

**PRÓBA ZASTOSOWANIA RACHUNKU STATYSTYCZNEGO DLA  
POTWIERDZENIA HIPOTEZY O PIERWOTNYM POCHODZENIU METALI  
W SKAŁACH TRIASOWYCH Z OBRZEŻENIA GZW**

UKD 550.422:546.47 + 546.815:552.54:551.761.761:001.5:519.2.004.14 (438-13 GZW-192.2)

Przeprowadzono próbę wyjaśnienia źródła metali w górnośląskich skałach triasowych za pomocą analizy statystycznej wyników oznaczeń spektralnych i chemicznych. Założono, że dodatnie korelacje między metalami (Zn, Pb) i głównymi składnikami skał węglanowych ( $Al_2O_3$ , CaO, MgO) mogą stanowić dowód pierwotnego („sedymen-tacyjnego”) pochodzenia metali. Próbkę pochodziły z dolomitów nieokruszczonych, z zawartością metali poniżej 0,65%. Dolomity kruszczone reprezentowały próbki skał różnych typów, niektóre bardzo słabo zmienione epigene-tycznie. Szczegółowy opis petrograficzny odmian tzw. dolomitów kruszczońskich znajduje się w pracach J. Pawłowskiej (4) i J. Pawłowskiej, M. Szuwarzyńskiego (3). Istniejące dowody petrograficzne, mineralogiczne, izotopo-we itp. wskazujące na wieloetapowość i poligenezę okruszczo-wania skał triasowych nie negują również pierwotnego jego źródła.

Opracowanie niniejsze wykonano z inicjatywy doc. dr hab. J. Pawłowskiej. Wykorzystano też Jej obliczenia statystyczne, dotyczące skał z rejonu: Jaworzna, Chrzanowa, Krzeszowic i Żelatowej, za których udostępnienie składam serdeczne podziękowanie.

Obliczenia prezentowane w tym artykule zostały wy-konane w Zakładzie Geologii Złóż Rud Metali Instytutu Geologicznego w Warszawie. Posłużyły do tego wzory statystyczne podane przez I.P. Szarapowa (7) oraz wyniki analiz chemicznych i spektralnych zawartych w dokumen-tacjach geologicznych dolomitów ogniotrwałych w rejonie:

Bobrowniki – Biachówka, Brudzowice – Siewierz, Łąbkowice Będzińskie – Chruszczobród (ryc.).

**WYNIKI OBLICZEŃ I ICH OCENA**

Spośród rozpatrywanych 3 składników skał węglano-wych wykazujących zdolność sorbowania metali, w naj-wyższym stopniu posiada ją tlenek glinu. Rozpoczęto więc obliczenia od prześledzenia tej zależności. Następnie po-liczono korelacje Zn i Pb względem CaO i MgO oraz zależ-ność Cu od Zn i Pb, która powinna rzucić światło na sprawę wspólnego czy różnego źródła tych metali w utwo-rach triasu i paleozoiku.

Wykonano następujące obliczenia: wartości średnich  $\bar{x}$  i  $\bar{y}$ , średnich odchyłeń kwadratowych  $S_x$  i  $S_y$ , średnich odchyłeń empirycznych  $S_x$  i  $S_y$ , współczynników korela-cji  $r$ , momentów liczb dla wielkości  $x$  i  $y$ , ocenę wartości korelacji  $\sigma_r$ , współczynników regresji ( $b_x$ ) dla zadanej wiel-kości  $x$  i  $y$  oraz sprawdzono wartości współczynników re-gresji  $S_{bx}$  i  $S_{by}$ . Jako dolną granicę zbiorów przyjęto próg czułości metody spektralnej, który w odniesieniu do cynku wynosi 200 ppm, do ołowiu 5 ppm, do miedzi 1 ppm oraz czułość analizy „na mokro” w stosunku do Al – 0,01 do 0,05%, Ca – 0,05%, Mg – 0,02%. Odnośnie do metali górną granicę zbioru stanowiły wartości nieco wyższe od dolnej granicy pierwotnej aureoli rozproszenia Zn i Pb, według S. Przeniosły (5). Wyniki te przedstawiają table I – V.

Tabela I

PARAMETRY STATYSTYCZNE SKAŁ TRIASOWYCH (Zn+Pb;  $Al_2O_3$ )

Parametr statystyczny	Dolomity diploporowe		Dolomity kruszczone		Dolomity gogolińskie	
	Zn+Pb (x)	$Al_2O_3$ (y)	Zn+Pb (x)	$Al_2O_3$ (y)	Zn+Pb (x)	$Al_2O_3$ (y)
Liczba danych	120	120	76	76	39	39
Zawartości średnie $\bar{x}$ , $\bar{y}$	–0,30	0,56	0,13	0,65	0,27	0,69
Średnie odchylenia kwadratowe $S_x$ , $S_y$	3,21	2,67	3,3	3,24	4,05	3,38
Średnie odchylenia empiryczne $S_x$ , $S_y$	0,16	0,27	0,16	0,32	0,20	0,34
Współczynnik korelacji $r$	0.....04		–0,02		0,45	
Momenty liczb dla wielkości $x$ i $y$	$\mu_{1x}$ –0,93 $\mu_{2x}$ 11,15 $\mu_{xy}$ 1,62	$\mu_{1y}$ 2,12 $\mu_{2y}$ 11,62	$\mu_{1x}$ –1,84 $\mu_{2x}$ 14,28 $\mu_{xy}$ –3,93	$\mu_{1y}$ 2,01 $\mu_{2y}$ 14,53	$\mu_{1x}$ 1,85 $\mu_{2x}$ 19,85 $\mu_{xy}$ 12,46	$\mu_{1y}$ 3,41 $\mu_{2y}$ 23,05
Ocena wartości korelacji $\sigma_r$	0,09		0,11		0,13	
Współczynnik regresji $x$ , $y$	$0,24y - 0,43$	$0,07x + 0,58$	$-0,01y + 0,14$	$-0,04x + 0,66$	$0,26y + 0,08$	$0,77x + 0,48$
Empiryczny współczynnik regresji $b_x$ dla wielkości $x$ , $y$	$b_x - 0,02$	$b_y - 0,07$	$b_x - 0,01$	$b_y - 0,04$	$b_x 0,26$	$b_y 0,77$
Sprawdzenie wartości współczynnika re-gresji	$S_{bx} - 0,06$	$S_{by} - 0,15$	$S_{bx} 0,06$	$S_{by} 0,23$	$S_{bx} 0,08$	$S_{by} 0,24$
Ocena współczynnika regresji	$b_x 3S_{bx}$ $0,02 < 0,15$	$b_y 3S_{by}$ $0,07 < 0,45$	$b_x 3S_{bx}$ $-0,01 < 0,17$	$b_y 3S_{by}$ $-0,04 < 0,69$	$b_x 3S_{bx}$ $0,26 > 0,24$	$b_y 3S_{by}$ $0,76 > 0,72$

## WSPÓŁCZYNNIKI KORELACJI W SKAŁACH TRIASOWYCH

Analizowane skały	Granice zbioru w % wag.	n	Współczynnik korelacji	
			wg J. Radlicz	wg J. Pawłowskiej
Dolomity diploporowe	Zn+Pb 0,0-0,65 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,0-1,2	120	0,04	0,18 0,17
	Zn+Pb 0,0-0,55 MgO 16,5-21,0	307		0,32
	Zn+Pb 0,01-0,1 MgO 17,0-21,0	258		0,33
	Zn 0,0-0,1 CaO 26,0-37,0	231	-0,47	
	Pb 0,0-0,1 CaO 26,0-37,0	247	-0,24*	
Dolomity kruszczońskie	Zn+Pb 0,0-0,65 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,0-1,2	76	-0,02	0,1
	Zn+Pb 0,01-0,1 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,0-0,7	356		-0,006
	Zn+Pb 0,0-0,60 MgO 13,0-21,0	570		0,03
	Zn+Pb 0,01-0,1 MgO 13,0-19,0	370		-0,11
	Zn 0,0-0,1 CaO 26,0-37,0	326	0,04	
	Pb 0,0-0,1 CaO 26,0-37,0	325	-0,07	
Dolomity gogolińskie	Zn+Pb 0,01-0,09 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,1-1,01	39	0,45	0,1
	Zn+Pb 0,01-0,09 CaO 32,0-48,0	37		0,46

\* - silny związek nieliniowy  $Q_{y_x} = 89,57$ .

Tabela III

## PARAMETRY STATYSTYCZNE SKAŁ TRIASOWYCH (Zn, Cu)

Parametr statystyczny	Dolomity diploporowe, kruszczońskie i gogolińskie		Dolomity retu i paleozoiku	
	Zn (x)	Cu (y)	Zn (x)	Cu (y)
Liczba danych	132	132	29	29
Zawartości średnie $\bar{x}$ , $\bar{y}$	0,05	0,0025	-0,07	-0,02
Średnie odchylenia kwadratowe $S_x$ , $S_y$	1,49	1,75	1,64	1
Średnie odchylenia empiryczne $S_x$ , $S_y$	0,06	0,005	0,006	0,005
Współczynnik korelacji r		0,12		-1,5
Momenty liczb dla wielkości x i y	$\mu_{1x}$ -1,04 $\mu_{2x}$ 3,30	$\mu_{1y}$ -1,03 $\mu_{2y}$ 4,12	$\mu_{1x}$ -0,72 $\mu_{2x}$ 3,21	$\mu_{1y}$ -1,55 $\mu_{2y}$ 3,07
Ocena wartości korelacji $\sigma_r$		0,09		-0,23
Współczynnik regresji x, y	1,44y+0,1	0,009x-0,009	1,8y+0,11	1,25x-0,11
Empiryczny współczynnik regresji dla wielkości x, y	$b_x$ 1,44	$b_y$ 0,009	$b_x$ 1,8	$b_y$ 1,25
Sprawdzenie wartości współczynnika regresji	$S_{bx}$ 1,2	$S_{by}$ 0,008	$S_{bx}$ -0,33	$S_{by}$ -3,37
Ocena współczynnika regresji	$b_x < 3S$ 1,44 < 3,6	$b_y < 3S_{by}$ 0,009 < 0,02	$b_x > 3S_{bx}$	$b_y > 3S_{by}$ 1,25 > 10,11

Porównanie wartości korelacji dla cynku i ołowiu w stosunku do tlenku glinu w poszczególnych ogniwach stratygraficznych wskazuje na brak tej zależności w dolomitach kruszczońskich, a istnienie jej w dolomitach gogolińskich

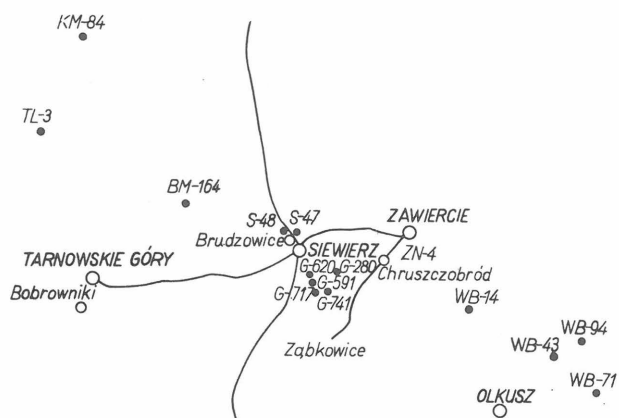
(tab. I, II). Korelację Zn+Pb z MgO stwierdzono tylko w dolomitach diploporowych (tab. II). Korelacja Zn+Pb z CaO istnieje wyłącznie w warstwach gogolińskich (tab. II).

Parametr statystyczny	Dolomity diploporowe, kruszczońskie i gogolińskie		Dolomity retu i paleozoiku	
	Pb (x)	Cu (y)	Pb (x)	Cu (y)
Liczba danych	132	132	29	29
Zawartości średnie $\bar{x}$ , $\bar{y}$	0,005	-0,008	0,60	-1,51
Średnie odchylenia kwadratowe $S_k$ , $S_l$	1,86	1,77	1,85	1
Średnie odchylenia empiryczne $S_x$ , $S_y$	0,007	0,005	0,007	0,003
Współczynnik korelacji $r$	0,02		0,39	
Momenty liczb dla wielkości $x$ , $y$	$\mu_{1x}$ 0,5 $\mu_{2x}$ 3,72	$\mu_{xy}$ -0,42 $\mu_{1y}$ -1 $\mu_{2y}$ 4,12	$\mu_{1x}$ 0,59 $\mu_{2x}$ 3,83	$\mu_{1y}$ -1,52 $\mu_{2y}$ 3,24
Ocena wartości korelacji $\sigma_r$	0,09		0,16	
Współczynnik regresji $x$ , $y$	$0,03y + 0,0052$	$0,01x - 0,008$	$0,91y + 0,77$	$0,17x + 1,61$
Empiryczny współczynnik regresji dla wielkości $x$ , $y$	$b_x$ 0,03	$b_y$ 0,01	$b_x$ -0,91	$b_y$ 0,17
Sprawdzenie wartości współczynnika regresji	$S_{bx}$ 0,014	$S_{by}$ 0,007	$S_{bx}$ 0,42	$S_{by}$ 0,08
Ocena współczynnika regresji	$0,03 < 0,04$	$0,01 < 0,02$	$0,91 < 1,26$	$0,17 < 0,24$

WSPÓLCZYNNIKI KORELACJI Zn/Cu I Pb/Cu W SKAŁACH TRIASU I PALEOZOIKU

Tabela V

Ogniwo stratygraficzne	Granice zbioru w % wag.	$n$	Współczynnik korelacji	
			Zn/Cu	Pb/Cu
Dolomity diploporowe, kruszczońskie i gogolińskie	Zn 0,0-0,2	132	0,12	0,02
	Pb 0,0- >0,017	132		
	Cu 0,0-0,013	132		
Dolomity retu i paleozoiku (dewon)	Zn 0,0 - >0,16	29	-1,5	0,39
	Pb 0,0 - >0,017	29		
	Cu > 0,001-0,015	29		



Obszar badań z lokalizacją opróbowanych otworów wiertniczych

The studied area and location of sampled borehole columns

Na tej podstawie można przypuszczać, że metale związane z pierwotnym osadem występują w warstwach gogolińskich, natomiast dolomity kruszczońskie, a w mniejszym stopniu diploporowe, zostały w nie wzbogacone wskutek późniejszych procesów. Metale nie korelujące z głównymi składnikami skał węglanowych, skoncentrowane głównie w dolomitach kruszczońskich, ale i w po-

zostałych ogniwach, są epigenetyczne. Czy jednak koncentracja metali w osadach warstw gogolińskich była aż tak wysoka by stanowić źródło dla późniejszego okruszczenia dolomitów kruszczońskich?

J. Pawłowska widzi źródło metali w solankach i inkluzjach oraz w działaniu procesów dia- i epigenetycznych oraz metasomatycznych na odpowiednią ich koncentrację w skałach dolnego i środkowego triasu. Geologowie amerykańscy w pracach na temat złóż Zn-Pb typu Mississippi Valley rozpatrują wiele możliwości co do źródła metali. Uważają, że hipoteza „solankowa” nie została dostatecznie udowodniona. E.L. Ohle (2) jest zdania, że brak jeszcze dostatecznych dowodów na reprezentatywność obecnie badanych solanek w stosunku do chemizmu wody morskiej, z której pochodzą. Jest zdania, że odegrały one rolę jako katalizatory powodując precypitację metali przynoszonych prądami cieplnymi ze skał starszych, podścielających formację kruszczońską. Jako dowód migracji metali, które następnie utworzyły złoża, przytacza fakt gromadzenia się ich na granicy zmian litofacjalnych. Formowanie się prądów cieplnych – metalonośnych wiąże z aktywnością tektoniczną.

Odrębne zagadnienie stanowi stosunek miedzi do cynku i ołowiu w skałach triasu i paleozoiku. Obliczone korelacje między tymi metalami wskazują na brak tej zależności we wszystkich ogniwach triasu. Bardzo niski, lecz dodatni stosunek Zn do Cu ( $r = 0,12$ ) wynika tu z pokrewieństwa

krystaliczno-chemicznego ( $^{30}\text{Zn}$ ,  $^{29}\text{Cu}$ ). Natomiast wyraźna korelacja Pb z Cu w skałach paleozoicznych ( $r = 0,39$  – tab. III – V) pozwala przypuszczać, że metale w tej formacji pochodzą ze wspólnego źródła. Nie tylko obliczenia statystyczne, lecz również sposób występowania w przyrodzie potwierdza powyższe przypuszczenie. W skałach triasowych minerały miedzi stwierdzono lokalnie, nieregularnie i w niewielkich ilościach w rdzeniach wiertniczych (obserwacje makro- i mikroskopowe – 1, 5, 8). Również wtórne aureole miedzi w glebach przykrywających skały triasowe w rejonie Zawiercia oraz w wodach gruntowych w Żarkach Letnisku (6) obserwowano na niewielkiej przestrzeni. Ponieważ mobilność Cu choć gorsza od Zn, ale o wiele lepsza od ołowiu, nie może stanowić przyczyny jej ograniczonego występowania w skałach, wodach i glebach, należy przyjąć wtórny charakter zarówno minerałów (chalkopiryt, chalkozyn), jak i kompleksów organicznych w glebach czy jonów w wodach oraz późniejsze jej doprowadzenie niż cynku i ołowiu.

### WNIOSKI

1. Ujawniona korelacja Zn+Pb z  $\text{Al}_2\text{O}_3$  i z CaO w dolomitach gogolińskich i słaba w dolomitach diploporowych może być dowodem syngenetycznego pochodzenia metali w tych ogniwach. Świadczy też o tym wyraźna współzależność Zn+Pb z MgO w dolomitach diploporowych i brak powyższych korelacji w dolomitach kruszczońskich.

2. Zbadane rozkłady statystyczne metali i  $\text{Al}_2\text{O}_3$  różnią wartości modalne poszczególnych populacji. Zatem są cechą charakterystyczną dla zbadanych ogniw i mogą służyć jako kryterium dla ich rozpozniowania.

3. Silna korelacja  $\text{Al}_2\text{O}_3$  z metalami jest wskaźnikiem zailenia osadu (dolomity warstw gogolińskich).

4. Znacznie wyższy współczynnik korelacji Cu z Zn i Pb w skałach paleozoicznych (0,39) niż w dolomitach triasowych (0,02; 0,12) może wskazywać na inne pochodzenie miedzi w skałach starszych od triasu niż w triasie.

5. Ponieważ analiza statystyczna dotyczyła skał nieokruszczonych z graniczną zawartością Zn+Pb = 0,65% może stanowić dowód pierwotnego „sedymenacyjnego” pochodzenia tylko tych metali, które są obecne w skałach triasowych w formie rozproszonej (4).

### LITERATURA

1. H a r a ń c z y k C. – Mineralogia kruszców śląsko-krakowskich złóż cynku i ołowiu. Pr. Geol. Kom. Nauk Geol. PAN, Oddz. w Krakowie 8. 1962.
2. O h l e E.L. – Some considerations in determining the origin of ore deposits of the Mississippi Valley Type. Part II. Econ. Geol. Vol. 75, no. 2, pp. 161. Lancaster, Pa, 1980.
3. P a w ł o w s k a J., S z u w a r z y ń s k a M. – Sedimentary and diagenetic processes in the Zn–Pb host rocks of Trzebieńka. Pr. Inst. Geol. 1979 t. 95.
4. P a w ł o w s k a J. – Zależność mineralizacji Zn–Pb od wykształcenia litologiczno-facjalnego utworów węglanowych triasu. Arch. Oddz. Górnośl. IG w Sosnowcu, 1980.
5. P r z e n i o s ł o S. – Cynk i ołów w utworach węglanowych triasu rejonu zawierciańskiego. Biul. Inst. Geol. 1974 nr 278.
6. S e r a f i n - R a d l i c z J. – Przydatność anomalii hydrochemicznych przy poszukiwaniu złóż cynkowo-olowiowych w północno-wschodniej części Górnego Śląska. Ibidem 1972 nr 255.

7. S z a r a p o w I.P. – Primienienije matematycznej statistiki w geologii. Izd. Niedra. Moskwa 1965.

8. Z i ę t e k - K r u s z e w s k a A. – (fide): Badania geologiczno-poszukiwawcze złóż rud cynku i ołowiu w północnej części regionu śląsko-krakowskiego na obszarze Koszęcin – Włodowice. Arch. Inst. Geol. 1980.

### S U M M A R Y

The results of chemical and spectral analyses of content of metals and CaO, MgO and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in carbonate Triassic rocks in the Upper Silesia were subjected to statistical treatment in order to test the hypothesis of primary origin of dispersed Zn and Pb sulfides. There were calculated correlations between metals and basic components of the studied rocks. The correlations appeared significant for the Gogolin Dolomites and weak for the Diplopora Dolomites whereas metals do not correlate with any rock components of the Ore-bearing Dolomites. This made it possible to state that dispersed Zn and Pb ores are syngenetic with dolomite in the Gogolin Beds. This statement does not concern richer mineralization as the studies were intensionally limited to samples with Zn+Pb content below 0.65%. In turn, even this dispersional metal content appears unrelated to deposit in the Ore-bearing Dolomites, which suggests its epigenetic character there.

With reference to the question of either common or different source of Cu in relation to that of Zn and Pb it was found that the sources had to be different in the case of Triassic rocks as there is no clear interrelationships between occurrences of these metals. The correlations were found to be significant in the case of Paleozoic rocks, showing common origin of these metals.

### Р Е З Ю М Е

В статье описано применение статистической интерпретации результатов химических и спектральных содержаний металлов а также CaO, MgO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в карбонатных породах верхнесилезского триаса для подтверждения гипотезы о первичном происхождении рассеянных сульфидов Zn и Pb. Вычислены корреляции между металлами и основными компонентами исследованных пород. Они были обнаружены в гоголинских доломитах, а слабые, в диплопоровых доломитах. В рудоносных доломитах не наблюдаются корреляции между металлами и компонентами породы. На основании этих фактов установлено, что рассеянные руды Zn и Pb в гоголинских слоях сингенетические с доломитами. Это установление не касается более богатого оруденения, так как исследования были проведенные только на тех образцах, в которых содержание Zn+Pb на превышает 0,65%. Зато в рудоносных доломитах даже это дисперсионное содержание металлов не оказывает взаимозависимости с осадком, так что оно имеет эпигенетический характер.

Что касается общего или различного источника Cu относительно Zn и Pb то было установлено, что он разный для триасовых пород, так как в них не наблюдается взаимозависимость распространения этих металлов. Зато в палеозойских породах появляются эти корреляции, что указывает на их совместное происхождение.