

Jerzy BORUCKI, Józef LIS

Skład izotopowy i wiek bezwzględny ołowiu z galeny obszaru śląsko-krakowskiego

WSTĘP

Celem niniejszej pracy było oznaczenie składu izotopowego ołowiu galeny z rejonu śląsko-krakowskiego, skład ten pozwala bowiem na określenie wieku bezwzględnego mineralizacji, a w pewnych przypadkach na wyciągnięcie dodatkowych wniosków genetycznych. Autorzy są przekonani, że wyniki ich pracy mogą być cennym przyczynkiem do znajomości badanych złóż i pewnym uzupełnieniem badań prowadzonych nad wyjaśnieniem ich nadal dyskusyjnej genezy. Mogą więc pośrednio wpłynąć w pewnym stopniu na sposób i kierunek dalszych prac poszukiwawczych.

Autorzy serdecznie dziękują mgrowi inż. F. Ekiertowi za owocne dyskusje, życzliwe uwagi, a przede wszystkim za przekazanie do dyspozycji autorów niektórych unikalnych próbek galeny.

* *

Do pomiarów składu izotopowego ołowiu zastosowano spektrometr mas typu MJ-1305 produkcji radzieckiej, ze źródłem jonów dostosowanym do analizy próbek ciał stałych. Pomiarów wykonano bezpośrednio na próbkach galeny uzyskując następującą precyzję względną, wyrażoną przez względne błędy standardowe:

$$S(Pb^{204}/Pb^{206}) = 0,6\%$$

$$S(Pb^{208}/Pb^{206}) = 0,1\%$$

$$S(Pb^{207}/Pb^{206}) = 0,1\%$$

CHARAKTERYSTYKA WYSTĘPOWANIA KRUSZCÓW Zn I Pb W REJONIE ŚLĄSKO-KRAKOWSKIM

Podany niżej opis sytuacji geologicznej i charakteru mineralogicznego kruszców występujących w rejonie śląsko-krakowskim nie jest ujęciem oryginalnym ani nową kompilacją; nie wnosi nowych elementów do zna-

jomości tego rejonu. Jest on przeznaczony w zasadzie dla czytelników nie wprowadzonych w zagadnienia złożowe i geologiczne kruszców Zn-Pb omawianego obszaru. Został on oparty na najnowszych monografiach (F. Ekiert 1961; H. Gruszczyk, 1956a, 1956b; C. Harańczyk, 1957; 1962; S. Śliwiński, 1964) oraz w niewielkim zakresie na innych pracach szczegółowych.

Złoża rud cynkowo-ołowianych występują w zachodniej części antyklinorium śląsko-krakowskiego i w zachodnim skrzydle Niecki Nidziańskiej. Złoża o znaczeniu przemysłowym występują wyłącznie w utworach triasowych, głównie w dolomitach kruszconośnych, rzadziej w dolomitach diploporowych (środkowy wapień muszłowy) i w dolomitach retu (rejon olkuski). Okruszcowanie na niewielką skalę spotykane jest w utworach dewonu, karbonu i jury.

Dewon. Mineralizację w utworach dewońskich, reprezentowanych przez dolomity i wapienie, stwierdzono w Kluczach, Brudzowicach, Cynkowie i Rudowie. Okruszcowanie związane jest ze strefami spękań w osiowych partiach antyklinalnych (F. Ekiert, 1961). Największe nagromadzenie kruszców stwierdzono w Brudzowicach, gdzie w otworze wiertniczym okruszcowanie dolomitów sfalerytem, pirytem, markasytem i podrzędnie galeną występuje na przestrzeni 7 m (S. Śliwiński, 1964).

Karbon. W całym profilu karbonu śląsko-krakowskiego spotykane są drobne, noszące charakter żyłowy, wystąpienia galeny, sfalerytu, piryty, rzadziej barytu. W rdzeniach otworów wiertniczych z rejonu Mrzygłodu, w diabazach uważanych za karbońskie zanotowano ciekawą mineralizację występującą w formie cienkich żyłek galeny z kalcytem.

Perm. Klastyczne utwory permu pozbawione są wyraźnej mineralizacji kruszczowej, obserwowano jedynie lokalne podwyższenie zawartości Zn i Pb (F. Ekiert, 1961).

Trias. Utwory triasowe okruszcowane są od pstrego piaskowca do kajpru. Obserwuje się tu charakterystyczną zmienność w nasileniu okruszcowania. Maksimum przypada na dolny wapień muszłowy, natomiast inne utwory okruszcowane są raczej śladowo (H. Gruszczyk, 1956b). Złoża występują prawie wyłącznie w dolomitach kruszconośnych lub diploporowych, bądź też jak w rejonie olkuskim, w dolomitach retu. Do wyjątków należy okruszcowanie wapieni gogolińskich, tj. dolnego ogniwa dolnego wapienia muszłowego na przykład koło Bolesławia i Kluczy.

Na terenie śląsko-krakowskim można wyróżnić trzy zasadnicze zgrupowania złóż: 1 — rejon niecki bytomskiej i Tarnowskich Gór, 2 — rejon niecki chrzanowskiej, 3 — rejon olkuski.

Daje się zauważyć charakterystyczna zmienność treści mineralnej złóż w zależności od ich położenia geograficznego. Złoża okolic Tarnowskich Gór są prawie wyłącznie galenowe, w pozostałych natomiast dominuje blenda cynkowa.

Najczęściej spotykaną formą występowania przestrzennego są złoża w postaci pokładów (H. Gruszczyk, 1956b), których treścią są zbrekcjowane skały dolomitowe z krustyfikacjami kruszców (Cz. Harańczyk, 1962). Spotykane są również złoża o formie pokładowo-gniazdowej, a wyjątkowo — w postaci kominów rudnych. Kruszcze wypełniają zazwyczaj szczeliny i kawerny lub występują na powierzchni okruszków brekcji dolomitycznej.

Najpełniejszym i najnowszym opracowaniem mineralogicznym i petrograficznym omawianych rud jest publikacja Cz. Harańczyka (1962), według którego rudy tworzą „... tekstury krustyfikacyjne lub, gdy są zawarte wewnątrz skały, wykazują wykształcenie skaliste, bezładne lub nieregularne“. Spotyka się tu także formy właściwe koloidom: skupienia nerkowate, pizolity, oolity, ooidy lub rzadziej formy konkrecyjne.

Kruszce reprezentowane są przez sfaleryt, wurcyt, brunkit, galenę, markasyt, piryt (również formę przejściową do mielnikowitu — skorupowy siarczek żelaza) oraz rzadkie siarkosole — jordanit i gratonit. Znotowano również śladowe ilości chalkopirytu i dufernoizytu. Z minerałów towarzyszących występuje często kalcyt, rzadko baryt i dolomit.

Najpełniejszą klasyfikację rud śląsko-krakowskiego rejonu opracował F. Wernicke (1931). Badania C. Harańczyka w zasadzie potwierdziły wyniki badań F. Wernicke'go. Sukcesja mineralna w ujęciu C. Harańczyka przedstawia się następująco:

Faza I—II — ZnS, I — FeS₂

Faza II—II — ZnS, I — PbS, jordanit, II — FeS₂, jordanit, gratonit, olenda pizolitowa, galena szkielekowa (Siewierz), siarczek żelaza, blendy ooidowa, galena szkielekowa (Bolesław), siarczek żelaza

Faza III—II — PbS

Jura. Drobne ilości galeny i sfalerytu występują w kilku punktach koło Kluczy. Galena i sfaleryt występują tam z pirytem i kalcytem w postaci drobnych żyłek wśród wapieni jurajskich.

PRZEGLĄD HIPOTEZ DOTYCZĄCYCH GENEZY ŚLĄSKO-KRAKOWSKICH ZŁÓŻ Zn-Pb

Geneza śląsko-krakowskich złóż Zn-Pb była wielokrotnie dyskutowana w literaturze geologicznej. Istnieją trzy zasadnicze koncepcje genetyczne: ascenzyjno-hydrotermalna, hydrotermalno-osadowa, syngenityczno-osadowa z przekształceniem epigenetycznym.

Zwolennicy egzogenicznego pochodzenia tych złóż zakładają syngenityczne wytrącanie związków cynku i ołowiu bądź to w postaci siarczków węglanów, bądź też tlenków w środowisku morskim. Przejście Pb i Zn w siarczki miało nastąpić w wyniku działania bialkowego H₂S. Wytrącanie się tych metali następowało w sprzyjających miejscach zbiornika, jakim miała być strefa przejściowa między facją wapienną i dolomityczną. Dolomity kruszczoosne są uważane przez nich za syngenityczne (H. Gruszczyk, 1956a).

Głównymi argumentami przemawiającymi za egzogenicznym pochodzeniem złóż jest trudność przywiązania ich do określonego ogniska roztworów hydrotermalnych, pokładowe wykształcenie złóż oraz, mimo pewnych wahań, przywiązanie do określonego poziomu stratygraficznego. Występowanie złóż w dość dużym interwale stratygraficznym H. Gruszczyk tłumaczy tym, że sprzyjające warunki dla nagromadzenia kruszców istniały w różnych miejscach zbiornika w różnym czasie.

Najbardziej rozpowszechniony jest pogląd o hydrotermalnym pochodzeniu złóż śląsko-krakowskich. Większość zwolenników tej hipotezy

przyjmuje, że złoża powstały w wyniku działalności hydrotermalnych roztworów juwenilnych. H. Schneiderhöhn (1930) reprezentuje pogląd, że złoża te powstały w wyniku regeneracji starszych hercyńskich złóż. Do podobnej genezy mineralizacji utworów triasowych i dewońskich z okolic Siewierza skłania się również S. Śliwiński (1964).

Za hydrotermalnym pochodzeniem omawianych złóż przemawiają następujące przesłanki:

1. Sukcesja mineralna jest stała i niezależna od poziomu stratygraficznego i położenia geograficznego (C. Harańczyk, 1962).

2. Kolejność powstawania minerałów jest zgodna z prędkością migracji pierwiastków w środowisku węglanowym $\text{Cd} - \text{Zn} - \text{Pb} - \text{Fe}$ (E. Görlich, Z. Görlich, 1957).

3. Niski ciężar objętościowy rud, szerokie aureole rozsiania oraz temperatura powstania sfalerytu około 120°C (T. Gałkiewicz, 1964).

4. Obserwowane mimo stosunkowo nieznacznego zasięgu kontakty czynne, wyrażone wnikiem minerałów kruszcowych w głąb skały otaczającej, i objawy wtórnej dolomityzacji, a niekiedy również sylifikacji (C. Harańczyk, 1962).

Koncepcja hydrotermalno-osadowej genezy, reprezentowana przez F. Ekierta (1957, 1961) wyrażona jest następująco: syngenetycznie z tworzeniem się osadów wapienia muszłowego do morza triasowego dostawały się szczelinami podłoża roztwory hydrotermalne, gdzie Zn i Pb utrzymywały się w postaci chlorków. Wytrącenie metali następowało w redukcyjnym środowisku diagenetycznego szlamu wapiennego. Dalsze przeobrażenia diagenetyczne, prowadzące do nagromadzeń złożowych, zachodziły łącznie z dolomityzacją osadów wapiennych.

WYNIKI BADAŃ

Wykonaliśmy siedem oznaczeń składu izotopowego ołowiu, których wyniki podajemy w tabeli 1. W rubryce pierwszej — numer kolejny, w drugiej — oznaczenie, w trzeciej ogólną lokalizację, w czwartej — przybliżony opis próbek. Rubryki 5, 6 i 7 zawierają wyniki oznaczeń izotopowych, przedstawionych w postaci stosunków:

$$X = \frac{\text{Pb}^{206}}{\text{Pb}^{204}} \quad Y = \frac{\text{Pb}^{207}}{\text{Pb}^{204}} \quad Z = \frac{\text{Pb}^{208}}{\text{Pb}^{204}}$$

Wykonane przez nas oznaczenia składu izotopowego galeny z obszaru śląsko-krakowskiego nie są pierwsze; istnieje kilka oznaczeń wykonanych wcześniej przez różnych badaczy i cytowanych w literaturze. Oznaczenia zebrane z literatury zestawiliśmy w tabeli nr 2, podając odpowiednio w rubrykach 2, 3 i 4: autora, według którego cytujemy wyniki, oznaczenie próbki stosowane przez tegoż autora oraz lokalizację. Pozostałe rubryki: nr 1, 5, 6 i 7 mają układ analogiczny jak odpowiednie rubryki z tabeli 1.

Próbka numer 1 z tabeli 2 została zanalizowana w laboratorium Instytutu Geochemii i Chemii Analitycznej im. W. I. Wernadzkiego w Moskwie. Była ona wielokrotnie cytowana przez różnych autorów. Pochodzenie jej jest bliżej nie znane, jedynie T. Gałkiewicz (1961) podaje informację, że pochodzi ona podobno ze zbiorów Nienadkiewicza. Również

Tabela 1

Wyniki oznaczeń składu izotopowego ołowiu z obszaru Górnego Śląska

Nr kolejny	Oznaczenie	Lokalizacja	Próbka	Pb ²⁰⁴ = 1		
				X	Y	Z
1	2	3	4	5	6	7
1	GG1	Kop. Bolesław	Galena z markasytem i kalcylem	18,43	15,69	38,98
2	GG2	Kop. Orzeł Biały	Galena z markasytem i sfalerytem	17,87	15,16	37,73
3	GG3	Kop. Orzeł Biały	Galena z Białego Szarleja	18,67	15,86	38,69
4	GG6	Kop. Ulisses	Galena	17,46	14,79	36,40
5	GG7	Kop. Trzebionka k. Rudnej	Galena z blendą i markasytem	17,72	15,15	36,33
6	GG12	Otwór Mrzygłód 2—223 m	Galena z kalcylem w diabazie	17,72	15,15	36,21
7	GG12	Otwór Mrzygłód 2—223 m	Galena z kalcylem w diabazie	17,91	15,28	37,71

Tabela 2

Wyniki oznaczeń składu izotopowego ołowiu z galeny z obszaru śląsko-krakowskiego (według danych z literatury)

Nr kolejny	Autor	Oznaczenie próbki wg autora	Lokalizacja	Pb ²⁰⁴ = 1		
				X	Y	Z
1	2	3	4	5	6	7
1	A. P. Wino-gradow, I. K. Zadrożny (1954)	Tab. 3a, s. 123, nr 8	Bolesław, Karpaty, wiek geol.: neogen lub mezozoik, 130 mln lat	18,45	15,91	39,27
2	P. Eberhardt i in. (1962)	Tab. 1, s. 845, Be 8	Kop. Fryderyk, Tarnowce Stare	18,60	15,79	38,98
3	T. Gałkiewicz (1961)	2	Kop. Waryński, blok 295	18,45	15,67	38,01
4		9	Kop. Trzebionka, blok 1967	18,35	15,64	37,96
5		10	Kop. Wiktor-Emanuel k. Siewierza	18,12	15,53	37,52
6		19	Dolomity dewońskie, wierc. B-14 k. Mitręgi, głęb. 231 m	18,15	15,53	37,45
7		17	Dolomity dewońskie; wierc. S-17 k. Siewierza, głęb. 84 m	18,18	15,55	37,62

próbka oznaczona numerem 2 była wielokrotnie omawiana i cytowana przez różnych badaczy. W przeciwieństwie do poprzedniej pochodzenie jej jest znane bardziej dokładnie. Najlepiej opisane są próbki wymienione pod nr nr 3, 4, 5, 6 i 7. Są to próbki zebrane przez T. Gałkiewicza, opisane i zinterpretowane przez tegoż autora w pracy z 1961 r., również cytowane przez A. A. Amiraślanowa (1961) i S. Śliwińskiego (1964).

W sumie mamy więc 14 oznaczeń ołowiu z obszaru śląsko-krakowskiego, pozwala to na wyciągnięcie wstępnych wniosków dotyczących wieku i genezy mineralizacji z obszaru śląsko-krakowskiego.

INTERPRETACJA WYNIKÓW

PORÓWNANIE WYNIKÓW OZNACZEŃ

Przy porównywaniu wyników oznaczeń składu izotopowego ołowiu (tab. 1 i 2) mogą się nasunąć wątpliwości co do ich zgodności. Na przykład w rubryce 5 tabeli 1 widzimy aż 5 wyników z „siedemnastkami“, podczas gdy w tabeli 2 w analogicznej rubryce nie ma ani jednej „siedemnastki“. Porównanie rubryk nr 5 z obu tabel nasuwa zresztą największe wątpliwości.

Dla oceny istotności różnic pomiędzy oznaczeniami własnymi i oznaczeniami z literatury zastosowaliśmy statystyczny test serii (I. Janko, 1961). Jest to test o tyle korzystny, że nie zakłada nic z góry o rozkładzie badanej populacji, jednak o dość słabej mocy.

W celu wyznaczenia liczby serii zestawiono w tabeli 3 wszystkie elementy z rubryk 5, 6, 7 tabeli 1 i 2 w szeregi niemalejące.

W rubryce 1 tabeli 3 zestawiliśmy wyniki oznaczeń stosunku izotopów Pb^{206}/Pb^{204} w szereg niemalejący, a w rubryce 2 zaznaczyliśmy znakiem 1 lub 2 pochodzenie danego elementu z tabeli 1 lub 2. Podobnie zestawiliśmy dane odnośnie stosunków izotopów Pb^{207}/Pb^{204} oraz izotopów Pb^{208}/Pb^{204} . Jako serię przyjęliśmy ciąg występujących po sobie jedynek lub dwójek. Liczby serii dla poszczególnych oznaczeń podaliśmy w dolnej części rubryk 1, 3 i 5.

Przyjęliśmy jako hipotezę zerową: H_0 — pochodzenie obu populacji próbnych z jednej populacji generalnej, jako hipotezę alternatywną: H_1 — pochodzenie obu populacji próbnych z różnych populacji generalnych. Potwierdzenie hipotezy H_1 dowodziłoby istnienia istotnych różnic pomiędzy oznaczeniami własnymi i oznaczeniami wybranymi z literatury, co z kolei byłoby dowodem popełnienia przez nas systematycznego błędu analitycznego.

Na podstawie tabeli 3 i odpowiedniej tablicy statystycznej (I. Janko, 1961, s. 221), sprawdzając hipotezę zerową na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ oraz $n = 7$ i $m = 7$, otrzymujemy zależność:

$$U_{208} = 8 > U_{207} = 6 > U_{206} = 5 > U_{0,05} = 4$$

Nie ma więc podstaw do odrzucenia hipotezy H_0 , czyli nie ma istotnych różnic pomiędzy oznaczeniami wykonanymi przez nas i oznaczeniami z literatury.

KLASYFIKACJA OŁOWIU Z OBSZARU ŚLĄSKO-KRAKOWSKIEGO
WEDŁUG SKŁADU IZOTOPOWEGO

Skład izotopowy ołowiu pozwala na sklasyfikowanie złóż i mineralizacji kruszcowych na dwie wielkie grupy: ołowię normalne i ołowię anomalne. Ołowię normalne pozwalają na względnie prostą interpretację ich składu izotopowego i obliczenie wieku modelowego, zwanego także wzorcowym¹ — A. Polański (1961). Druga grupa ołowiów powinna być raczej nazwana ołowiami kontaminowanymi. Są to bowiem mieszaniny dwóch lub więcej ołowiów, z których każdy jest ołowiem normalnym lub radiogenicznym. Interpretacja składu izotopowego tego typu jest znacznie bardziej skomplikowana i musi iść nieco inną drogą niż w przypadku ołowiu normalnego.

Tabela 3

Zestawienie serii oznaczeń składu izotopowego ołowiu z galen śląsko-krakowskich

Pb ²⁰⁴ = 1					
X		Y		Z	
1	2	3	4	5	6
17,46	1	14,79	1	36,21	1
17,72	1	15,15	1	36,33	1
17,72	1	15,15	1	36,40	1
17,87	1	15,16	1	37,45	2
17,97	1	15,28	1	37,52	2
18,12	2	15,53	2	37,62	2
18,15	2	15,53	2	37,71	1
18,18	2	15,55	2	37,73	1
18,35	2	15,64	2	37,96	2
18,43	1	15,67	2	38,01	2
18,45	2	15,69	1	38,69	1
18,45	2	15,79	2	38,98	2
18,60	2	15,86	1	38,98	1
18,67	1	15,91	2	39,27	2
U ₂₀₆ = 5		U ₂₀₇ = 6		U ₂₀₈ = 8	

Istnieje kilka kryteriów, które pozwalają na stwierdzenie, czy mamy w danym przypadku do czynienia z ołowiem normalnym, czy też anomalnym:

A. Skład izotopowy może bezpośrednio świadczyć o normalności lub anomalności badanego ołowiu. W celu sprawdzenia normalności ołowiu wykonaliśmy wykres (fig. 1) rozwoju ołowiu ziemskiego według R. J. Cannona i innych (1961), a następnie nanieśliśmy punkty odpowiadające analizom izotopowym według tabel 1 i 2. Jak widać z omawianego wykresu, wszystkie punkty analiz z obszaru śląsko-krakowskiego gru-

¹ W artykule stosujemy termin „wiek modelowy”, ponieważ naszym zdaniem bardziej odpowiada on pierwotnemu znaczeniu tego wieku, podkreślając jego zależność od określonego modelu rozwoju ołowiu ziemskiego.

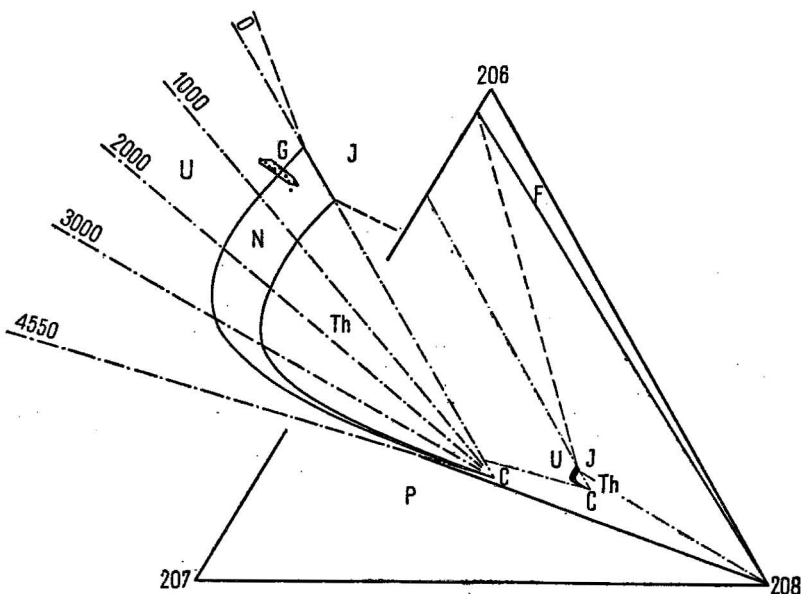


Fig. 1. Schemat izotopowego rozwoju ołowiu ziemskiego w zamkniętym systemie $4,55 \times 10^9$ lat

Scheme of isotopic development of the earth's lead in the closed system of $4,55 \times 10^9$ years

P — pole składu izotopowego ołowiu o wieku powyżej $4,55 \times 10^9$ lat; F — pole składu izotopowego ołowiu radiogenicznego; N — pole rozwoju izotopowego ołowiu ziemskiego przy przyjęciu stosunku Pb/U 6 (zewnętrzna krzywa) i 7 w systemie mającym stosunek Th/U 4,6 oraz wiek $4,55 \times 10^9$ lat; U — pole ołowiu normalnego wzbogaconego w radiogeniczne izotopy Pb^{206} i Pb^{207} ; Th — pole ołowiu normalnego wzbogaconego w radiogeniczny izotop Pb^{208} ; J — pole ołowiu normalnego wzbogaconego we wszystkie radiogeniczne izotopy Pb^{206} , Pb^{207} , Pb^{208}

P — field of isotopic composition of lead having age more than $4,55 \times 10^9$ years; F — field of isotopic composition of radiogenic lead; N — field of isotopic development of the earth's lead, in the presence of a relation Pb/U 6 (external curve) and 7 in the system characterized by the relation Th/U 4,6 and the age of $4,55 \times 10^9$ years; U — field of normal lead enriched in radiogenic isotopes Pb^{206} and Pb^{207} ; Th — field of normal lead enriched in radiogenic isotope Pb^{208} ; J — field of normal lead enriched in all the radiogenic isotopes: Pb^{206} , Pb^{207} and Pb^{208}

pują się na granicy pola ołowiu normalnego i ołowiu wzbogaconego w radiogeniczny ołów uranowy. Rozciągnięcie wzdłuż osi Pb^{208} związane jest z większym błędem bezwzględnym oznaczeń tego izotopu, występującego w ilościach prawie dwukrotnie wyższych od izotopu Pb^{207} i Pb^{206} . Zestawienie graficzne na fig. 1 podkreśla zgodność oznaczeń izotopowych z obszaru śląsko-krakowskiego. Zwraca uwagę wyróżniająca się położenie jednego z wyników. Jest to oznaczenie wg A. P. Winogradowa (tab. 2, nr 1). Niewielki rozrzut oznaczeń, który według R. J. Cannona i in. (1961) można uznać za wyłącznie związany z przypadkowymi błędami analitycznymi metody, świadczyć ma według R. D. Russella i R. M. Farquhara (1960a) o normalności ołowiu.

Warto tu zaznaczyć, że ołowiu normalne, wykazujące pewien nadmiar ołowiu radiogenicznego uranowego, są w pewnych przypadkach regionalnym wskaźnikiem występowania mineralizacji, a czasem nawet złóż uranu.

B. Zawartość pierwiastków rzadkich w galenie, a zwłaszcza srebra, wyższa niż 200—300 g/t wskazuje na przynależność ołowiu do grupy normalnych pod względem składu izotopowego (L. Cahen i in., 1958). Obok srebra miarodajne mają być także podwyższone zawartości takich pierwiastków jak: bizmut, cyna i prawdopodobnie kadm, cynk, tal, antymon i wanad (R. D. Russell i R. M. Farquhar, 1960a).

Badania nad zawartością pierwiastków rzadkich w rudach cynkowo-ołowianych z obszaru śląsko-krakowskiego prowadziło kilku autorów. Najbardziej pełną charakterystykę tych kruszców podaje C. Harańczyk (1956, 1957). Zawartość srebra w galenach z obszaru śląsko-krakowskiego jest wysoka i bardzo zmienna, waha się w granicach 1—900 g/t. C. Harańczyk obserwuje tu zmienność regionalną. Jako charakterystyczne dla galeny z omawianego obszaru przyjmuje Ge, As, osiągające koncentrację do 2500 g/t, Tl — o koncentracjach do 35 g/t oraz molibden. Również zawartość Cd jest wyższa niż w galenach z Dolnego Śląska. Stanowisko geochemiczne śląsko-krakowskich złóż cynkowo-ołowianych autor porównuje do następujących złóż: 1 — Belgia — prowincja metalogenna Neuse — Veadre; 2 — Niemcy — złoża Nadrenii, Iserlohn, Moggen, Rammelsberg, Welkenraedt Brilon, Wiesloch k. Nuasloch; 3 — Austria, Włochy, Jugosławia — złoża Karyntii. Równocześnie przeciwstawia je beztalowym i bezarsenowym złożom amerykańskim typu Mississippi Valley, które są znanym i typowym przykładem ołowiu anomalnego.

C. Jako kryterium normalności lub anomalności ołowiu przyjmowany był również charakter geologiczny występowania kruszców ołowiu. Niestety, wyrażane na ten temat poglądy krańcowo się różnią. Na przykład L. Cahen, P. Eberhardt, J. Geiss (1958) zaliczają złoża żyłowe do grupy normalnych, a złoża konkordantne do grupy anomalnych, podczas gdy R. L. Stanton (1959) reprezentuje pogląd przeciwny.

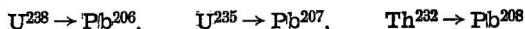
Pomijając jednak kryterium geologiczne, zarówno zawartość pierwiastków rzadkich, jak i skład izotopowy ołowiu zmusza nas do zaliczenia tego ołowiu do grupy ołowiów normalnych i do prowadzenia dalszej interpretacji według schematu odpowiedniego dla takiego ołowiu.

WYBÓR MODELU OBLICZENIA WIEKU BEZWZGLĘDNEGO

Istnieją dwa podstawowe modele obliczeniowe wieku bezwzględnego mineralizacji ołowiu zwyczajnego. Pierwszy model został opisany i rozwinięty przez A. Holmesa i F. G. Houtermansa (por. F. G. Houtermans, 1960 lub P. Eberhardt, 1962). Jako wzorzec przyjęto ołów z troilitu, meteorytu z Canon Diablo, który nie zawiera uranu. W składzie izotopowym tego ołowiu stwierdzono najwyższą znaną zawartość ołowiu nieradiogenicznego Pb^{204} :

$$a_0 = \frac{Pb^{206}}{Pb^{204}} = 9,41 \quad b_0 = \frac{Pb^{207}}{Pb^{204}} = 10,27 \quad c_0 = \frac{Pb^{208}}{Pb^{204}} = 29,20$$

Ołów pierwotny uległ stopniowo w czasie geologicznym rozcieńczeniu przez ołów radiogeniczny, powstający w wyniku rozpadu promieniotwórczego izotopów uranu i toru:



W czasie powstania mineralizacji siarczkowej i pierwotnego formowania się galeny następowało oddzielenie mieszaniny ołowiu pierwotnego i radiogenicznego od skały lub magmy macierzystej i ołów nie podlegał już dalszym zmianom. Otrzymujemy więc „zakonserwowane” stosunki izotopowe ołowiu z czasu „t”, to jest czasu mineralizacji. Pamiętając o tym, że stosunek izotopów U^{238}/U^{235} wynosi obecnie 137,8 i że praktycznie izotopy te nie ulegały rozdzielaniu w procesach geologicznych, oraz stosując proste przekształcenia matematyczne, można wyprowadzić następujący wzór (F. G. Houtermans, 1960):

$$\frac{X - b_0}{X - a_0} = \frac{1}{137,8} \frac{\exp(\lambda' t_0) - \exp(\lambda' t)}{\exp(\lambda t_0) - \exp(\lambda t)}$$

Niżej przytaczamy zestawienie oznaczeń za R. D. Russellem i R. M. Farquharem (1960), które przyjęliśmy w niniejszej pracy jako wygodne i uniwersalne:

Stosunek izotopowy	Obecnie $t = 0$	W czasie mineralizacji t	W czasie powstawania skorupy ziemskiej t_0
Pb^{206}/Pb^{204}	a	X	a_0
Pb^{207}/Pb^{204}	b	Y	b_0
Pb^{208}/Pb^{204}	c	Z	c_0
U^{235}/Pb^{204}	V	$V \exp(\lambda' t)$	$V \exp(\lambda' t_0)$
U^{238}/Pb^{204}	137,8 V	$137,8 \exp(\lambda t)$	$137,8 v \exp(\lambda t_0)$
Th^{232}/Pb^{204}	W	$W \exp(\lambda'' t)$	$W \exp(\lambda'' t_0)$

Stałe rozpadu promieniotwórczego:

$$U^{235} = \lambda' = 0,9722 \cdot 10^{-9} \text{ (rok)}^{-1}$$

$$U^{238} = \lambda = 0,1537 \cdot 10^{-9} \text{ (rok)}^{-1}$$

$$Th^{232} = \lambda'' = 0,0499 \cdot 10^{-9} \text{ (rok)}^{-1}$$

Historycznie późniejszy jest model zaproponowany przez R. A. Alpherą i R. C. Hermana, a następnie rozwinięty głównie przez R. D. Russella i R. M. Farquhara (1960a, 1960b). Rozumowanie R. D. Russella i R. M. Farquhara było następujące:

Stosunek izotopów $Pb^{206}/Pb^{204} = X$ w mineralu ołowiu o wieku bezwzględnym t będzie się równał różnicy pomiędzy stosunkiem tych izotopów w ołowiu współczesnym oraz stosunkiem Pb^{206}/Pb^{204} wytworzonym od czasu t do chwili obecnej, w wyniku przemiany promieniotwórczej izotopu U^{238} :

$$X = a - 137,8 \cdot V \cdot (\exp \lambda t - 1)$$

Stosując analogiczne rozumowanie możemy zbudować odpowiednie wzory dla pozostałych izotopów ołowiu:

$$Y = b - V \cdot (\exp \lambda' t - 1)$$

$$Z = c - W \cdot (\exp \lambda'' t - 1)$$

Równocześnie na podstawie analizy izotopowej ołowiu z troilitów oraz meteorytów kamiennych można obliczyć równanie izochrony zerowej (V. R. Murthy, C. C. Patterson, 1962).

R. D. Russell i R. M. Farquhar zastosowali do obliczeń starszy wariant równania izochrony zerowej, to jest:

$$a = 1,687 b - 7,97$$

Przez rozwiązanie układu następujących równań: równanie izochrony zerowej oraz równania X i Y, można obliczyć niezbędne parametry: a, b i V. Po obliczeniu wymienionych parametrów można powrócić do podstawowych wzorów na X i Y przedstawiając je w formie:

$$\frac{X}{Y} = \frac{\frac{Pb^{206}}{Pb^{204}}}{\frac{Pb^{207}}{Pb^{204}}} = \frac{Pb^{206}}{Pb^{207}}$$

Ostateczny wzór określający zależność stosunku Pb^{206}/Pb^{207} otrzymany przez R. D. Russella i R. M. Farquhara jest następujący:

$$\frac{Pb^{206}}{Pb^{207}} = \frac{18,72 - 137,8 \cdot 0,0659 (\exp 0,1537 \cdot 10^{-9} \cdot t - 1)}{15,82 - 0,0659 (\exp 0,9722 \cdot 10^{-9} \cdot t - 1)}$$

Wzór ten nie daje się rozwiązać ze względu na t, podobnie zresztą jak i poprzednio cytowany wzór F. G. Hautermansa, w związku z tym został we wspomnianych pracach rozwinięty w formie tabel do obliczeń wieku bezwzględnego.

Jeśli dokonamy porównania pomiędzy wzorami F. G. Hautermansa — z jednej strony — oraz R. D. Russella i R. M. Farquhara — z drugiej, to stwierdzamy, że we wzorze istnieją następujące źródła popełnienia błędów obliczeń wieku bezwzględnego:

Hautermans:	ΔPb^{206} ,	ΔPb^{207} ,	ΔPb^{204} ,	$\Delta (a_0, b_0)$,	Δt_0
Russel i Farquhar:	ΔPb^{206} ,	ΔPb^{207} ,		$\Delta (a, b)$,	ΔV

Znakiem Δ oznaczyliśmy błąd popełniony przy oznaczaniu danej wielkości, pominęliśmy zupełnie jako nieistotne błędy oznaczeń stałych rozpadu i składu izotopowego uranu. Jeżeli przyjmiemy, że błędy oszacowania składu izotopowego ołowiu początkowego równają się błędowi oszacowania składu izotopowego ołowiu współczesnego, a wpływ błędów oznaczenia wieku Ziemi wpływowi błędowi oceny średniego stosunku uranu do ołowiu, to widzimy, że we wzorze F. G. Hautermansa wchodzi do obliczeń wartość Pb^{204} obciążona — jak to podkreśliliśmy — dużym błędem analitycznym.

Podsumowując nasze rozumowania można stwierdzić, że obliczenia błędu bezwzględnego wykonane według wzoru F. G. Hautermansa są obciążone kilkukrotnie większym błędem niż analogiczne obliczenia wykonane według wzoru R. D. Russella i R. M. Farquhara.

Jednak metoda R. D. Russella i R. M. Farquhara kryje również pewne możliwości popełnienia istotnych błędów systematycznych. Jeśli nawet pominiemy hipotetyczne założenie, stanowiące podstawę metody o jednokowym wieku meteorytów i Ziemi, które zresztą nie wzbudza zastrzeżeń w świetle współczesnej wiedzy, to pozostają błędy popełnione przy ocenie ekstrapolacyjnej parametrów a, b i V. Parametr V — średni stosunek izotopów U^{235}/Pb^{204} w zewnętrznych strefach Ziemi — nie ma większego wpływu na obliczenia wieku młodych mineralizacji ołowio-wych. Nawet przyjęcie 10% błędu nie powoduje większych odchyłek, zresztą praca P. Eberhardta i innych (1962) dowodzi, że ocena R. D. Russella i R. M. Farquhara była właściwa. Znaczenie błędów oceny para-

metru V wzrasta natomiast znacznie przy obliczaniu wieku starych mineralizacji Pb, zwłaszcza prekambryjskich. Przy ocenie wieku młodych mineralizacji Pb duże znaczenie mają natomiast błędy oceny parametrów a i b, to jest składu ołowiu współczesnego. Ocena tych parametrów może kryć wiele niespodzianek, zwłaszcza że w przypadku ołowiu o niewątpliwie współczesnej genezie obserwujemy niewyjaśnione dotychczas anomalie składu izotopowego. Przykładem mogą być niektóre ołowię wulkaniczne lub ołowię ze współczesnych i prawie współczesnych ław bazaltowych. Wydaje się, że błąd obciążający obliczenie wieku mineralizacji Pb z tytułu niepewności oznaczeń parametrów równań wiekowych zawiera się w granicach pomiędzy ± 50 i ± 100 milionów lat w przypadku mineralizacji mezo- i kenozoicznych. Wydaje się, że błąd ten zbliżony jest bardziej do dolnej niż do górnej granicy.

Należy wspomnieć, że R. D. Russell i R. M. Farquhar podali również oprócz tabel do obliczenia wieku bezwzględnego, opracowanych na podstawie omawianego stosunku Pb^{206}/Pb^{207} , tabele do obliczeń wieku na podstawie Z, jednak błędy analityczne związane z oznaczaniem izotopu Pb^{208} , a zwłaszcza izotopu Pb^{204} zmusiły nas do odrzucenia tego sposobu obliczeń.

OBLICZENIE WIEKU BEZWZGLĘDNEGO GALENY

Obliczenia wykonaliśmy według modelu R. D. Russella i R. M. Farquhara (1960a). Stosowaliśmy tablice opublikowane w cytowanej pracy, przy czym pośrednie wartości wieku bezwzględnego obliczaliśmy przez interpolację liniową. Wyniki oznaczeń zestawione są w tabeli 4.

W rubryce 1 tabeli 4 podajemy numer tabeli, z której pochodzi dane oznaczenie, w rubryce 2 — numer kolejny według numeracji w odnośnej tabeli, w rubryce 3 — stosunki izotopów Pb^{206}/Pb^{207} , w rubryce 4 — obliczony wiek bezwzględny ołowiu w mln lat. Obliczona przez nas średnia arytmetyczna wieku, której wartość oznaczyliśmy jako \bar{t} , wpisana jest u dołu tabeli 4.

W rubryce 4 zwraca uwagę obliczenie wieku ołowiu wynoszące 281 mln lat. Jest to analiza opublikowana przez A. P. Winogradowa i I. K. Zadroźnego (1954) i oznaczona dość niezrozumiale „Bolesław-Karpaty“. Pochodzenie tej próbki jest niezbyt jasne. Postanowiliśmy sprawdzić jej przynależność. Sprawdzenie przynależności próbki A. P. Winogradowa do tej samej populacji co i pozostałe próbki z tabeli 4 przeprowadziliśmy przy pomocy testu T-Studenta. Sformułowaliśmy następującą hipotezę zerową: H_0 — wiek obliczany na podstawie wątpliwej próbki A. P. Winogradowa należy do tej samej populacji co i pozostałe liczby wiekowe populacji próbnej, oraz hipotezę alternatywną: H_1 — wynik wątpliwy, nie należy do tej samej populacji próbnej. Skonstruowaliśmy zmienną:

$$T = \frac{Y_m \sqrt{m(n-2)}}{\sqrt{n-m-mY_m^2}}$$

$$Y_m = \frac{\bar{t}_m - \bar{t}}{S_1}$$

gdzie: n — liczba elementów zbiorowości próbnej

\bar{t} — wartość średnia (średnia arytmetyczna)

$$S_1 \text{ — odchylenie standardowe} = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{14} (t_i - \bar{t})^2 \right]^{-2}$$

m — liczba elementów wątpliwych

\bar{t}_m — wartość średnia podgrupy elementów wątpliwych

W rubryce 5 tabeli 4 podaliśmy obliczenia odchyłeń poszczególnych wyników od wartości średniej i obliczenia odchylenia standardowego według wyżej podanego wzoru. Zmienna T ma rozkład T -Studenta o $m-2$ stopniach swobody. Otrzymujemy więc:

$$Y_m = \frac{281 - 123,3}{70,88} = 2,225$$

$$i \quad T = \frac{2,225 \sqrt{1(14-2)}}{\sqrt{14-1-1(2,225)^2}} = 2,717$$

Równocześnie według odpowiednich tablic funkcji T -Studenta (W. Sadowski, 1957) odszukaliśmy wartość T_0 dla 12 stopni swobody i poziomu istotności $\alpha = 0,05$. Otrzymaliśmy:

$$T = 2,717 > T_0 = 2,179$$

Należy więc odrzucić hipotezę H_0 o przynależności wyniku 281 mln lat do tej samej populacji co pozostałe wyniki oznaczeń wieku bezwzględnego galeny z obszaru śląsko-krakowskiego.

W sposób analogiczny jak poprzednio obliczyliśmy wartość średnią wieku modelowego i jego odchylenie standardowe z pominięciem oznaczenia wątpliwego, oznaczając odpowiednio:

\bar{t} — wartość średnia

S_2 — odchylenie standardowe

W rubryce 6 tabeli 4 podaliśmy odchylenia poszczególnych wyników od wartości średniej \bar{t} .

Powstaje pytanie, czy pozostałe oznaczenia wieku bezwzględnego (13) należą rzeczywiście do jednej populacji i czy rzeczywiście jest to populacja o rozkładzie normalnym, tak jak to założyliśmy przy zastosowaniu testu T -Studenta. Sformułowaliśmy hipotezę zerową: H_0 — o zgodności rozkładu populacji próbnej rozważanych datowań z rozkładem normalnym i przeciwstawiliśmy ją hipotezie alternatywnej: H_1 — o niezgodności tych rozkładów. Do sprawdzenia prawdziwości tych hipotez zastosowaliśmy statystykę D_n (W. Sadowski, 1957) stosując sprawdzenie na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Niezbędne obliczenia i zestawienia wykonaliśmy w tabeli 5.

W rubryce pierwszej tabeli 5 wpisaliliśmy numer kolejny wiersza tabeli. W rubryce drugiej zestawiliśmy w kolejności niemalejącej pozostałe 13 oznaczeń wieku bezwzględnego. Rubryka trzecia zawiera wartości znormalizowanej zmiennej obliczonej według wzoru:

$$x'_i = \frac{x_i - \bar{t}}{S_2}$$

Tabela 4

Modelowy wiek bezwzględny ołowiu z galeny obszaru śląsko-krakowskiego

Numer tabeli	n	$X_i : Y_i$	t_i	$t_i - \bar{t}$	$t_i - \tilde{t}$
1	2	3	4	5	6
1	1	1,1744	107	-16,3	-4,2
	2	1,1783	61	-62,3	-50,2
	3	1,1773	72	-51,3	-39,2
	4	1,1806	34	-89,3	-77,2
	5	1,1696	164	+40,7	+52,8
	6	1,1697	163	+39,7	+51,8
	7	1,1797	45	-78,3	-66,2
2	1	1,1596	281	+157,7	—
	2	1,1779	65	-58,3	-46,2
	3	1,1774	72	-51,3	-39,2
	4	1,1733	120	-5,3	+8,8
	5	1,1668	197	+73,7	+85,8
	6	1,1687	175	+51,7	+63,8
	7	1,1691	170	+46,7	+58,8

$$\bar{t} = 123,3 \quad \tilde{t} = 111,2$$

$$S_1 = 70,88 \quad S_2 = 56,66$$

Tabela 5

Sprawdzenie normalności populacji próbnej wieku bezwzględnego galeny z obszaru śląsko-krakowskiego

i	x_i 10 ⁶ lat	x'_i	$S_n(x_i)$	F(x'_i)	F(x'_i) — $S_n(x_i)$
1	2	3	4	5	6
1	34	-1,36	0,0769	0,0869	0,0100
2	45	-1,17	0,1538	0,1210	0,0328
3	61	-0,89	0,2307	0,1867	0,0440
4	65	-0,82	0,3076	0,2061	0,1015
5	72	-0,69	0,3845	0,2451	0,1394
6	72	-0,69	0,4614	0,2451	0,2163 *
7	107	-0,07	0,5383	0,4721	0,0662
8	120	0,16	0,6152	0,5636	0,0516
9	163	0,91	0,6921	0,8186	0,1265
10	164	0,93	0,7690	0,8238	0,0548
11	170	1,04	0,8459	0,8508	0,0049
12	175	1,13	0,9228	0,8708	0,0520
13	197	1,51	1,0000	0,9345	0,0655

Rubryka 4 zawiera wartości teoretyczne dystrybuanty rozkładu populacji próbnej obliczonej według wzoru:

$$S_n(x'_i) = \frac{i}{n}$$

W rubryce 5 podaliśmy wartości dystrybuanty rozkładu normalnego dla poszczególnych wartości x_i' , a rubryka 6 zawiera bezwzględne różnice pomiędzy dystrybuantą teoretyczną i empiryczną. Różnica maksymalna, zaznaczona gwiazdką wynosi:

$$D_n = 0,2163$$

Wartość D_{n_0} odczytana z odpowiednich tablic rozkładu D_n wynosi:

$$D_{n_0} = \frac{4,0}{13} = 0,3076$$

dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$. Ponieważ $D_n < D_{n_0}$, nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu badanych datowań galeny. Dowodziłoby to, być może, wspólnego pochodzenia wszystkich zbędanych ołowiów z obszaru śląsko-krakowskiego.

Dla ustalenia zakresu, w jakim zawiera się wartość średnia t , wykonaliśmy obliczenia przedziału ufności dla wartości średniej. Kiedy nie znamy odchylenia średniego zbiorowości generalnej i obliczamy odchylenie średnie na podstawie zbiorowości próbnej, jak to ma miejsce w naszym przypadku, przedział ufności wyraża się wzorem:

$$P \left\{ \bar{t} - \frac{t_\alpha \cdot S_2}{\sqrt{n-1}} < t_m < \bar{t} + \frac{t_\alpha \cdot S_2}{\sqrt{n-1}} \right\} = 1 - \alpha$$

t_α — jest to wartość odczytana z tablic rozkładu T—Studenta (W. Sadowski, 1957) dla $n-1$ stopni swobody i poziomu istotności $\alpha = 0,05$ i wynosi $t_\alpha = 2,179$.

t_m — jest to nieznaną rzeczywistą wartość średnia populacji generalnej.

Podstawiając znane wartości i wykonując obliczenia otrzymujemy:

$$P \{ 75,6 \text{ mln lat} \leq t_m \leq 146,8 \text{ mln lat} \} = 0,95$$

znaczy to, że nasza nieznaną wartość rzeczywistą średniej wieku bezwzględnego znajduje się z prawdopodobieństwem 95% w obrębie przedziału domkniętego od 76 mln lat do 147 mln lat. Przekładając te liczby na język stratygrafii klasycznej za pomocą porównania ze skalami wieku bezwzględnego A. Holmesa (1959) i J. L. Kulpa (1960) możemy stwierdzić, że zakres ten odpowiada okresowi górnej jury i w zasadzie całej kredy.

Na tym tle interesującego znaczenia nabierają datowania bezwzględne, wykonane na próbkach diabazów z Mrzygłodu metodą K-A. Wyniki ich przytaczamy w tabeli 6.

W rubryce 1 tabeli 6 podaliśmy głębokości, z jakich zostały pobrane próbki datowanych diabazów, w rubryce drugiej — zawartości argonu oznaczone na aparacie Tr-62 metodą objętościową bez kontroli izotopów, w rubryce trzeciej — wyniki oznaczeń wagowych potasu, wykonanych metodą nadchloranową. Każda z podanych liczb w rubryce 3 jest średnią arytmetyczną z dwóch równoległych oznaczeń. Rubryka 4 zawiera obliczenia wieku bezwzględnego wykonane przy zastosowaniu następujących stałych przemiany jądrowej izotopu K^{40} :

$$\lambda_K = (0,584 \pm 0,026) \cdot 10^{-10} \text{ (rok)}^{-1}$$

$$\lambda_\beta = (4,47 \pm 0,50) \cdot 10^{-10} \text{ (rok)}^{-1}$$

Tabela 6
Oznaczenia wieku bezwzględnego diabazów z Mrzygłodu
metodą K-A (wiercenie 9-M)

Głębokość m	A mg/t	K %	t_a mln lat
219,50	14,6	1,7	117
254,0	6,2	1,64	52

Nie ma podstaw do przypuszczeń, aby w przypadku diabazów z Mrzygłodu znaczny rozrzut wyników był spowodowany innymi względami niż wpływ przypadkowych zmienności argonu i potasu w skale oraz błędy analityczne. Można więc obliczyć średnią z tych dwóch oznaczeń i porównać ją z naszym przedziałem ufności. Nasza średnia $t_a = 85$ mln lat, wypada wewnątrz przedziału ufności dla t_m . Nie ma więc podstaw do odrzucenia hipotezy o równoczesności obu tych dat: daty mineralizacji galenowej i daty potasowo-argonowej diabazu z Mrzygłodu. Wobec dużej czułości argonu na wpływ czynników wtórnych można by przypuszczać, że datowanie argonowe podaje nam w tym przypadku wiek zmian wtórnych, współczesnych z powstaniem mineralizacji galenowej na obszarze śląsko-krakowskim.

WNIOSKI

1. Stwierdzono, że skład izotopowy ołowiu galeny z próbki określonej przez A. P. Winogradowa i I. K. Zadroźnego (1954) jako „Bolesław-Karpaty“ i wielokrotnie cytowany przez różnych autorów odbiega w sposób istotny od składu izotopowego innych próbek galeny z obszaru śląsko-krakowskiego. Jedną z możliwych przyczyn takiej rozbieżności mogłyby być błędy analityczne. Jednakże ze względu na rangę laboratorium GEOCHI i ze względu na fakt pochodzenia próbki ze starych zbiorów muzealnych można raczej przypuszczać, że mamy tu do czynienia z próbką nie pochodzącą z obszaru śląsko-krakowskiego.

2. Skład izotopowy ołowiu galeny z triasowych dolomitów kruszczońskich, dolomitów dewońskich i diabazów karbońskich z obszaru śląsko-krakowskiego, oznaczony w różnych laboratoriach, wykazuje stosunkowo nieznaczną zmienność, która mieści się w granicach błędów analitycznego. Mogłoby to oznaczać wspólną genezę wszystkich zbadanych mineralizacji galenowych. Jednorodność ta, jak również charakterystyczny zespół pierwiastków śladowych zmusza do uznania tego ołowiu za normalny. Lekkie przesunięcie składu izotopowego w kierunku ołowiu uranowego można wiązać z pochodzeniem tego ołowiu ze źródła wzbogaconego w uran w stosunku do toru, lub też uznać za regionalny wskaźnik występowania złóż uranu.

3. Wiek bezwzględny mineralizacji galenowej obliczono według modelu R. D. Russella i R. M. Farquhara określono na zakres 76 mln lat do 147 mln lat, co odpowiada okresowi górnej jury i w zasadzie całej kredy. Wiek zmian wtórnych karbońskiego diabazu z Mrzygłodu, oznaczony metodą K-A na 85 mln lat, zawiera się w tym samym przedziale.

Zmiany prowadzące do „odmłodzenia” diabazu z Mrzygłodu były więc równowiekowe z mineralizacją galenową w obszarze śląsko-krakowskim.

Należy jednak przestrzec geologów złożowych przed bezkrytycznym akceptowaniem powyższych wyników. Obliczany przez nas wiek bezwzględny galeny może być obciążony poważnymi błędami systematycznymi, mającymi swe źródło w podstawowych założeniach zastosowanej metody datowania, a zgodność datowań argonowych diabazu z Mrzygłodu przypadkowo zbieżna.

W związku z wysuniętymi powyżej wątpliwościami należałoby przeprowadzić dalsze badania radiogeochronologiczne mineralizacji obszaru śląsko-krakowskiego. Uważamy, że wykonanie datowań helowych na próbkach pirytów mogłoby dać ostateczną ocenę wieku bezwzględnego tej mineralizacji.

Zakład Ziół Pierwiastków Rzadkich i Promieniotwórczych
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 15 kwietnia 1966 r.

PIŚMIENNICTWO

- CAHEN L., EBERHARDT P., GEISS J. (1958) — On a correlation between the common lead model age and the trace — element content of galenas. *Geoch. et Cosmochim. Acta*, **14**, nr 1/2, p. 134—149.
- CANNON R. J., PIERCE A. P., AUTWEILER J. C., BUCK K. L. (1961) — The data of lead isotopic geology related to problems of ore genesis. *Econ. Geol.*, **56**, nr 1, p. 1—38.
- EBERHARDT P., GEISS J., HOUTEMANS F. G. (1962) — Age determination on lead ores. *Geol. Rundsch.*, **52**, nr 2, p. 836—852.
- EKIERT F. (1957) — Geneza śląskich złóż cynkowo-ołowianych. *Prz. geol.*, **5**, p. 322—325, nr 7. Warszawa.
- EKIERT F. (1961) — Złóża rud cynku i ołowiu w Polsce i perspektywy ich poszukiwań. *Biul. Inst. Geol.*, [b.n.] Warszawa.
- GAŁKIEWICZ T. (1961) — Izotopowy skład ołowiu ze śląsko-krakowskich złóż cynkowo-ołowianych. *Rudy i Met. nieżel.*, **6**, nr 6, p. 267—268.
- GAŁKIEWICZ T. (1964) — Pozycja metalogeniczna śląsko-krakowskich złóż Zn-Pb. *Rudy i Met. nieżel.*, **9**, nr 8, p. 421—423.
- GÖRLICH E., GÖRLICH Z. (1957) — O wpływie adsorpcji i wymiany chemicznej na wędrowkę roztworów cynku i ołowiu w wapieniach i dolomitach. *Arch. miner.*, **20**, p. 213—218, nr 1/2.
- GRUSZCZYK H. (1956a) — Uwagi w sprawie wykształcenia morskich utworów triasu śląsko-krakowskiego. *Biul. Inst. Geol.*, **107**, p. 5—68. Warszawa.
- GRUSZCZYK H. (1956b) — O wykształceniu i genezie śląsko-krakowskich złóż cynkowo-ołowianych. *Biul. Inst. Geol.*, [b.n.] Warszawa.
- HARAŃCZYK C. (1956) — Wstępne wyniki poszukiwań pierwiastków śladowych w minerałach kruszcowych niektórych złóż polskich metodą spektrograficzną. *Biul. Inst. Geol.*, **107**, p. 79—117. Warszawa.

- HARAŃCZYK C. (1957) — Pierwiastki śladowe w minerałach kruszcowych ze śląsko-krakowskich złóż cynkowo-ołowianych. *Biul. Inst. Geol.*, **115**, p. 63—113. Warszawa.
- HARAŃCZYK C. (1962) — Mineralogia kruszców śląsko-krakowskich złóż cynku i ołowiu. (Wyd. Geol. Warszawa.
- HOLMES A. (1959) — A revised geological time-scale. *Trans. Edinburg Geol. Soc.*, **17**, nr 3, p. 183—216.
- HOUTERMANS F. G. (1960) — Die Blei — Methoden der geologischen Altersbestimmung. *Geol. Rundsch.*, **49**, nr 1, p. 163—196.
- KULP J. L. (1960) — The geological Time scale. *Inter. geol. Cong. Rep. 21 session Norden. Copenhagen*, p. 18—27.
- MURTHY V. R., PATTERSON C. C. (1962) — Primary isochron of zero age for meteorites and the earth. *Jour. of geoph. Res.*, **67**, nr 3, p. 1161—1167.
- POLAŃSKI A. (1961) — Geochemia izotopów. (Wyd. Geol. Warszawa.
- RUSSELL R. D., FARQUHAR R. M. (1960a) — Lead isotopes in geology. *Inter. Sci. Publ. Inc. New York*.
- RUSSELL R. D., FARQUHAR R. M. (1960b) — Dating galenas by means of their isotopis constitutions — III. *Geoch. et Cosmochim. Acta.*, **19**, nr 1, p. 41—52.
- SADOWSKI W. (1957) — Tablice statystyczne. P.W.N. Warszawa.
- SCHNEIDERENHÖHN H. (1930) — Mineralchemische und mikroskopische Beobachtungen an Blei — Zink — und Kieserzen der Deutsch-Bleischarley Grube. *Oberschlesien. Chemie d. Erde*, **5**, p. 385—395.
- STANTON R. L. (1959) — Anomalous leads and the emplacement of lead sulfide ores. *Econ. Geol.*, **54**, nr 4, p. 588—607.
- ŚLIWIŃSKI S. (1964) — Przejawy mineralizacji kruszczowej w utworach dewońskich i triasowych obszaru siewierskiego. *Rocz. (Pol. Tow. Geol.*, **34**, p. 152—190, nr 1/2. Kraków.
- WERNICKE F. (1931) — Die primären Erzminerale der Deutsch-Bleischarley — Grube bei Beutshen O. S. *Makroskopische mikroskopische und genetische Untersuchungen. Arch. Lagerst.-Forsch.*, **53**, p. 124.
- АМИРАСЛАНОВ А. А. (1961) — О генезисе цинково-свинцевых месторождений района Олькуш (Верхняя Силезия, ПНР). *Сов. Геол.*, № 4, стр. 127—129.
- ВИНОГРАДОВ А. П., ЗАДРОЖНЫЙ И. К. (1954) — Возраст земли по изотопному составу свинцов. *Тр. 1 сес. Ком. по Определ. Абсол. Возраста Геол. Формации*, стр. 113—135.
- ЯНКО И. (1961) — Математическо-статистические таблицы. Москва.

Ежи БОРУЦКИ, Юзеф ЛИС

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ И АБСОЛЮТНЫЙ ВОЗРАСТ СВИНЦА В ГАЛЕНИТЕ СИЛЕЗКО-КРАКОВСКОГО РАЙОНА

Резюме

Приводятся результаты определений изотопного состава свинца по 7 образцам галенита Силезко-Краковского района и сообщаются по литературе 7 определений, произведенных разными авторами в разных лабораториях. Образцы были отобраны из месторождений

свинцово-цинковых руд, залегающих в нижнетриасовых отложениях исследуемого района, а также из небольших рудопроявлений в доломитах девона и диабазах карбона. Возраст подсчитан по соотношению Pb^{206}/Pb^{207} . Все образцы, кроме одного, который по мнению авторов ошибочно отнесен к изучаемому району, проявляют незначительные расхождения в изотопном составе, близкие погрешности анализа, что может являться доказательством общего происхождения свинца в галените разных стратиграфических горизонтов Силезско-Краковского района. Предел достоверности для среднего значения составляет от 76 до 147 млн. лет, что полностью отвечает меловому и верхнеюрскому периодам. В таких же пределах заключается среднее значение (85 млн. лет) по двум определениям, произведенным авторами с помощью калий-аргонового метода для образцов диабазов карбона, из которых были отобраны две изучаемые пробы галенита. Тем не менее, авторы считают, что приведенные результаты нельзя принять за окончательное доказательство дотриасового возраста минерализации Силезско-Краковского района. Они считают, что окончательный ответ на этот вопрос может быть получен в результате определений с помощью гелиевого метода, произведенных по отобраным соответствующим образом пробам пирита.

Jerzy BORUCKI, Józef LIS

ISOTOPIC COMPOSITION AND ABSOLUTE AGE OF GALENA LEAD FROM THE SILESIAN — CRACOW AREA

Summary

Determinations of isotopic composition of 7 galena samples were made on the material from the Silesian-Cracow area, and 7 determinations made by various authors in various laboratories were collected. The samples come from the zinc-lead deposits occurring in the region under consideration, within the Lower Triassic and as small mineralizations in the Devonian dolomites and Carboniferous diabases. Age determinations were made according to the ratio Pb^{206}/Pb^{207} . Except for one sample thought by the authors to be incorrectly identified, all the samples show insignificant variability of isotopic composition, approximate to the variability being a result of analytical error. This might prove a common genesis of the galena lead occurring in various stratigraphical horizons of the Silesian-Cracow area. Confidence interval for mean value amounts to from 76 mil. years to 147 mil. years, this corresponding with the whole time of both Cretaceous and Upper Jurassic. Within the same interval falls the mean from two datings (= 85 mil. years) made by the authors by means of K-A method on Carboniferous diabase samples. However, the authors are of the opinion that the results presented in the paper cannot be reckoned as an ultimate proof of the post-Triassic age of the mineralization in the Silesian-Cracow area. They think that a solution can be expected after helium dating that could be made on the selected pyrite samples.