, dla ołowiu zaś — sposobem graficznym. Jako miarę dopasowania modelu teoretycznego do wariogramów empirycznych wyznaczono współczynniki korelacji liniowej r (ryc. 6). Są one wysokie zarówno dla modelu liniowego, jak i dla modelu de Wijsa, jednak dla mineralizacji metasomatycznej lepszym przybliżeniem jest drugi z wymienionych modeli. Za wyborem modelu de Wijsa przemawia ponadto duży zasięg występowania mineralizacji metasomatycznej w złożu, jak również to, że cechują się one wysokimi koncentracjami cynku.

Współczynniki α stanowiące miarę bezwzględniego zróżnicowania badanego składnika zmieniają się w szerokich granicach (tab.). Także wartości c_0 mieszczą się w szerokim przedziale. Wskazuje to na możliwość zróżnicowania gęstości sieci opróbowania w zależności od wykształcenia rozpoznawanej części złoża (8).

Na podstawie wariogramów dla danych empirycznych (ryc. 6) określono udział składowej nielosowej w obserwowanej zmienności obu metali w poszczególnych odmianach skupień rudnych. Udział ten, zobrazowany za pomocą wskaźnika u_h (dla h odpowiadającego krokowi opróbowania) waha się w granicach od 20 do 75% (tab.).

Interesujący jest fakt, że największy udział składowej nielosowej ujawnia zmienność zawartości cynku i ołowiu w skupieniach sklasyfikowanych jako metasomatyczne, a także w mineralizacji rozproszonej. Gdy chodzi o skupienia kruszców wypełniające puste przestrzenie, wartości u_h są mniejsze niż w poprzednim wypadku. Wyjątkiem jest jedynie stosunkowo wysoka wartość wskaźnika u_h zawartości ołowiu w brakcjach (tab., odmiana „e”).

Dla skupień powstałych podczas młodszej fazy mineralizacji obserwuje się w mineralizacji cynkowej stosunkowo niskie wartości u_h , w ołowiowej zaś — wysokie wartości u_h dla galeny sznurowej, która ma pewne cechy mineralizacji metasomatycznej (2), niskie zaś dla żył galenowych.

ZAKOŃCZENIE

Wariogram, będący w przedstawionych rozważaniach głównym źródłem informacji o zmienności badanych cech geologicznych, może być obok statystycznych miar tendencji centralnej i rozrzutu ważnym elementem matematycznego opisu złoża. Analiza przebiegu wykresów wariogramów, a także analiza innych parametrów geostatystycznego modelu zmienności (np.: współczynników absolutnego rozproszenia, wartości efektu samorodków, udziału składowej nielosowej w całkowitej zmienności), jest wówczas przydatna, gdyż zmienność badanych parametrów jest przeważnie nielosowa.

Postacie wariogramów przedstawionych na ryc. 6 świadczą o istnieniu prawidłowości w zróżnicowaniu zawartości metali i nielosowym ich rozmieszczeniu w złożu. W obrębie wyróżnionych odmian skupień rudnych rozmieszczenie cynku i ołowiu można uznać za geostatystycznie jednorodne. Dzięki temu istnieje

możliwość aproksymacji wariogramów za pomocą prostych modeli geostatystycznych, takich jak model liniowy, model de Wijsa i in.

Należy podkreślić, iż udział składowej nielosowej zmienności metali jest w mineralizacji reprezentującej typ metasomatyczny większy niż w pozostałych odmianach. Jest to prawdopodobnie odbiciem większej stabilności procesu metasomatozy w porównaniu z np. procesem wypełniania wcześniej powstałych pustych przestrzeni, co z kolei może być związane z charakterem przepływu rozтворów niosących kruszce w obu wypadkach.

Wyniki przeprowadzonej analizy wykazały zatem (7), że zastosowana metoda geostatystyczna jest przydatna do badań zmienności w złożach rud cynku i ołowiu typu śląsko-krakowskiego, dobra zaś korelacja wyników analizy geostatystycznej z wynikami analizy strukturalno-teksturalnej skupień rudnych wskazuje na możliwość łączenia interpretacji genetycznej z określonymi charakterystykami zmienności.

LITERATURA

1. Bogacz K., Dżułyński S., Harańczyk C. — Ore-filled hydrothermal karst features in the Triassic rocks of the Cracow-Silesian region. *Acta Geol. Pol.* 1970 nr 2.
2. Bogacz K., Dżułyński S., Harańczyk C. — Caves filled with clastic dolomite and galena mineralization in disaggregated dolomites. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 1973 z. 1.
3. Bogacz K., Dżułyński S., Harańczyk C., Sobczyński P. — Sphalerite ores reflecting the pattern of primary stratification in the Triassic of Cracow-Silesian region. *Ibidem* z. 3.
4. David M. — Geostatistical ore reserve estimation. Elsevier Publ. 1976.
5. Kaźdan A. B. — Metodologiczskie osnovy razwedki poleznych iskopajemych. *Niedra*, 1974.
6. Matheron G. — *Traité de géostatistique appliquée*. Mem. BRGM 1962 no. 14.
7. Mucha J. — Geostatystyczny opis zmienności zawartości cynku i ołowiu na przykładzie złoża kopalni „Bolesław”. *Techn. Posz. Geol.* 1978 nr 5.
8. Mucha J., Szwarzynski M. — O celowości rozrzedzenia sieci opróbowania w kopalni Trzebieńka. *Rudy Metale* 1979 (w druku).
9. Przeniosło S. — Prawidłowości rozmieszczenia złóż i przesłanki poszukiwawcze. *Pr. Inst. Geol.* 1978 t. 83.
10. Smolarska I. — Charakterystyka złoża rud cynku i ołowiu kopalni Trzebieńka. *Pr. Geol. Kom. Nauk Geol. PAN Oddz. w Krakowie* 1968 nr 47.
11. Sobczyński P., Szwarzynski M. — Wykształcenie litologiczne i okruszczowanie dolomitów dolnego wapienia muszlowego w kopalni „Trzebieńka”. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 1974 z. 4.
12. Sobczyński P., Szwarzynski M., Wojnar E. — Formy występowania mineralizacji w niecce chrzanowskiej. *Pr. Inst. Geol.* 1978 t. 83.

SUMMARY

The paper deals with variability of one of ore bodies of the Trzebieńka mine deposit from southern part of the Silesian-Cracow deposit region (11). This body, platy in form and laying consistently with surrounding rocks, occurs in dolomitic rocks of the Lower Muschelkalk.

In the first stage of studies, several varieties of ore mineral concentrations were differentiated in the ore body with reference to the results of analyses of ore textures and structures (Table). These concentrations originated in two phases of mineralization, here named as „older” and „younger” (1, 2), in result of metasomatic processes and infilling of already existing free spaces.

In the second stage, geostatistical analysis of variability of zinc and lead in the above mentioned ore

concentrations was carried out. The analysis comprised data from sampling the deposit in three mining fields (Fig. 4). It made is possible to obtain empirical variogrammes for variability of zinc and lead to state that it is possible to make their approximation with the use of simple geostatistical linear and de Wijs's models, and to analyse some parameters of geostatistical models (value of native metal effects, coefficients of absolute dispersion and the share of non-random component in total variability) (Fig. 6, Table).

The analysis has shown that distribution of metals in the differentiated varieties of ore concentrations may be considered as geostatistically homogeneous. It also appeared that the share of non-random component in total variability is higher for concentrations of the metasomatic type than for the remaining ones. These findings give further support to the applicability of the geostatistical method in studies on variability of the Silesian-Cracow (i.e. Mississippi Valley type) deposits. Moreover, a marked convergence of results of geostatistical and structural-textural analyses of ore concentration indicates the possibility of genetic interpretation of the geostatistical variability models.

РЕЗЮМЕ

В статье рассматривается изменчивость одного из рудных тел месторождения „Тшебёнка”, находящегося в южной части силезско-краковского рудного района. Это тело — имеющее форму плиты и залегающее согласно со слоистостью окружающих пород — находится в доломитах нижнего ракушечного известняка. В первом этапе работ, на

основании результатов анализа структуры и текстуры руд, было проведено выделение ряда форм агрегатов рудных минералов (таб.), которые образовались в течении двух фаз минерализации — „старшей” и „младшей” (1, 2) в результате процессов метасоматоза и заполнения раньше образовавшихся пустот.

Во втором этапе работ был проведен геостатистический анализ изменчивости цинка и свинца в выделенных формах рудных агрегатов. Этот анализ охватывал данные полученные при опробовании месторождения на территории трёх полей (рис. 4). В ходе этого анализа были определены эмпирические вариограммы для изменчивости цинка и свинца, а также была установлена возможность их аппроксимации при помощи простых геостатистических моделей: линейного и де Вийса. Проведен также анализ некоторых параметров геостатистических моделей: величины эффекта самородков, коэффициентов абсолютного рассеяния и доли неслучайной составляющей в полной изменчивости (рис. 6, таб.).

В результате проведенного анализа было установлено, что расположение металлов в отдельных формах рудных агрегатов можно считать геостатистически однородным. Оказалось тоже, что доля неслучайной составляющей в полной изменчивости является самой высокой для агрегатов метасоматического типа. Эти выводы подтверждают пригодность геостатистического метода для исследования изменчивости силезско-краковских месторождений (т.е. типа Миссисипи Валей). Кроме того значительное сходство результатов геостатистического анализа с результатами структурно-текстурного анализа агрегатов указывает на возможность генетической интерпретации геостатистических моделей изменчивости.