

O WIEKU BEZWZGLĘDNYM PECHBLENDY Z GÓR KRUSZCOWYCH

EKSPLOATACJA RUD w Górach Kruszcowych jest jedną z najstarszych w Europie Środkowej. Po raz pierwszy na świecie eksploatowano tu pechblendę do produkcji radu i uranu. Pod względem rozpoznania geologicznego należy zaliczyć obszar Gór Kruszcowych do dobrze poznanych, gdyż na żadnym innym obszarze rudonośnym w Europie (z wyjątkiem Związku Radzieckiego) nie wykonano tak wielkiej liczby oznaczeń wieku bezwzględnego na próbkach pechblendy. A jednak wiek ten jest nadal sporny, ponieważ cytowane w literaturze datowania różnią się znacznie między sobą i często przeczą innym danym geologicznym. Niniejszy artykuł jest próbą interpretacji wieku bezwzględnego pechblendy z Gór Kruszcowych w celu ustalenia jej wieku rzeczywistego. Problem ten jest ważny również dla polskich geologów ze względu na obserwowane analogie okruszcowania w Sudetach.

Na ryc. 1 zestawilem wyniki oznaczeń wieku bezwzględnego pechblendy z Gór Kruszcowych, otrzymane przez różnych autorów różnymi metodami. Zestawienie to posłuży również do zilustrowania przeprowadzonej interpretacji wieku. Rubryka pierwsza na ryc. 1 zawiera skalę wieku w milionach lat i nie wymaga żadnych dodatkowych wyjaśnień. W rubryce drugiej przedstawione są wyniki oznaczeń wieku bezwzględnego wykonane metodą ołowiową z całkowitą analizą izotopów Pb. Wyniki te zostały uzyskane przez autorów wymienionych w tabeli I. Trzy spośród wyników zarejestrowanych w tej tabeli nie zostały zaznaczone na ryc. 1, ponieważ wypadły daleko poza zakresem uwzględnionej skali wieku. Nie będą one jednak miały większego znaczenia dla dalszego wnioskowania. W rubryce trzeciej przedstawiłem wyniki oznaczeń ołowiowych wykonanych przez F. Leutweina (6) bez analizy izotopów.

Przegląd obu rubryk, drugiej i trzeciej (ryc. 1), oraz ich porównanie dokumentują wspomniane na początku brak zgodności datowań. Oznaczenia wykonane przez jednego autora i jedną metodą (6) dają liczby w zakresie od 20 do 280 mln lat, od trzeciorzędu do karbonu. Jeszcze większy rozrzut wyników istnieje wśród oznaczeń wykonanych przez różnych autorów metodą analizy izotopów ołowiu: od 5 do 1540 mln lat, a więc od późnego trzeciorzędu do dalekiego prekambriu. Najliczniejsze zgrupowanie datowań izotopowych dotyczy ok. 180 mln lat, a więc mieści się w zakresie jednego z minimów wyznaczonych przez Leutweina. Przyczyny takich rozbieżności są teoretycznie znane i zbadane: wylugowanie izotopów uranu lub ołowiu, doniesienie tych izotopów, emanacja, obecność ołowiu nieradiogenicznego oraz redepozycja pechblendy. Natomiast w każdym konkretnym przypadku nie jest łatwe stwierdzenie, która z wymienionych przyczyn miała istotny wpływ i jaki jest rzeczywisty wiek pierwotnej mineralizacji.

Nie wdając się w szczegóły zagadnienia, pragnę przypomnieć, że izotopy ołowiu i uranu, a także przejściowe czony szeregów promieniotwórczych są związane między sobą określonymi zależnościami geochemicznymi, wynikającymi z ich właściwości fizyko-chemicznych z uwzględnieniem właściwości jądrowych. W związku z tym przy przemianach wtórnych (metamorfizm lub zmiany hypergeniczne) stosunki izotopów ołowiu i uranu w minerałach radioaktywnych zmieniają się w pewien określony sposób. Polski czytelnik znajdzie szczegóły tego zagadnienia w monografii A. Polańskiego (8). Naturalnie, również datowania obliczone według tych stosunków odznaczają się pewnymi charakterystycznymi układami. Układy te pozwoliły L. H. Ahrenswi,

Tabela I

OZNACZENIA IZOTOPOWE WIEKU BEZWZGLĘDNEGO
PECHBLENDY Z GÓR KRUSZCOWYCH

L.p.	Autorzy	Złoża	Wiek 10 ⁶ lat			
			207/206	206/238	207/235	206/208
1	2	3	4	5	6	7
1	A.P. Winogradow i inni (1959)	Jachimów	130	190	180	
2		Johangeorgenstadt	300	155	165	
3			260	175	175	
4			260	97	112	
5			1540	52	94	
6	A.O. Nier (1939)	Jachimów	425	179	197	
7	J.L. Kulp i inni (1955)		167	226	221	206
8	J.L. Kulp, W.R. Echelmann (1957)		385	174	195	

a później G. W. Wetherillowi (fide: I. E. Starik, 9) opracować graficzny sposób interpretacji niezgodnych datowań izotopowych.

Pomijając teoretyczne uzasadnienie metody, w jednym z wariantów polega ona na wykreśleniu krzywej teoretycznej zgodnych stosunków $\frac{Pb^{206}}{U^{238}}$ i $\frac{Pb^{207}}{U^{235}}$.

Następnie, w tym samym układzie nanosi się wyniki analizowanych oznaczeń izotopowych. Jeśli wyniki wyznaczają w przybliżeniu linię prostą, to prawie przecięcie tej prostej z krzywą teoretyczną odpowiada wiekowi mineralizacji pierwotnej, zaś przecięcie lewe — wiekowi przemian wtórnych. Na ryc. 2 przedstawiłem właśnie takie ujęcie dostępnych analiz izotopowych pechblendy z Gór Kruszcowych. Z tabeli I nie uwzględniłem jedynie oznaczenia nr 8, ponieważ autorzy odnośnej pracy podają tylko obliczony wiek bez podania składu izotopowego ołowiu.

Po przeanalizowaniu ryc. 2 narzuca się wniosek, że po pierwsze — wspomniana metoda w naszym przypadku nie może być zastosowana. Krzywa teoretyczna w swym początkowym biegu jest płaska, a więc określenie jej punktu przecięcia z cięciwą jest obciążone bardzo dużym błędem. Opisana metoda interpretacji może być zastosowana tylko w bardziej wypukłym odcinku krzywej, czyli do minerałów o znacznie wyższym wieku (prekambr).

Po drugie: duży rozrzut wyników oznaczeń uniemożliwia wyznaczenie wiarygodnej prostej. Jednak na podstawie ryc. 2 można wysnuć wniosek o poważnych konsekwencjach dla dalszego rozumowania. Najprawdopodobniej przecięcie prawie znajduje się gdzieś bardzo blisko punktu zerowego, czyli przemiany wtórne odbyły się bardzo późno, praktycznie prawie współcześnie.

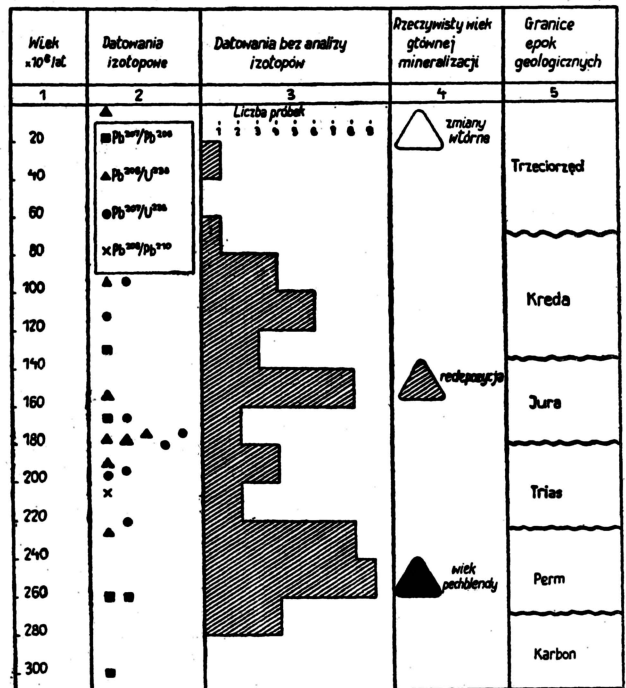
W wyniku powyższego wnioskowania można odrzucić skomplikowany przypadek opisany przez K. K. Żyrowa i innych (12), w którym zmiany wtórne stosunków izotopowych odbyły się niewspółcześnie. Można natomiast ograniczyć się do przeanalizowania naszego przypadku za pomocą schematów opisanych przez L. R. Stieffa i T. W. Sterna (10) dla współczesnych przemian wtórnych. Autorzy ci omawiają cztery typy rozbieżności datowań izotopowych: A. Ucieczka radonu, B. Wyługowanie uranu, C. Wyługowanie ołowiu, D. Obecność ołowiu zwyczajnego (nieradiogenicznego).

Spośród wymienionych, trzy typy A, C, i D, charakteryzują się jednakowymi sekwencjami wieków:

$$t \left(\frac{Pb^{207}}{Pb^{206}} \right) < t \left(\frac{Pb^{207}}{U^{235}} \right) < t \left(\frac{Pb^{206}}{U^{238}} \right)$$

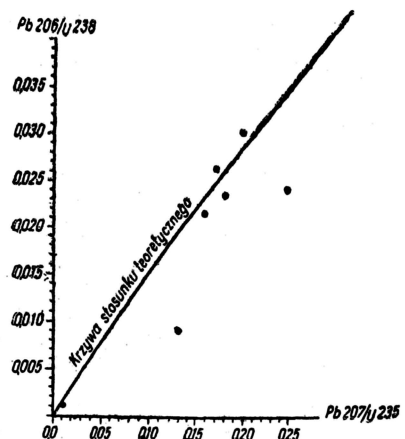
Tabela II
DATOWANIA PECHBLENDY Z GÓR KRUSZCOWYCH. TYP
A—C Z WYRAŻNĄ PRZEWAGĄ C

L.p. wg tab. 1	wiek × 10 ⁶ lat	
	207/235	207/206
1	2	3
2	165	300
3	175	260
4	112	260
5	94	1540
6	197	425
8	195	385



Ryc. 1. Zestawienie wyników oznaczeń wieku bezwzględnej pechblendy z Gór Kruszcowych.

Fig. 1. Results of absolute age determinations of pitch-ore from Góry Kruszcowe



Ryc. 2.

Fig. 2.

Takimi sêkwencjami charakteryzuj¹ siê oznaczenia z tabeli I nr 2, 3, 4, 5, 6 i 8. Tylko jeden typ B odznacza siê inn¹ sêkwencj¹ od poprzednich, a mianowicie:

$$t\left(\frac{\text{Pb}^{206}}{\text{U}^{238}}\right) < t\left(\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{U}^{235}}\right) < t\left(\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{U}^{206}}\right)$$

W tabeli I widzimy tylko dwa oznaczenia nr 1 i 7 o tej charakterystycznej sêkwencji. Nale¿y podkreœliç, ¿e w praktyce najczêœciej nie mamy przypadków idealnie odpowiadaj¹cych typom Stieffa i Sterna. Przeciwnie, badane minera³y zwykle podlega³y wp³ywom dwóch lub wiêcej czynników i nale¿y je traktowaç jako typy poœrednie.

Wydaje siê, ¿e w oznaczeniach z tabeli I poprawka na obecnoœç o³owiu zwyczajnego zosta³a uwzglêdniona w sposób prawid³owy. Cytowani autorzy s¹ w przybli¿eniu zgodni co do sk³adu izotopowego o³owiu zwyczajnego ze z³o¿ uranowych w Górach Kruszcowych. W zwi¹zku z tym mo¿emy wyeliminowaç z naszych rozwa¿a³ typ D.

Oznaczenia wymienione w tabeli I pod numerami 2, 3, 4, 5, 6 i 8 nale¿¹ wiêc do typów A lub C wed³ug Stieffa i Sterna. Typ A, w którym niezgodnoœç oznacze³ jest spowodowana przez wydzielanie emanacji z minera³ów, odznacza siê sta³ym stosunkiem ró¿nic wiekowych:

$$S = \frac{t\left(\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{U}^{235}}\right) - t\left(\frac{\text{Pb}^{206}}{\text{U}^{238}}\right)}{t\left(\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{Pb}^{206}}\right) - t\left(\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{U}^{235}}\right)} = 0,37$$

Natomiast w typie C, gdzie zmiany wieku s¹ spowodowane ró¿nym stopniem wylugowania o³owiu z pechblendy, datowania obliczone wed³ug stosunku izotopów $\frac{\text{Pb}^{206}}{\text{U}^{238}}$ i $\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{U}^{235}}$ bardzo niewiele siê ró¿ni¹ miêdzy sob¹ nawet przy wylugowaniu 15% o³owiu z minera³u. Zadwane powy¿ej oznaczenie nie wykazuje stosunkliczonegoczonego do 0,37. Przeciwnie, maj¹ one uk³ad zbli¿ony do typu C. Nie mo¿na jednak ca³ odrzuciç czynnika emanacji pechblendy. Najwi¹ciwsze jest wiêc przyjecie, ¿e oznaczenia nr 2, 3, 4, 5, 6 i 8 z tabeli I nale¿¹ do typu przejœciowego miêdzy A i C, ze znaczn¹ przewag¹ czynnika C.

We wszystkich wymienionych powy¿ej oznaczeniach rzeczywisty wiek bezwzglêdny wyraziç siê bêdzie nierównoœci¹:

$$t\left(\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{U}^{235}}\right) \ll t(\text{rzeczywisty}) \ll t\left(\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{Pb}^{206}}\right)$$

Czyli: wiek rzeczywisty pechblendy zawiera siê miêdzy datowaniem obliczonym wed³ug stosunku izotopów $\frac{\text{Pb}^{206}}{\text{U}^{238}}$ a datowaniem wed³ug $\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{Pb}^{206}}$. Wiek rzeczywisty jest znacznie mniejszy od liczby pierwszej i zbli¿ony do liczby drugiej.

W rubryce 1 tabeli II poda³em liczbê porz¹dkow¹ oznaczenia zgodn¹ z tabel¹ I, zaœ w rubrykach 2 i 3 wiek bezwzglêdny obliczony wed³ug stosunku izotopów $\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{U}^{235}}$ i $\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{Pb}^{206}}$. Rzeczywisty wiek bezwzglêdny pechblendy z Górk Kruszcowych jest zawarty miêdzy najwiêkszym wynikiem z rubryki 2 a najni¿szym z rubryki 3. Czyli, zaokr¹glaj¹c jednostki milionów lat: miêdzy 200 a 260 mln lat. Zgodnie z moimi poprzednimi uwagami, wiek pechblendy bêdzie bardziej zbli¿ony do górnej granicy tego przedzia³u. Przy ostro¿nym szacowaniu mo¿na przyj¹c, ¿e bêdzie siê zawiera³ w granicach 240—260 mln lat. Wydaje siê, ¿e wiek ten jest bardzo zbli¿ony do 260 mln lat, lecz udowodnienie tego: za pomoc¹ dostêpnych datowa³ jest niemo¿liwe.

W swoich poprzednich rozwa¿aniach zupe³nie pomin¹łem oznaczenia nr 1 i 7 z tabeli I. Na podstawie sêkwencji datowa³ obliczonych wed³ug poszczególnych stosunków izotopowych mo¿na przypuszczaç, ¿e w tych dwóch przypadkach mamy do czynienia z wylugowaniem uranu. Z drugiej strony po³o¿enie odpowiednich punktów na ryc. 2 nie potwierdza tego wniosku ca³kowicie. Rzeczywiœcie, oznaczenie nr 1 wypada ponad krzyw¹ teoretyczn¹, a wiêc w polu ubytku uranu, lecz oznaczenie nr 7 wypada poni¿ej tej krzywej, w polu ubytku o³owiu. Teoretycznie mo¿emy tu dopuœciç dwie alternatywy:

1. Wylugowanie uranu odby³o siê wœpó³cześnie z datowaniem wed³ug stosunku izotopów $\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{Pb}^{206}}$ wskazuje wiek rzeczywisty. W naszych przypadkach 130 i 167 mln lat.

2. Wylugowanie uranu i o³owiu odby³o siê w przesz³oœci, w tym przypadku okreœlenie wieku rzeczywistego nie jest mo¿liwe.

Rozstrzygniêcie, która alternatywa jest prawdziwa, jest bardzo trudne. Wydaje siê jednak, ¿e wniosek o wœpó³czennoœci zmian wtórnych obowi¹zuje dla wszystkich oœmiu oznacze³ z tabeli I. Tak wiêc mamy dwa datowania okreœlaj¹ce wiek pechblendy na 130—170 mln lat. Naturalnie, liczby te s¹ znacznie bardziej niepewne ni¿ poprzednio udowodnione 240—260 mln. Jeœli wy¿sze liczby odpowiada³yby wiekowi pierwotnej mineralizacji, to liczby te nale¿y uwa¿aç za wyniki wtórnej redepozycji pechblendy (1).

Doskona³ym sprawdzeniem naszych poprzednich rozwa¿a³ jest ich porównanie z wynikami F. Leutweina (rubryka 3, ryc. 1). Znajdujemy tu ca³kowite potwierdzenie naszych wniosków. Maksima wystêpuj¹ce w zakresie 240—260 mln i 140—160 mln lat ca³kowicie siê zgadzaj¹ z wyznaczonymi poprzednio na podstawie datowa³ izotopowych. Maksimum drugie zdaje siê bardziej dok³adnie okreœlaç wiek redepozycji pechblendy ni¿ odpowiednie datowania izotopowe. Jednoczeœnie wyjaœni³o siê jednoznacznie zagadnienie znacznego rozci¹gniêcia datowa³ F. Leutweina na stronê liczb ni¿szych i niewielkiego w stronê liczb wy¿szych. Wylugowanie o³owiu z pechblendy w Górk Kruszcowych jest znacznie czêœciejsze ni¿ wylugowanie uranu. Charakterystyczny jest fakt rozci¹gniêcia datowa³ Leutweina a¿ do pó¿nego trzeciorzêdu. Jest to potwierdzenie naszego wniosku co do wieku zmian wtórnych.

Wnioski: 1. Wiek bezwzglêdny pechblendy z Górk Kruszcowych zawiera siê w granicach 240—260 mln lat, przy czym wydaje siê byç raczej zbli¿ony do wy¿szej liczby. Porównanie ze skal¹ wieku bezwzglêdnego (2, 3), przeprowadzone w rubrykach 4 i 5 ryc. 1, wskazuje, ¿e liczby te odpowiadaj¹ œrodkowej czêœci permu, obejmuj¹c prawdopodobnie najwiêksz¹ czêœç czerwonego sp¹gowca oraz najni¿sz¹ czêœç cechsztynu.

2. Prawdopodobny wiek czêœciowej redepozycji pechblendy zawiera siê gdzieœ w granicach 140—160 mln lat, co odpowiada jurze œrodkowej i górnej.

3. Zmiany wtórne, wyrazi¹ce siê przede wszystkim wylugowaniem o³owiu, rzadziej uranu — dokona³y siê w pó¿nym trzeciorzêdzie.

LITERATURA

- Davidson C. P. — Rejuvenation of Pitschblende in Hercynian Ore Deposits. „Econ. Geol.” 1960, vol. 55.
- Holmes A. — A Revised Geological Time-Scale. „Trans. Edinburg geol. Soc.” 1959, vol. 17, part 3.
- Kulp J. L. — The Geological Time Scale. Intern. geol. Congr. Rep., 21-Session Norden, part 3. Copenhagen 1960.
- Kulp J. L., Bate K. L., Giletti B. J. — New Age Determinations by the Lead Methode. „Proc. geol. Ass. Canada” 1955, vol. 17, part II.

5. Kulp J. kelm kelmann W. R. — Discordant U-Pb Ages and Mineral Type. „Amer. Miner.” 1957, vol. 42, nr 3—4.
6. Leutwein F. — Alter und paragenetische Stellung der Pechblende in erzgebirge Lagerstätten. „Geologie” 1957, vol. 6, H. 8.
7. Nier A. O. — The Isotopic Constitution of Radiogenic Leads and the Measurements of Geological Time II. „Phys. Rev.” 1939, vol. 55.
8. Polański A. — Geochemia izotopów. Warszawa 1961.
9. Starik I. E. — Jadiernaja gieochronologia. Moskwa—Leningrad 1961.
10. Stieff L. R., Stern T. W. — The Interpretation of the $Pb^{206}/U^{238} < Pb^{207}/U^{235} \ll Pb^{207}/Pb^{206}$ Age Sequence of Uranium Ores. Proc. intern. Conf. peac. Uses atomic Energy, vol. 6. Geneva, New York 1956.
11. Winogradow A. P., Tugarinow A. J., Zhirova V. V. i inni — Über das Alter der Granite und Erzvorkommen in Sachsen. „Freiberger Forschungsheften, s. 57” Geologie” 1959, s. 73—85.
12. Żyrow K. K., Szestakow G. I., Iwanow I. B. — K woprosu ob intierprietacji cifr wozrasta po swincowomu mietodu. „Gieochimia” 1961, nr 1.

SUMMARY

The Kruszcowe Mts are an area, where the pitch ore was exploited for production of radium and uranium for the first time in the world. As concerns geological reconnaissance these mountains are regarded as well recognized, since nowhere, except for Soviet Union, such a quantity of absolute age determinations was made on the pith ore samples, as there was. In spite of this, the age is still disputable, at present.

The article presents an attempt of interpreting the absolute age of the pith ore from the Kruszcowe Mts of determining its real age.

РЕЗЮМЕ

В Рудных горах впервые в мире эксплуатировалась урановая смолка для получения радия и урана. Этот регион относится к хорошо изученным в геологическом отношении, так как, не считая СССР, в Рудных горах произведено наибольшее количество определений абсолютного возраста проб урановой смолки. Несмотря на это, их возраст не определен достоверно.

Статья представляет попытку интерпретации абсолютного возраста урановой смолки Рудных гор с целью определения ее действительного возраста.