

Bohdan NIELUBOWICZ, Tymoteusz WRÓBLEWSKI

Przyczynek do poznania okruszczowania uranowego w węglach warstw radwanickich na Dolnym Śląsku

WSTĘP

Celem przeprowadzonych studiów nad mineralizacją uranową były badania dotyczące rozmieszczenia uranu w węglach, określenie mineralogicznego charakteru skupień rudnych oraz wyciągnięcie wniosków natury genetycznej.

Prace rozpoczęto w 1959 r. od zbierania materiałów i dokonywania obserwacji w dostępnych wyrobiskach górniczych. Prace terenowe uwarunkowane były aktualnym stanem robót górniczych. W drugiej połowie 1959 r. dostępne były wyrobiska w pokładzie węglowym V i we wkładce węglowej nr 6. Aktualny stan wyrobisk powodował konieczność ograniczenia prac do dostępnej części wkładki nr 6 i pokładu V. Koncentrowały się one głównie na ścianie 1 i 3 oraz w wyrobiskach przyległych.

We wkładce nr 6 sprofilowano i opróbowano: ścianę 3, chodnik nadścianowy i chodnik nr 6. W pokładzie V sprofilowano i opróbowano ścianę 1 oraz pobrano próbki z dostępnych punktów na chodniku 3a.

Prace w chodniku 6 i 3a oraz na pochylni były utrudnione ze względu na obudowę i zapylenie ociosów oraz obecność zawałów. Obok wykonania zdjęcia litologicznego dostępne wyrobiska zbadano radiometrem UR-4M.

Ogółem pobrano 136 próbek, z których większość z uwagi na konsystencję wymagała zaparafinowania. Większość próbek pobrano z wkładek rudnych oraz z przerostów węglowych nieokruszczowanych lub słabo okruszczowanych. Najmniej udało się zgromadzić próbek z warstw nadległych i spągowych. Mimo opróbowania tylko 2 przerostów węglowych zebrany materiał reprezentuje typy mineralizacji charakterystycznej dla serii warstw radwanickich i daje wyobrażenie odnośnie do okruszczowania całej serii.

Autorzy pragną w tym miejscu wyrazić podziękowania dla Kierownika Katedry Złóż Rud AGH Prof. dr Stanisława Jaskólskiego za pomoc przy opracowywaniu tematu.

OGÓLNY CHARAKTER OKRUSZCOWANIA URANOWEGO WE WKŁADCE NR 6 i POKŁADZIE V

Pozycję stratygraficzną wkładki nr 6 i pokładu nr V przedstawiono na fig. 1. Wkładka węglowa nr 6 zbudowana jest z łupków węglowych, zawierających soczewki węgla. Miąższość wkładki waha się w granicach 20÷40 cm. Grubość soczew węglowych dochodzi do 20 cm. Są one przeważnie przyporządkowane górnej części wkładki. Węgiel jest zwykle silnie spękany, ze szczelinami wypełnionymi kalcytem, kwarcem i wtrąceniami chalkopirytu, pirytu i galeny. Mineralizacja uranowa wiąże się tu z substancją węglistą łupków węglowych i węgla. Występuje ona głównie w postaci wydłużonych nieregularnych smug, zwykle zgodnych z uwarstwieniem skał. Spotykane są również skupienia rudne o kształtach nieregularnych. Nasilenie okruszcowania jest zwykle zmienne. Miąższość sfery kruszonośnej zmienia się w granicach 15÷35 cm. Za-

Nazwa	Opis warstwy	Grubość	Miąższość
Warstwy odzwierciedla	Basztonic arkozowy		
	Złaznosc okrężna		
	Łupki ilaste		
	Wkładka węglowa V		2,20
	Basztonic arkozowy		
	Wkładka węglowa 6		2,41
	Basztonic arkozowy		
	Wkładka węglowa 5		2,30
	Wkładka węglowa IV		2,20
	Wkładka węglowa III		2,75
Warstwy odzwierciedla	Basztonic arkozowy		
	Wkładka węglowa 2		2,20
	Łupki ilaste i drobnopiękne piaskowce		
	Wkładka węglowa 1		2,20
	Łupki ilaste		
	Basztonic arkozowy		
	Wkładka węglowa 8		0,40
	Łupki ilaste		
	Wkładka węglowa I		0,40
	Łupki ilaste		
Warstwy odzwierciedla	Basztonic arkozowy		
	Wkładka węglowa		1,20
	Łupki ilaste		
Warstwy odzwierciedla	Basztonic arkozowy i nieregularne łupki		

Fig. 1. Pozycja stratygraficzna badanej wkładki węglowej nr 6 i pokładu V warstw radwanickich.

Stratigraphical position of the coal interbedding No. 6 that of the seam V of the Radwanice beds

wartość uranu w węglach waha się od 0,001 do 0,1%. Wkładkę nr 6 podściela ławica piaskowców arkozowych znacznej miąższości.

Pokład V leży na serii piaskowcowo-arkozowej, przykrywającej wkładkę nr 6. Zbudowany jest z łupków ilastych, ilasto-węglowych, węglowych i węgla i zawiera dwie, a miejscami trzy strefy uranonośne. W spągu pokładu na łupku ilastym lub piaskowcu drobnoziarnistym leży łupek węglowy i kruchy węgiel uranonośny. Jest to najsilniej zmineralizowana uranem strefa w pokładzie V. Środkowa strefa rudna przyporządkowana jest warstwie łupku węglowego oraz dolnej części warstwy węgla. Nadległą warstwę węgla tworzą węgle o zmiennym charakterze petrograficznym. Węgiel ten poprzecinany jest gęstą siecią żyłek kalcytowo-kwarcowych z pirytem, markasytem, chalkopirytom i galeną. Niekiedy górna część warstwy jest również zmineralizowana uranem. Mineralizacja ta jest jednak uboższa od okruszcowania przerostów niższych i pojawia się sporadycznie, nie tworząc określonego poziomu. Mineralizacja uranowa w pokładzie nr V jest podobnie jak we wkładce nr 6 nieregularna. Zawartość uranu w próbkach waha się w granicach 0,001÷0,3%.

METODYKA BADAŃ

Dla wyjaśnienia charakteru okruszcowania próbki pobrane z wkładki nr 6 i pokładu V poddano badaniom laboratoryjnym. Prace te przeprowadzono w oparciu o badania mikroskopowe w świetle odbitym, metodę odbitek stykowych, obserwacje radiograficzne oraz zdjęcia rentgenowskie. Wykonano również analizę ilościowo-petrograficzną węgla uranonośnego i zestawiono jej wyniki z oznaczeniami radiometrycznymi.

Metodę odbitek stykowych zastosowano jako wstępną analizę jakościową w celu wykrycia mineralizacji uranowej. Jest to metoda kontaktowa, oparta na tworzeniu się nierozpuszczalnego, barwnego osadu soli kompleksowej $K_2UO_2[Fe(CN)_6]$, przy działaniu „wywoływaczem“ na roztwór zawierający jon uranowy. Po wielu próbach najlepsze wyniki otrzymano przy użyciu jako rozpuszczalnika 5% roztworu kwasu azotowego i jako „wywoływacza“ — 5% roztworu żelazocjanu potasu. Brunatne zabarwienie uzyskiwane w wyniku reakcji wskazuje na obecność uranu. Reakcje wykonuje się na b'bulie filtracyjnej lub na papierze fotograficznym. Badania przeprowadzono na szlifowanych powierzchniach próbek. Otrzymane w ten sposób odbitki stykowe wskazują na względną zawartość związków uranowych oraz na ich strukturalné wykształcenie. Przejawy mineralizacji uranowej wykryte metodą odbitek stykowych poddano badaniom radiograficznym.

Makroradiografię wykonano na zwykłych płytach orto- i panchromatycznych oraz na kliszach rentgenowskich. Trzytygodniowa ekspozycja na kliszach orto- i panchromatycznych dawała zadowalające rezultaty. Klisze rentgenowskie eksponowane 7—9 dni dały bardziej czytelne, jednak mniej subtelne radiogramy. Radiografia potwierdziła wyniki otrzymane metodą odbitek stykowych, uzupełniając je w niektórych szczegółach.

Metoda makroradiograficzna wraz z metodą odbitek stykowych dopełniają się wzajemnie, choć każda z nich stanowi samodzielną metodę badawczą. Badania radiograficzne węgla uranonośnych dają lepsze rezultaty w przypadku mineralizacji uranowej, zlokalizowanej w strefach wzbogaconych w związki żelaza, a szczególnie w związki miedzi. Odbitki stykowe nie dają wówczas tak jednoznacznych wyników jak radiogramy. Niemniej metoda odbitek stykowych oddaje subtelniej strukturę okruszcowania uranowego.

Do mikroradiografii użyto gruboemulsyjnych alfa autoradiograficznych płyt typu M-2, które po obróbce poddane zostały badaniem mikroskopowym. Na płytach tych zostają utrwalone ślady torów cząstek alfa, przechodzących przez grubą (50 μ) warstwę emulsji. Mikroradiografię zastosowano jako metodę pomocniczą dla późniejszych badań petrograficznych. Miała ona na celu wykrycie stref lub ośrodków o najwyższej radioaktywności, które można było podejrzewać o obecność skupień minerałów uranowych.

Dla dokładnego zbadania mineralizacji oraz wyjaśnienia związków minerogenicznych wykonano szczegółowe badania mikroskopowe. Obserwacje preparatów polerowanych przeprowadzono tak przy obiektywie suchym, jak i pod imersją.

Z kilku skupień rudnych, wytypowanych metodą odbitek stykowych, radiografią i obserwacjami mikroskopowymi, wykonano zdjęcia rentgenowskie metodą proszkową Debeye-Scherree-Huua w kamerze o średnicy 57,5 mm promieniowaniem filtrowanym $\text{Cu K}\alpha$ i $\text{Fe K}\alpha$. Film zakładano sposobem asymetrycznym. Intensywność prążków oceniono wizualnie według skali dziesiętnej. Odległości prążków pomierzono z dokładnością do 0,1 mm. Przeliczenia rentgenogramów podano w tabeli 4.

Dla stwierdzenia związku ilościowego pomiędzy mineralizacją uranową a składem petrograficznym węgla przeprowadzono metodami optycznymi pomiar procentowego udziału poszczególnych składników petrograficznych w średnich próbkach węgla o zmiennej radioaktywności, a wyniki te porównano z oznaczeniami radiometrycznymi. Prace podobnego typu przeprowadzali badacze amerykańscy J. M. Schepf i R. J. Gray (1954) nad uranonośnymi lignitami z Slim Buttes w Południowej Dakocie. Dla określenia ilościowych stosunków między głównymi składnikami petrograficznymi w węglu, zastosowano analizę macerałów w szlifach ziarnowych. Preparaty te sporządzone z węgla o uziarnieniu 0,6–1,5 mm.

W tym celu próbki węgla kruszono do ziarn poniżej 1,5 mm, a następnie wydzielano frakcję 0,6–1,5 mm. Kwartowaniem uzyskano odpowiednio małą ilość ziarn, które mieszano ze stopioną mieszaniną 4,5 g szelaku i 2 g balsamu kanadyjskiego. Mieszanina ta zastygała w znormalizowanych formach o wymiarach 22×28 mm, którą następnie poddawano szlifowaniu i polerowaniu.

Petrograficzną analizę ilościową wykonano przy pomocy mikroskopu uniwersalnego „Poladun IV” przy powiększeniu 144-krotnym na stoliku integracyjnym firmy E. Leitz. Badania przeprowadzono przy obiektywie suchym bez imersji. Zastosowana metoda polegała na pomiarze długości ziarn poszczególnych minerałów. W każdym preparacie zanalizowano 10 linii, odległych od siebie co 2 mm. Na podstawie średniej długości macerałów, uzyskanych z pomiarów 10 linii, obliczono procentowy stosunek wagowy macerałów w danej próbce.

Macerałów znajdujących się w podrzędnej ilości nie wyodrębniono, traktując: kolinit i telinit jako wityryt

fuzynit i semifuzynit jako fuzynit

mikrynit

egzynit i rezynit jako egzynit

Siarczki żelaza potraktowano jako piryt oraz wydzielono odrębną grupę dla wszystkich pozostałych substancji nieorganicznych, w skład której wchodziły minerały ilaste, kalcyt, kwarc i siarczki. Przy obliczaniu udziału wagowego przyjęto następujące ciężary właściwe:

wityryt	—	1,3 g/cm ³
fuzynit	—	1,5 „
mikrynit	—	1,3 „
egzynit	—	1,2 „
piryt	—	5,0 „
inne minerały śr.	—	2,6 „

Oznaczenia radiometryczne wykonano dla tych samych próbek, z których sporządzono preparaty ziarnowe. Próbkę przed pomiarem została rozdrobniona poniżej 0,6 mm. Pomiary aktywności wykonano w Zakładzie Fizyki II Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie na aparaturze licznikowej typu scyntylacyjnego, przy użyciu próbek o ciężarze 30 g. Otrzymane względne wartości przeliczono na jednostki umowne. Jako jednostkę przyjęto ilość impulsów (rozpadów) zachodzących w jednostce masy i jednostce czasu (imp./min./g). Dla wyników w tak wyrażonych jednostkach średni błąd pomiaru nie przekracza 0,5%, a dla próbek silnie aktywnych poniżej 0,1%. Zakładając, że natężenie promieniowania jest proporcjonalne do zawartości uranu otrzymano skalę porównawczą okruszczenia. Wyniki planimetrowania szlifów jak i pomiarów natężenia promieniowania zestawiono na fig. 1a.

WYNIKI OBSERWACJI MAKROSKOPOWYCH WĘGLI URANONOŚNYCH

Makroskopowa obserwacja próbek i jej korelacja z wynikami badań wstępnych pozwoliła w większości wypadków odróżnić skupienia rudne (uranowe). Zwykle wyodrębniają się one w porównaniu do otaczających je węgli nieco ziemistym wyglądem. Mają one barwę czarnosmolistą, łatwo ulegają rozkruszeniu na proszek, a po wypolerowaniu charakteryzują się słabą zdolnością odbijania światła lub matowymi powierzchniami.

Na podstawie analizy makroskopowej, odbitek stykowych i radiogramów w badanych węglach można wyróżnić trzy formy okruszczenia uranowego:

- 1) mineralizację zgodną z uwarstwieniem węgla;
- 2) mineralizację o charakterze nieregularnych skupień związanych z konkrecjami markasytowymi;
- 3) mineralizację stref otaczających szczeliny w węglu.

Mineralizacja zgodna z uławiczeniem węgla przejawia się obecnością wkładek, warstewek i smug uranonośnych o charakterze ziemisto-zbitym. Ułożenie warstewek i smug jest zgodne z ogólnym warstwowaniem skały. Często strefy uranonośne charakteryzują się falistym lub nawet nieco zmierzwionym uławiczeniem. Miąższość wkładek uranonośnych jest zmienna, poczynając od lewo widocznych smug, aż po skupienia strefowe do 20 mm miąższości. Opisane typy mineralizacji widoczne są na tabl. I, fig. 2 i 3. Częstym zjawiskiem jest nieciągłość wkładek rudnych, spowodowana spękaniem węgla i wypełnieniem powstałych szczelin kalcytem (tabl. I, fig. 4 i 5).

Drugi typ mineralizacji reprezentują nieregularne skupienia rudne związane z pojawieniem się konkrecji markasytowych. Nagromadzenia te przyjmują formy nieregularnych skupień w postaci blizn i plam, leżących zgodnie lub niezgodnie względem warstwowania węgla. Wypełniają one niekiedy centralne części nieregularnych skupień markasytu. Przykłady tego typu mineralizacji przedstawia tabl. II, fig. 7.

Wielkość skupień uranonośnych w preparatach nie przekracza $1 \div 1,5 \text{ cm}^2$. Przeciętna średnica skupień uranonośnych wynosi około 3 mm.

Trzecim typem mineralizacji uranowej są nagromadzenia związków uranowych wzdłuż szczelin niezgędných do ulawicenia węgla. Obserwuje się tu wyraźne nieregularne strefy uranonośne o formach dendrytyczno-pierzastych. Budowa taka wydaje się być uwarunkowana zmienną podatnością poszczególnych warstwek węgla na przenikanie roztworów uranonośnych. Krzaczaste rozgałęzienia impregnowane mineralizacją uranową sięgają niekiedy do kilku centymetrów w głąb węgla. Charakterystycznym przykładem takiego typu mineralizacji może być okaz węgla uranonośnego przedstawiony na tabl. I, fig. 5.

WYNIKI BADAŃ MIKORADIOGRAFIKZNYCH I MIKROSKOPOWYCH

Badania mikroskopowe w świetle odbitym jak i mikroradiografia wskazują na złożony charakter mineralizacji. Obserwacje mikroradiogramów wykazały, że skupienia rudne, makroskopowo jednorodne charakteryzują się zwykle obecnością pojedynczych punktowych skupień intensywnego promieniowania alfa na ogólnym tle o słabszej ale jednolitej aktywności. Odnosi się to szczególnie do skupień w formie blizn i plam. Okazało się również, że makroskopowo jednorodnie zmineralizowane warstewki zbudowane są z pojedynczych mikroskupień ułożonych nieregularnie w dość wyraźnie zaznaczające się faliste laminy (tab. III, fig. 8).

Największą aktywność promieniowania alfa wykazują punktowe ośrodki lub strefy mineralizacji uranowej niezgodnej z warstwowaniem węgla. Natomiast strefy regularnie okruszczowane dają na mikroradiogramach słabsze i bardziej równomiernie rozłożone tory cząstek. Studia mikroskopowe wykazały obecność mineralizacji uranowej w witrynicie (kolinitie), fuzynicie i egzynicie. Skupienia mineralizacji uranowej, zgodnej z uwarstwieniem węgla, notowano najczęściej w witrynicie. Witrynit (kolinit) jest podstawowym macerałem, w którym tkwią horyzontalnie ułożone warstewki uranonośne. Same warstewki zmineralizowane uranem wyróżniają się nieco ciemniejszą barwą i zmniejszoną siłą odbijania światła w stosunku do otaczającego witrynit (tabl. IV, fig. 14, 15). Charakterystyczne są rozjaśnienia czystego witrynit obserwowane na bezpośrednim kontakcie ze skupieniami rudnymi. Są to efekty tak wyraźne, że mogą służyć jako cechy diagnostyczne, szczególnie przy wykrywaniu pod mikroskopem drobnych skupień rudnych. Strefy te wykazują słabe zjawisko anizotropii, zaznaczające się na tle izotropowego środowiska węglowego. Pradopodobnie jest to wynikiem pewnego uporządkowania cząstek żeluz kolinitowego pod wpływem kontaktu z substancją radioaktywną.

Strefy zmineralizowane uranem notowane są również we wkładkach węgla klarytowych, złożonych z ciałek ukształtowanych (kutikule, mikro- i makrospory), tkwiące w cieście kolinitowym z przypuszczalną większą domieszką minerałów ilastych. Związki uranowe przepajają tu zarówno kolinit, jak i egzynit. Między czystym węglem klarytowym, a skupieniami kruszczowymi istnieją stopniowe przejścia. Ciekawe formy mineralizacji uranowej wytworzyły się w strefach kontaktu fuzynitu z przesyconym związkami uranu witrynit. Fuzynit stref pery-

ferycznych ma budowę łukową i „roztapia się” stopniowo w cieście kolinitowym. Fragmenty ścianek komórek o niewyraźnych konturach, obniżonym reliefie i zmniejszonym refleksie przyjmują orientację fluidalnych struktur wityrnytu uranonośnego (tabl. IV, fig. 16).

Na podstawie badań mikroskopowych stwierdzono również mineralizację uranową, związaną z poprzecznymi szczelinami w węglu, głównie w wityrnicie. Charakterystyczne jest to, że strefy zmineralizowane nie obejmują samych szczelin, a impregnują jedynie wityrnyt na niewielkich odległościach w otoczeniu szczeliny. Wnętrza niezmineralizowanych uranem szczelin są puste lub wypełnione galeną i chalkopirytem, rzadziej kalcytem lub kwarcem. Niejednokrotnie można dostrzec kontakty zmineralizowanych ścianek szczelin poprzecznych ze strefami lub warstewkami uranonośnymi, zgodnymi z warstwowaniem węgla.

Niezależnie od okruszczowania uranowego badane węgle charakteryzują się obecnością mineralizacji siarczkowej oraz kalcytowo-kwarcowej. Substancja kalcytowo-kwarcowa wypełnia gęstą sieć spękań, szczególnie w wityrnicie, impregnuje również komórki fuzynitu i pojawia się we wszystkich pozostałych typach węgla. Z minerałów kruszczowych stwierdzono w węglach obecność pirytu melnikowitowego, markasytu, chalkopirytu, galenitu, bornitu i malachitu. Poza syngenetycznymi konkrecjami markasytu i drobnymi soczewkami pirytu melnikowitowego oraz rzadkimi wprysnięciami chalkopirytu, występującego w asocjacji z markasytem, wszystkie inne przejawy mineralizacji siarczkowej tworzą wraz z kalcytem i kwarcem wypełnienia szczelin. Szczeliny te o miąższości do 2 cm formują liczne różnokierunkowe rozgałęzienia przeważnie grubości 0,5–5 mm. Są one wypełnione przeważnie w całości kalcytem, rzadziej kwarcem i są okruszczowane galeną, chalkopirytem lub pirytem. Spotyka się szczeliny zawierające wyłącznie chalkopiryt i galenę. Z chalkopirytem związany jest niekiedy bornit, rzadziej malachit. Mineralizację kalcytowo-kwarcową i siarczkową pokazano na tabl. IV, fig. 16–19.

Fuzynit o zachowanej strukturze komórkowej oraz fuzynit o budowie łukowej impregnowany jest często siarczkami, kalcytem i kwarcem. Siarczki reprezentowane są prawie wyłącznie przez piryt i markasyt, przy czym ten ostatni wydaje się być pochodzenia syngenetycznego.

Wzajemne stosunki mineralizacji uranowej i siarczkowo-kalcytowo-kwarcowej wskazują na następującą kolejność precypitacji:

1. Mineralizacja uranowa syngenetyczna, zgodna z uwarstwieniem, oraz mineralizacja syngenetyczna związana ze skupieniami pirytu i markasytu.

2. Wtórna mineralizacja uranowa związana ze szczelinami w węglu.

3. Mineralizacja siarczkowa związana ze szczelinami (galena, piryt, chalkopiryt).

4. Mineralizacja kalcytowo-kwarcowa.

WYNIKI ANALIZY PETROGRAFICZNEJ ILOŚCIOWEJ

Obserwacje mikroskopowe wydają się być zgodne z wynikami ilościowej analizy petrograficznej węgla. Na figurze 1a zestawiono wy-

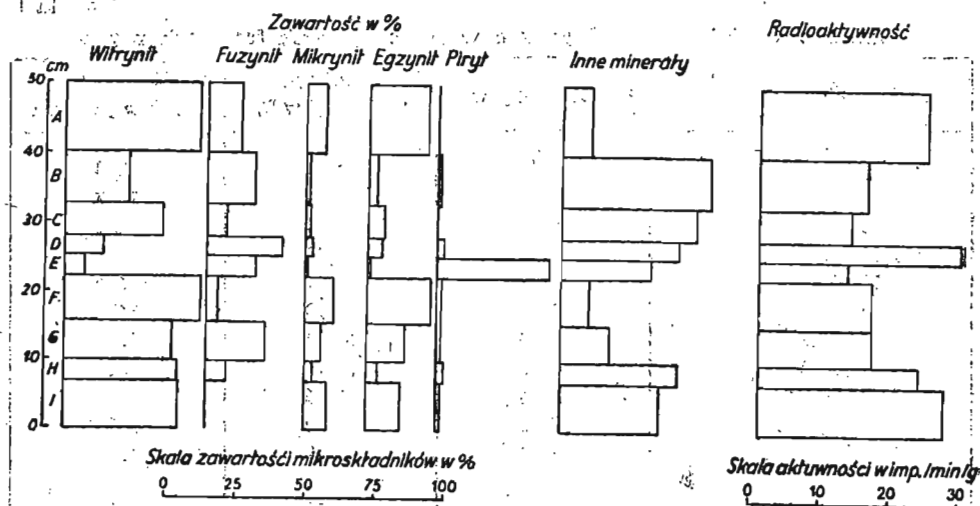


Fig. 1a. Skład i aktywność próbki węgla z pokładu V
Composition and activity of sample of coals from seam V

niki tej analizy z pomiarami ich radioaktywności. Badania powyższe wykonano dla wkładki rudnej pokładu V. Miąższość jej wynosiła 50 cm. Wydzielono w niej 9 próbek oznaczonych na wykresie symbolami A — I. W każdej z nich wykreślono w jednakowej skali zawartość mikroskładników, wyodrębniając witrynit, fuzynit, mikrynit, egzynit, piryt oraz inne pozostałe minerały. Równoległe z wykresem zawartości mikroskładników naniesiono po prawej jego stronie punkty radioaktywności poszczególnych próbek. Łącząc poszczególne punkty linią schodkową otrzymano wykres radioaktywności całej miąższości wkładki rudnej. Jak wynika z wykresu widoczna jest pewna korelacja ilościowa pomiędzy zawartością witrynit w węglu, a jego radioaktywnością, a co za tym idzie i jego okruszcowaniem uranem.

BADANIA GEOCHEMICZNE PRÓB FRAKCYJONOWANYCH

Dla ustalenia związku mineralizacji uranowej z substancją organiczną węgla, próbkę węgla o ciężarze 20 kg poddano rozrobieniu i przesianiu przez sито o średnicy 15 mm¹. Próbki o ciężarze 5 kg, wydzielone metodą kwartowania, rozdzielono na 12 sitach (od 15 mm do 0,044 mm) i określono dla każdej frakcji zawartości uranu w węglu i zawartości części nieorganicznych (popiołu). Wyniki tych prac przedstawiono na tabeli 1.

Następnie przeprowadzono badania nad rozdziałem uranu w węglach w zależności od ich uziarnienia i ciężaru właściwego. W tym celu próbkę

¹ Badania powyższe wykonała inż. Emilia Tufegdź w Instytucie Technologicznym Surowców Mineralnych w Belgradzie w r. 1959. Rozdział na frakcje wykonano wzorując się na pracy L. A. Bergera, M. Deula i S. Rubinsteina (1955).

Tabela 1

Wyniki zawartości uranu i popiołu w poszczególnych frakcjach węgla

Uziarnienie w mm	Wychód frakcji w %	Zawartość popiołu we frakcji w %	Zawartość uranu w g/t węgla
15—10	4,78	72,37	854
10—3,36	31,61	58,95	1857
3,36—2,00	24,10	54,34	2120
2,00—1,19	12,81	58,98	1717
1,19—0,50	10,78	57,67	1685
0,50—0,30	5,40	56,79	1632
0,30—0,21	2,75	55,67	1505
0,21—0,15	2,01	54,71	1500
0,15—0,108	1,34	53,36	1525
0,108—0,088	0,91	55,29	1365
0,088—0,053	0,97	55,31	1355
0,053—0,044	0,81	57,22	1240
poniżej 0,044	1,73	60,04	1305

Tabela 2

Wyniki analizy na zawartość uranu w poszczególnych frakcjach węgla

Ciężar właściwy cieczy	Zawartość uranu w g/t węgla							
	+10,0 mm	+3,36 mm	+2,0 mm	+1,19 mm	+0,5 mm	+0,3 mm	+0,108 mm	—0,108 mm
plywa 1,3	—	1675	521	381	195	—	—	—
„ 1,4	—	3870	1489	1751	607	—	—	—
„ 1,5	—	5050	4040	2563	1903	—	—	—
„ 1,6	—	5650	4600	3425	1893	—	—	—
„ 1,7	5750	5200	4227	3180	3440	—	—	—
„ 1,8	806	3047	2962	2461	1886	1142	935	883
tonie 1,8	388	1750	1375	1452	1618	1850	1015	1824

o ciężarze 5 kg rozdzielono w cieczach ciężkich (mieszanina bromoformu i czterochloru węgla) o ciężarach właściwych: 1,3/ 1,4/ 1,6/ 1,7 i 1,8. Tak uzyskane frakcje przesiano przez sita o wymiarach oczek: 10 mm, 3,36 mm, 2 mm, 1,19 mm, 0,05 mm, 0,3 mm i 0,108 mm i każdą z wydzielonych frakcji poddano analizie na zawartość uranu w węglu (tab. 2).

Analizując wyniki zestawione w tabeli nr 1 można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Zawartość uranu w węglu największa jest w ziarnach węglowych o wielkości 1÷10 mm. Dla ziarn mniejszych, jak i większych zawartość ta ulega obniżeniu.

2. Zawartość popiołu, a więc substancji nieorganicznych w węglach jest stała dla wszystkich frakcji węgla (z wyjątkiem ziarn wielkości powyżej 10 mm) i utrzymuje się w granicach 53÷60%.

Wyniki te wskazują na brak związku mineralizacji uranowej z substancją nieorganiczną węgla, a więc na brak powiązania jej z minerałami

ilastymi, węglanami, siarczkami i kwarcem. W wypadku istnienia takiej współzależności należałoby oczekiwać korelacji liniowej pomiędzy zawartościami popiołu w każdej frakcji oraz uranu w węglu.

Analiza wyników rozdziału w cieczach ciężkich (tabela nr 3) pozwala również na wyprowadzenie szeregu wniosków. Można je sprecyzować w sposób następujący:

1. Najbogatsze w uran są grupy węgla o ciężarze właściwym w granicach $1,4 \div 1,7 \text{ g/cm}^3$. Grupy lżejsze, jak i cięższe charakteryzują się uboższym zmineralizowaniem. Ma to najprawdopodobniej związek ze stwierdzonym już innymi metodami powiązaniem mineralizacji uranowej (w pierwszym rzędzie) z węglami typu witytowego.

2. Najzasobniejsze w uran są (dla tych grup) ziarna wielkości $10 \div 1 \text{ mm}$. Spostrzeżenie to pokrywa się z wynikami badań makroskopowych, odbitek stykowych i makroradiografii, gdzie stwierdzono najbogatsze okruszcowania o analogicznym uziarnieniu.

CHARAKTER MINERALOGICZNY KONCENTRACJI URANONOŚNYCH

Identyfikacja mineralogiczna koncentracji uranowych w badanym węglu jest utrudniona. Zawodzą tu bowiem metody optyczne. Dla stwierdzenia czy w węglach mamy do czynienia z minerałami uranu, w stanie zwartym czy też w postaci rozproszonych skupień, poddano próbkę tych węgla rozdziałowi w cieczy ciężkiej². W tym celu rozdrobnioną próbkę węgla uranonośnego rozdzielono w cieczy ciężkiej o ciężarze właściwym $2,65 \text{ g/cm}^3$ (mieszaniną heksanu z czterochlorkiem węgla) na frakcję lżejszą i cięższą. Z rozdziału otrzymano rezultaty podane w tab. 3.

Tabela 3

Wyniki rozdziału węgla w cieczy ciężkiej

Ciężar właściwy frakcji	Stosunek ciężaru wzajemnego wydzieli. frakcji w %	Zawartość uranu w g/t węgla	Wychód uranu w %
lżejsza od $2,65 \text{ g/cm}^3$	92,6	1360	93,4
cięższa od $2,65 \text{ g/cm}^3$	7,4	1202	6,6
	100,00		100,00

Wyniki te wskazują, że prawie cały uran (około 93%) wiązany jest w skupiskach o ciężarze właściwym poniżej $2,65 \text{ g/cm}^3$. Eliminuje to możliwość występowania zwartych, jednorodnych koncentracji błędy smolistej lub minerałów powstałych wskutek jej utlenienia. Mamy natomiast do czynienia ze związkami uranu lub jego minerałami w stanie silnego rozproszenia w substancji węglowej.

Badania rentgenowskie próbek pobranych z najbogatszych skupień rudnych wykazały, że próbki zawierają dwie fazy krystaliczne, a mianowicie: piryt i uraninit lub nasturan (tab. 4). Obie fazy są jednak albo

² Rozdział w cieczach ciężkich i określenie zawartości uranu wykonano w r. 1959 w Instytucie Technologicznym Surowców Mineralnych w Belgardzie.

ślabo przekryształizowane, lub bardzo drobnoziarniste, gdyż charakteryzują się niepełnym zestawem linii widm charakterystycznych dla obu minerałów. Poza tym linie te są na ogół nieczyste, częściowo rozmyte.

Tabela 4
Wyniki analizy rentgenograficznej*

Faza	do A	I
PU	3.110	10 r
PU	2.705	10
P	2.419	7
P	2.212	4
PU	1.913	8
PU	1.632	9
P	1.449	2
PU	1.044	1
U	0.9611	1

P — prytyt, U — nasturan (uraninit), r — linia rozmyta
* Analizy wykonał J. Kubisz
A.G.-H. Kraków

Stwierdzenie czy mamy do czynienia ze słabym przekryształizowaniem minerałów, czy też z wielkim ich rozdrobnieniem jest trudne do zdefiniowania, gdyż obie te cechy wywołują zbliżone efekty.

Badania powyższe wskazują, że w węglach mamy do czynienia z silnie utlenionymi związkami uranowymi w postaci czerni lub ewentualnie silnie zdyspergowanego nasturanu. Przypuszczenia te mogą dodatkowo potwierdzić łatwości ługowania tych związków uranowych przez słabe roztwory kwasów (metoda odbitek stykowych).

Zjawisko to jest charakterystyczne dla tlenków uranu o najwyższym stopniu utlenienia. Poza tym charakter rozmieszczenia skupień rudnych (uranowych), jak i ich dość częsty związek z markasytem przemawiają za powyższymi przypuszczeniami.

UWAGI DOTYCZĄCE GENEZY OKRUSZCOWANIA URANOWEGO WĘGLI

Związek mineralizacji uranowej z węglami oraz obserwowane często syngenetyczne formy okruszcowania mogą nasuwać przypuszczenie, iż uran nagromadził się w węglu kosztem zawartości tego metalu w żywych roślinach. Studia przeprowadzone przez J. Hoffmanna (1943) w celu zbadania sorbcji uranu przez żywe rośliny wykazały, że rośliny adsorbują zazwyczaj małe ilości uranu, rzędu poniżej jednej części na milion. Nawet jeśli uwzględnia się maksimum czynników sprzyjających koncentracji, ilość sorbowanego tą drogą uranu wydaje się być za małą, aby wyjaśnić jego większe nagromadzenie w węglu. Również I. A. Breger, M. Duel i S. Rubinstein (1955) oraz A. G. Bietiechtin (1959) uważają, że uran nie jest genetycznie związany z węglem. Należy zatem przyjąć, że uran jest allochtoniczny i źródłem jego jest otaczający kontynent. Syngenetyczne formy okruszcowania uranowego wskazują, że uran został wylugowany z otaczających masywów i przetransportowany następnie przez wody do zbiornika sedymentacyjnego, gdzie został przechwycony przez substancję organiczną węgla.

Na karbońskiej powierzchni erozyjnej masywów okalających śród-sudecki basen sedymentacyjny występować musiały związki uranowe. Mogły to być koncentracje w postaci drobnych złóż lub większe kompleksy skalne o wysokim klarku uranu. Do tych ostatnich zaliczane są skały magmowe kwaśne typu granitoidów, zawierające na milion części skały do 5 części uranu. Najbardziej prawdopodobnym pierwotnym źródłem uranu węgla karbońskich zagłębia dolnośląskiego były kwaśne skały wylewne i intruzje granitoidów oraz związane z nimi utwory

hydrotermalne i pegmatytowe. Głównym źródłem uranu mogły być wylewy porfirowo-melafirowe i skały tufogeniczne, notowane w pięttrze westfalskim.

Doniosłe znaczenie w procesie ługowania uranu miał zespół czynników klimatycznych. Piętro stefzańskie charakteryzowało się klimatem mniej jednolitym niż okresy poprzednie. Okresy tropikalne przeplątywały się tu z porami o klimacie gorącym i suchym, zbliżonym do pustynnego. W okresach suchych na plan pierwszy wysuwało się wietrzenie mechaniczne, w okresach natomiast wilgotnych dominował rozkład chemiczny. Następowanie po sobie okresów wilgotnych i suchych powodowało znaczne wahania poziomów wód gruntowych, w efekcie czego strefa wietrzenia mogła osiągnąć znaczne miąższości. Ponieważ cały karbon górny jest okresem gorącym, wietrzenie chemiczne było bardzo intensywne.

W warunkach szybkiego wietrzenia stref oksydacyjnych, uran przechodzi do roztworów w formie 6-cio wartościowej. Rozpuszczone związki uranu były wynoszone przez wody meteoryczne i transportowane przez nie do zbiornika sedymentacji. Uran znajdujący się w formie jonu uranylowego lub produktów hydrolizy jego soli, pozostawał w roztworze, aż do chwili zmiany warunków środowiska. Głównymi czynnikami warunkującymi utrzymanie się związków uranowych w roztworach był potencjał oksydacyjno-redukcyjny (Eh około 40 mV) i zawartość rozpuszczonych gazów (obecność O_2). Spadek wartości Eh powodował wytrącanie się uranu.

W zbiorniku sedymentacyjnym zmiana warunków następowała wraz ze zmianą charakteru sedymentacji. Sedymentacja organogeniczna pociągała za sobą zmiany w reżimie geochemicznym sedymentu. Ulegała zmniejszeniu zawartość tlenu przy równoczesnym wzroście zawartości węglowodorów. Powodowało to gwałtowny spadek potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (Eh przybierało wówczas wartości ujemne). Jednocześnie rozkład substancji organicznej prowadził do powstania siarkowodoru, który w danych warunkach powodował wytrącanie siarczków (markasyt) i redukcję jonu uranylowego ($U^{6+} \rightarrow U^{4+}$). Reakcje te zachodziły prawdopodobnie w zolach, które w procesie uwęglania zostały przekształcone w substancję wityrynitową. Świadczyć o tym może rytmiczno-wstęgowa tekstura wydzieleni związków uranu i wityrynit.

Wielką rolę w odkładaniu się uranu w węglach odgrywały prawdopodobnie procesy sorbcji. Zjawiska te mogły mieć miejsce w różnych etapach formowania się złóż. Mogły się one zapoczątkować już pod koniec sedymentacji i osiągać swe maksimum w czasie diagnezy i uwęglania substancji roślinnej. Pewną rolę mogły one również odegrać w procesach epigenetycznych.

Tak jak wytrącanie się uranu z roztworów uwarunkowane było głównie wielkością Eh, tak w procesach sorbcji decydującym czynnikiem wpływającym na wydzielanie się uranu było pH środowiska. Zjawisko adsorbcji uranu uzależnione było w dużym stopniu od wielkości potencjału elektrokinetycznego (ζ) sorbenta i osiągało swe maksimum przy ekstremalnych jego wartościach. Według danych E. W. Rożkovej i innych (195b) węgle wykazują maksymalną wartość potencjału elektrokinetycznego (około -70 mV) przy kwasowości środowiska równej

pH 5÷6. Dane te otrzymano na drodze eksperymentalnej. Wyniki tą drogą otrzymane są zgodne z obserwacjami współczesnych torfowisk (A. G. Bietiechtin, 1959), gdzie związki uranowe odkładają się na gnijących szczątkach roślinnych i substancji humusowej przy pH równym 5,5÷6,0.

Jak już wspomniano wyżej, sorbcja uranu mogła mieć miejsce w szerokim czasokresie formowania się złóż. Uran mógł być wychwytywany przez rozkładające się szczątki roślinne z roztworów wód ilowych nieskonsolidowanego osadu. Mógł on być również sorbowany w okresie starzenia się koloïdów, a więc w procesie wityrynizacji kserozelu węglowego. Kształtowany w tym procesie kserozel, dysponujący wielką energią powierzchniową był szczególnie predysponowany do wychwytywania uranu z otaczających roztworów.

Wyraźnie syngenetyczny charakter zasadniczej części mineralizacji uranowej w badanych węglach wydaje się przeczyć większej roli sorbcji uranu przez węgle, już po okresie uwęglenia. Notowane są jedynie drobne przejawy mineralizacji uranowej o charakterze epigenetycznym. Są to stosunkowo rzadko spotykane koncentracje czerni regenerowanej wokół szczelin i pęknięć w węglu. Mineralizacja ta o cechach zjawiska epigenetycznego wydaje się być wywołana wtórną mobilizacją uranu wewnątrz pokładu węglowego.

Szeroko lansowana przez badaczy amerykańskich (N. M. Denson, 1952/55/57; J. R. Gill, 1954/57; G. B. Gott, 1952; W. J. Hail, 1953; W. J. Mapel, 1957; H. Masursky 1955/57; R. L. Miller, 1954; W. G. Moore, 1957; G. N. Pipiryngos, 1955; J. D. Vins, 1952) hipoteza epigenetycznego pochodzenia uranu w zachodnioamerykańskich uranonośnych złożach węgla i lignitów pochodzenia limnicznego nie wydaje się znajdować potwierdzenia w złożu okrzyszyskim. Zachodnioamerykańskie węgle i lignity uranonośne są bowiem z zasady dużo młodsze (górnokredowe i trzeciorzędowe), a mineralizacja uranowa ma tam wyraźny związek z nadległymi kwaśnymi tufami i z przepuszczalnością skał stropowych. Niemniej, jak to stwierdzają M. R. Klepper i D. G. Wyant (1957), również na terytorium USA istnieją złoża węgla uranonośnych, których powstanie nie można łączyć ani z obecnością nadległych tufów, ani ze strefami porowatych skał nadległych. Złoża te, podobnie jak i węgierskie (S. Szalay, 1954), wydają się być analogicznej genezy jak okrzyszyskie.

Notowane w tych węglach przejawy mineralizacji siarczkowej (prócz syngenetycznych skupień markasytu i pirytu melnikowitowego) należy odnieść do zjawisk epigenetycznych. Mineralizacja ta wiąże się z szczelinowatością skalną i jest płonna pod względem uranonośności. Źródła tej mineralizacji, jak również kalcytu i kwarcu wypełniającego szczeliny w węglu, należy dopatrywać się w mobilizacji wewnętrznej, która swym zasięgiem mogła obejmować zarówno pokład węgla, jak i leżące nad nim wapniste piaskowce arkozowe. Hydrotermalne pochodzenie siarczków wydaje się być mało prawdopodobne.

PIŚMIENNICTWO

- БЕТЕХТИН А. Г. (1959) — Об экзогенных процессах образования урановых месторождений. Геология рудных месторождений, 6, стр. 5—26. Акад. Наук СССР.
- BREGER I. A., DEUL M., RUBINSTEIN S. (1956) — Geochemistry and mineralogy of a uraniferous lignite. *Econ. Geol.*, 50, p. 206—228. New Haven.
- DENSON N. M. i inni. (1952) — Summary of uranium-bearing coal, lignite and carbonaceous shale investigations in the Rocky Mountain region during 1951 with descriptions of deposits by G. O. Bachman and others. *Geol. Survey, U. S., TEM-341*, p. 44. Washington.
- DENSON N. M., GILL I. R. (1956) — Lignites uranifères de l'est du Montana et des Dakotas et leurs rapports avec des tufs volcaniques. *Actes de la Conférence internationale sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques*, 6, p. 528—532, Genève.
- DENSON N. M., BACHMAN G. O., ZELLER H. D. (1957) — Uranium-bearing lignite and its relation to the White River and Arikaree formations in northwestern South Dakota and adjacent States. *Geol. Survey, U.S. Bull.*, 1055-B. Washington.
- GILL I. R. (1954) — Ekalaka lignite field, Carter Country, Montana, in *Geologic investigations of radioactive deposits. Geol. Survey U.S., TEI-440*, p. 109—112. Washington.
- GILL I. R., ZELLER H. D. (1957) — Results of core drilling for uranium-bearing lignite Mendenhall area, Harding Country, South Dakota. *Geol. Survey U.S., Bull.* 1055-D. Washington.
- GOTT G. B., WYANT D. G., BERONI E. P. (1952) — Uranium in black shales, lignites and limestones in the United States. *Geol. Survey U.S., Circ.*, 220, p. 31—35. Washington.
- HAIL W. I., GILL I. R. (1953) — Results of reconnaissance for uraniferous coal, lignite, and carbonaceous shale in western Montana. *Geol. Survey U.S., Circ.*, 251, p. 9. Washington.
- HOFFMANN J. (1943) — Uran in Kohlen und Torf. *Chemie d. Erde*, 15, p. 277—282. Jena.
- KLEPPER M. R., WYANT D. G. (1957) — Notes on the geology of uranium. *Geol. Survey U.S., Bull.*, 1046-F, p. 87—148. Washington.
- MAPEL W. I., HAIL W. I. (1957) — Tertiary geology of the Goose Creek district, Cassia Country, Idaho, Box Elder Country, Utah, and Elko Country, Nevada. *Geol. Survey U.S., Bull.*, 1055-H. Washington.
- MASURSKY H. (1956) — Éléments présents à l'état de traces dans le charbon du Red Desert (Wyoming). *Actes de la Conférence internationale sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques*, 6, p. 521—527. Genève.
- MASURSKY H., PIPIRYNGOS G. N. (1957) — Preliminary report on uranium-bearing coal in the Red Desert, Great Divide Basin, Sweet water Country, Wyoming. *Geol. Survey U.S., Bull.*, 1955-G. Washington.
- MILLER R. L., GILL I. R. (1954) — Uranium from coal. *Amer. J. Sc.*, 191, p. 36—39. New Haven.
- MOORE G. W., MELIN R. E. (1957) — Uranium-bearing lignite in southwestern North Dakota. *Geol. Survey U.S., Bull.*, 1955-E. Washington.

- PIPIRYNGOS G. N. (1956) — Les charbons uranifères de la partie centrale du Great Divide Basin, comté de Sweetwater (Wyoming). Actes de la Conférence internationale sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques, 6, p. 549—554. Genève.
- РОЖКОВА Е. В., РАЗУМНАЯ Е., ЩЕРДАК О. В. (1958) — Роль сорбции в концентрации урана в осадочных породах. Труды Втор. Междунар. Конфер. по мирн. атом. энергии. Докл. совет. учен., 3, стр. 13—32. Илленва (1958), Москва (1959).
- SCHOPF J. M., GRAY R. J. (1954) — Microscopic studies of uraniferous coal deposits. Geol. Survey U. S., Bull. 343, Washington.
- SZALAY S. (1954) — The enrichment of uranium in some brown coals in Hungar. Magyar Tudom. Akad. Acta Geol., 2, p. 299—310.
- VINE I. D., MCORE G. W. (1952) — Uranium-bearing coal and carbonaceous rocks in the Fall Creek area, Bonneville Country, Idaho., U.S., Geol. Survey U.S., Circ., 212, p. 10. Washington.
- WRÓBLEWSKI T. (1962) — Przejawy mineralizacji uranowej w warstwach radwanickich. Kwart. Geol., 6, p. 816—817, nr 4. Warszawa.

Богдан НЕЛЮБОВИЧ, Тымотеуш ВРУБЛЕВСКИ

О УРАНОВОМ ОРУДЕНЕНИИ УГЛЕЙ РАДВАНИЦКИХ СЛОЕВ НИЖНЕЙ СИЛЕЗИИ

Резюме

Исследовались угли радваницких слоев стефанского яруса, Окжешинского угольного бассейна Нижней Силезии.

Для выяснения характера уранового оруденения пробы угля двух угольных пластов изучались под микроскопом в отраженном свете, методом контактных отпечатков, радиографическим и рентгенографическим методами. Произведены также геохимические исследования фракционированных проб и количественный петрографический анализ углей, результаты которого были сопоставлены с данными радиометрических измерений.

Результаты исследований указывают на возможность выделения в изучаемых углях трех типов уранового оруденения, а именно: 1) минерализация, соответствующая слоистости углей, 2) минерализация в виде нерегулярных скоплений, приуроченных к конкрециям марказита и 3) минерализация зон окружающих трещины в углях. Результаты микроскопических исследований, а также количественного петрографического анализа, в сопоставлении с данными радиометрических измерений указывают на то, что имеется отчетливая корреляция между содержанием в угле витринита и его урановым оруденением. Результаты геохимических исследований фракционированных проб углей указывают на то, что нет связи между урановым оруденением и неорганическим веществом углей. Геохимические исследования, а также рентгенографический анализ указывают на присутствие урана в углях в виде сильно окисленных соединений урана и, возможно, в виде урановой черни или сильно рассеянного настурана.

Независимо от уранового оруденения окжешинские угли характеризуются наличием сульфидной и кальцитово-кварцевой минерализации.

Взаимотношения урановой и сульфидно-кальцитово-кварцевой минерализации указывают на следующую последовательность образования: сингенетическая урановая мине-

риализация, соответствующая слоистости и сингенетическая минерализация приуроченная к скоплениям пирита и марказита, 2) вторичная урановая минерализация, приуроченная к трещинам в угле, 3) сульфидная минерализация приуроченная к трещинам (галенит, пирит, халькопирит), 4) кальцитово-кварцевая минерализация.

Результаты исследований указывают на сингенетический характер большей части уранового оруденения. Отмечаются лишь мелкие проявления минерализации эпигенетического характера. Кажется, что минерализация второго типа вызвана вторичными процессами внутри угольного пласта.

Bohdan NIELUBOWICZ, Tymoteusz WRÓBLEWSKI

A CONTRIBUTION TO RECOGNIZE THE URANIUM MINERALIZATION IN COALS OF THE RADWANICE BEDS OF LOWER SILESIA

S u m m a r y

The coals from the Radwanice beds of the Stephanian stage, occurring in the Carboniferous coal basin at Okrzeszyn, Lower Silesia, have been investigated.

In order to determine the character of the uranium mineralization, the coal samples from two coals seams have been examined under microscope in reflected light, by the method of contact refraction patterns, during radiographic observations and by means of X-ray analysis. Furthermore, also geochemical examinations on the fractionated samples, as well as quantitative petrographical analysis of the coals have been made and then compared with the radiometric tests.

The results obtained indicate a possibility to distinguish here three forms of uranium mineralization in the coals examined, i.e.: 1) mineralization conformable to the stratification of coal; 2) mineralization in shape of irregular concentrations connected with the marcasite concretions; and 3) mineralization of zones surrounding fissures existing in coal. Both the microscope examinations and the quantitative-petrographical analysis of coals, compared with the radiometric measurements, point at a distinct quantitative correlation existing between contents of vitrinite in coal and its uranium mineralization. The results of geochemical examinations on samples of fractionated coals reveal no connections to exist between uranium mineralization and anorganic coal substance. Both geochemical examinations and X-ray analysis show the presence of uranium in coals in shape of strongly oxidized uranium compounds, probably occurring as uraninite or strongly dispersed pitchblende.

Independently of uranium mineralization the Okrzeszyn coals are characteristic of sulphide and calcite-quartz mineralizations, too.

The mutual relations of both uranium and sulphide-calcite-quartz mineralizations point at the following succession existing during the precipitation: 1) syngenetic uranium mineralization connected with the concentrations of pyrite and marcasite, 2) secondary uranium mineralization connected with the fissures in coal, 3) sulphide mineralization connected with the fissures (galena, pyrite, chalcopyrite), and 4) calcite-quartz mineralization.

The results of the investigations made indicate a syngenetic character of the main part of the uranium mineralization. There are also recorded minute occurrences of mineralization having an epigenetic character. Mineralization of the second type seems to be brought about by secondary mobilization within a coal seam.

TABLICA I

- Fig. 2. Radiogram. Mineralizacja uranowa zgodna z uwarstwieniem węgla; białe smugi odzwierciedlają rozmieszczenie substancji radioaktywnych
Radiogram showing uranium mineralization concordant with the stratification of coal; white streaks indicate distribution of radioactive substances
- Fig. 3. Radiogram. Mineralizacja zgodna z uwarstwieniem węgla; białe smugi odzwierciedlają rozmieszczenie substancji radioaktywnych
Radiogram showing uranium mineralization concordant with the stratification of coal; white streaks indicate distribution of radioactive substances
- Fig. 4. Radiogram. Mineralizacja uranowa zgodna z uwarstwieniem węgla; jasne pola odzwierciedlają rozmieszczenie substancji radioaktywnych
Radiogram showing uranium mineralization concordant with the stratification of coal; light-coloured areas indicate distribution of radioactive substances
- Fig. 5. Radiogram. Mineralizacja uranowa stref otaczających szczeliny w węglu; jasne pola odzwierciedlają rozmieszczenie substancji radioaktywnych
Radiogram showing uranium mineralization of the zones surrounding fissures in coal; light-coloured areas indicate distribution of radioactive substances



Fig. 2

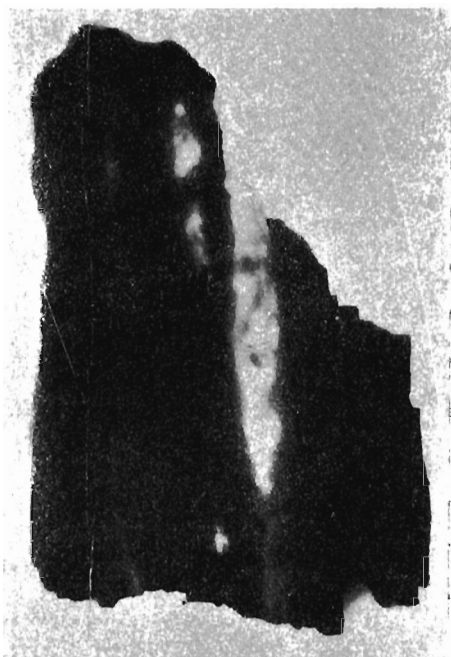


Fig. 3



Fig. 4

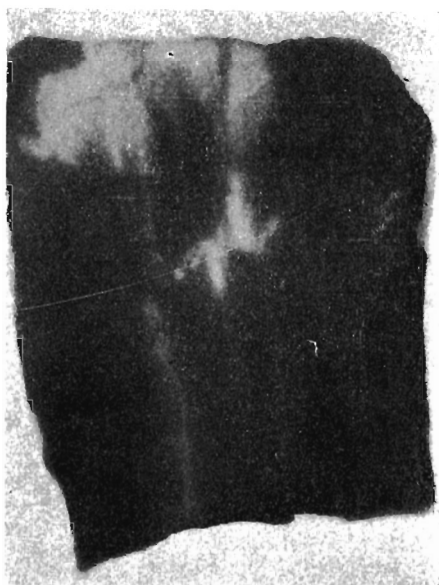


Fig. 5

TABLICA II

Fig. 6. Radiogram. Mineralizacja uranowa zgodna z uwarstwieniem węgla; przykład nieciągłości wkładki rudnej, spowodowanej spękaniem węgla i wypełnieniem szczelin kalcytem; jasne pola odzwierciedlają rozmieszczenie substancji radioaktywnych

Radiogram showing uranium mineralization concordant with the stratification of coal; example of discontinuity of an ore interbedding, caused by a fracture of coal and by filling of fissures with calcite; light-coloured areas indicate distribution of radioactive substances

Fig. 7. Radiogram. Mineralizacja uranowa o charakterze nieregularnych skupień związanych z koncentracjami markasytowymi; jasne pola odzwierciedlają rozmieszczenie substancji radioaktywnych

Radiogram showing uranium mineralization in shape of irregular concentrations connected with the marcasite concretions; light-coloured areas indicate distribution of radioactive substances

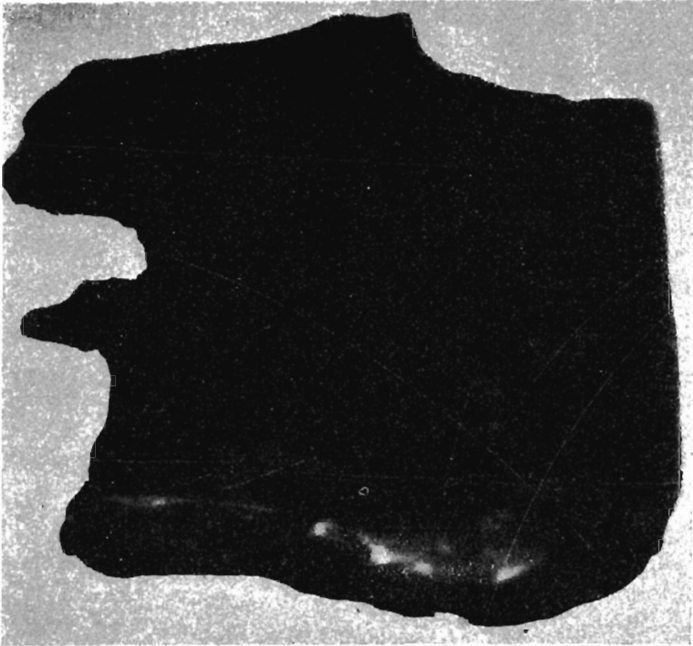


Fig. 6

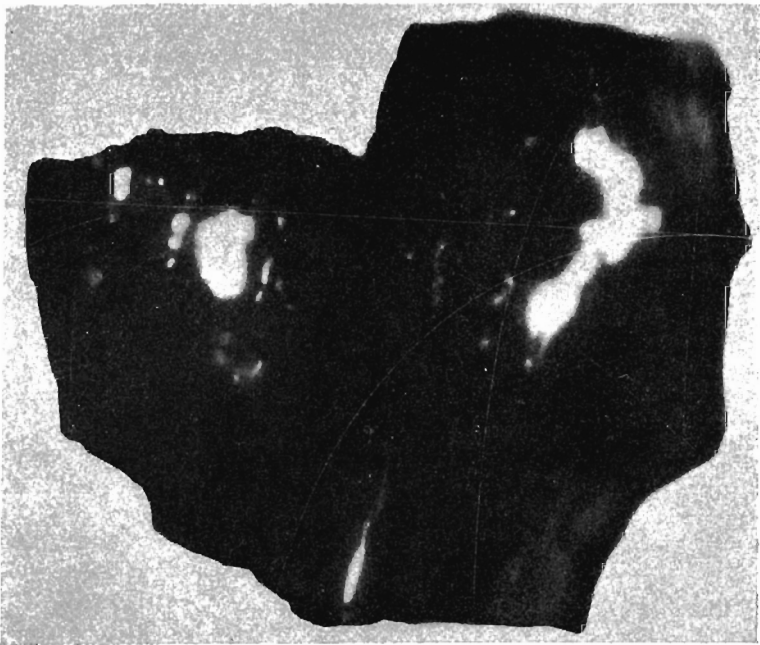


Fig. 7

Bohdan NIELUBOWICZ, Tymoteusz WRÓBLEWSKI — przyczynek do poznania okruszczowata uranowego w węglach warstw radwanickich na Dolnym śląsku

TABLICA III

Fig. 8. Mikroradiogram. Odbitka z płyty alfa-autoradiograficznej typu M-2, mikroskupienia torów alfa (czarne) w formie nieregularnych falistych lamin; pow. około 115 X

Microradiogram. Print of an alpha-autoradiographic plate, type M-2; micro-concentrations of alpha tracks (black) in shape of irregular wavy laminae; X \pm 115

Fig. 9. Mikroradiogram. Odbitka z płyty alfa-autoradiograficznej typu M-2, strefa o dość równomiernym rozmieszczeniu torów promieniowania alfa; pow. około 290 X

Microradiogram. Print of an alpha-autoradiographic plate, type M-2; zone of fairly uniform distribution of tracks of alpha radiation; X \pm 290

Fig. 10. Mikroradiogram. Odbitka z płyty alfa-autoradiograficznej typu M-2; dwa centra o wysokiej radioaktywności w strefie silnie zmineralizowanej, czarne tory promieniowania alfa; pow. około 290 X

Microradiogram. Print of an alpha-autoradiographic plate, type M-2; two centres of high radioactivity in the strongly mineralized zone; black colour-tracks of alpha radiation; X \pm 290

Fig. 11. Mikroradiogram. Odbitka z płyty alfa-autoradiograficznej typu M-2, punkty o silnej aktywności promieniowania alfa na tle strefy słabo zmineralizowanej, czarne linie — tory promieniowania alfa; pow. około 290 X

Microradiogram. Print of an alpha-autoradiographic plate, type M-2; points of strong activity of alpha radiation on background of a feebly mineralized zone; black lines show tracks of alpha radiation; X \pm 290

Fig. 12. Mineralizacja uranowa w wityrynicie. Strefy jasnoszare, rozjaśnione po brzegach — wityrynit, strefy ciemnoszare — mineralizacja uranowa, strefy czarne — spękania, częściowo wypełnione kalcytem. Światło odbite, nikole skrzyż.; pow. około 38 X

Uranium mineralization in vitrinite. Light-grey zones, brighter at margins show occurrences of vitrinite, dark-grey zones — uranium mineralization, black zones show fissures partly filled with calcite. Reflected light; crossed nicols; X \pm 38

Fig. 13. Mineralizacja uranowa w wityrynicie. Strefy jasnoszare rozjaśnione po brzegach — wityrynit, ciemnoszare — mineralizacja uranowa, czarne smugi zgodne z uławiczeniem — spękania wolne, czarne szczeliny poprzeczne wypełnione kalcytem, widoczna duża plama po stronie prawej u dołu — piryt melnikowity. Światło odbite; nikole skrzyż.; pow. około 100 X

Uranium mineralization in vitrinite. Light-grey zones (brighter at margins) show occurrences of vitrinite, dark-grey zones — uranium mineralization, black streaks concordant with the stratification show void fissures, black transversal fissures are filled with calcite, the large spot in the right-hand bottom — melnikovite pyrite. Reflected light, crossed nicols; X \pm 100

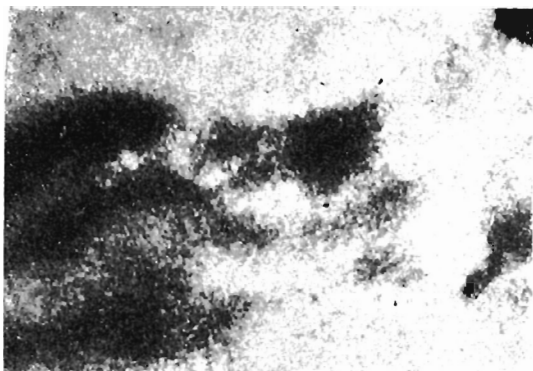


Fig. 8

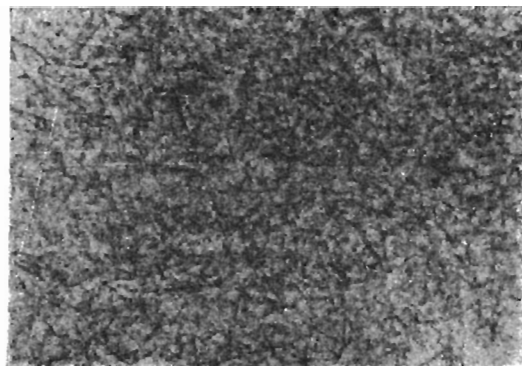


Fig. 9

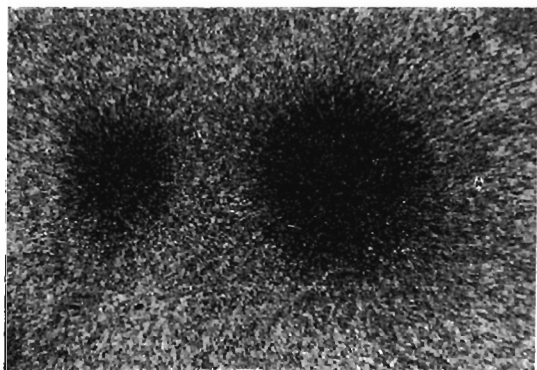


Fig. 10

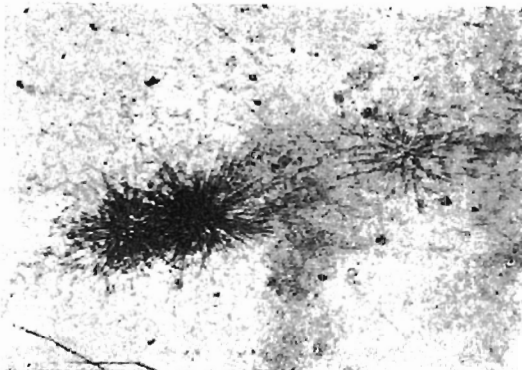


Fig. 11



Fig. 12



Fig. 13

TABLICA IV

Fig. 14. Nerkowate skupienie mineralizacji uranowej (czerni) zawarte w warstewce węgla wityrynitowego. Skupienie czerni — ciemnoszare, w kontakcie z czernią ziarnko galeny, wityrynit (jasnoszary) uległ wyraźnemu rozjaśnieniu w kontakcie z czernią. Światło odbite, nikole skrzyż.; pow. około 280 X

Kidney-shaped concentration of uranium mineralization (uraninite) within a lamella of vitrinite. Uraninite concentration is dark-grey, at the contact with the uraninite a galena grain occurs, at the contact with the uraninite the light-grey vitrinite turned distinctly lighter. Reflected light, crossed nicols; X ± 280

Fig. 15. Wydłużone skupienia mineralizacji uranowej w cieście wityrynitowym z rozproszonym markasytem. Rozjaśnienia wityrynit na kontakcie z czerniami. Światło odbite, nikole równoległe; pow. około 180 X

Elongated concentrations of uranium mineralization in the vitrinite matrix with scattered marcasite. Lighter tint of vitrinite at the contact with the uraninites. Reflected light, parallel nicols; X ± 180

Fig. 16. Kontakt fuzynitu o łukowej budowie z wityrynitom, zawierającym dyspersyjnie rozproszoną mineralizację uranową. Od góry ku dołowi widoczny jest stopniowy zanik tkanek fuzynitowych na korzyść wityrynit zmineralizowanego związkami uranu. Wityrynit zmineralizowany uranem — szary, żyłki kalcytowe — ciemnoszare. Światło odbite; pow. około 280 X

Contact of fusinite showing arc structure with vitrinite containing an uranium mineralization dispersively scattered. In descending order the gradual disappearance of fusinite tissues and increasing of vitrinite mineralized by uranium compounds are visible. Vitrinite mineralized by uranium is grey, calcite veinlets — dark-grey. Reflected light; X ± 280

Fig. 17. Przykład mineralizacji uranowej i siarczkowej w wityrynicie. Szczelina poprzeczna wypełniona chalkopirytem (u dołu szczeliny) i galeną (u góry), mineralizacja uranowa w formie wsiąku okalającego szczelinę w wityrynicie (po prawej) oraz wydłużonego skupienia po lewej. Pola szare — wityrynit, ciemnoszare — skupienia uranonośne, białe — chalkopiryt i galena, czarne — puste szczeliny zgodne z uławiczeniem, widoczne rozjaśnienia wityrynit wokół substancji radioaktywnych. Światło odbite, nikole równoległe; pow. około 280 X

Example of both uranium and sulphide mineralizations in vitrinite. Transversal fissures is filled with chalkopirite (at the bottom of fissures) and with galena (at the top), uranium mineralization in shape of an infiltration surrounding fissure in vitrinite (at right), and of an elongated concentration (at left). Grey areas show vitrinite dark-grey areas — uranium-bearing concentrations, white — chalkopirite and galena, black areas show void fissures concordant with the stratification light-coloured vitrinite surrounding radioactive substance in visible. Reflected light, parallel nicols; X ± 280

Fig. 18. Szczelina w wityrynicie zmineralizowana galeną (biała), wityrynit (szary) w otoczeniu szczeliny zmineralizowanej uranem (ciemnoszary). Światło odbite; pow. około 280 X

Fissure in vitrinite, mineralized by galena (white), vitrinite (grey) surrounding fissures is mineralized by uranium (dark-grey). Reflected light; X ± 280

Fig. 19. Szczelina w wityrynicie zmineralizowana galeną (biała), wityrynit (jasnoszary) w otoczeniu szczeliny zmineralizowanej uranem (ciemnoszary), częściowo szczelina poprzeczna i pionowa wypełniona kwarcem i kalcjtem. Światło odbite, pow. około 280 X

Fissure in vitrinite, mineralized by galena (white), vitrinite (light-grey) near by the fissure is mineralized by uranium (dark-grey), both transversal and vertical fissures are partly filled with quartz and calcite. Reflected light; X ± 280



Fig. 14

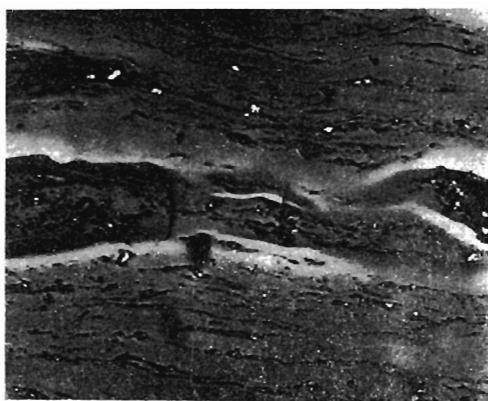


Fig. 15

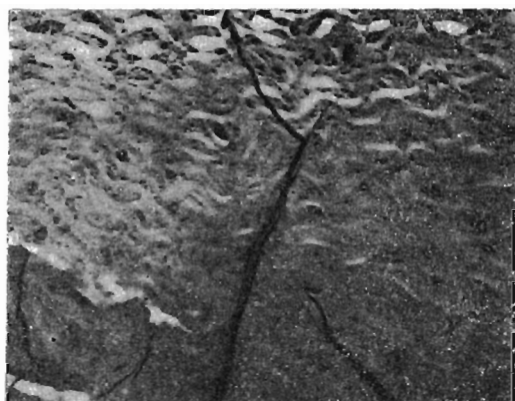


Fig. 16

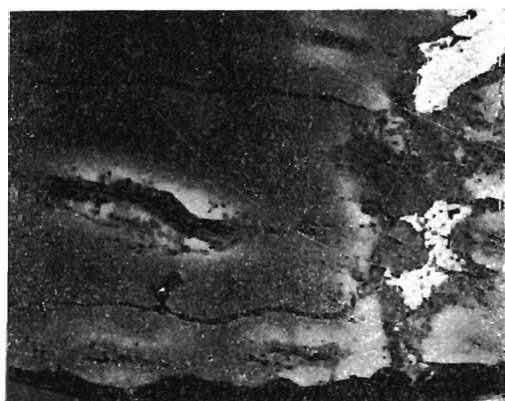


Fig. 17



Fig. 18



Fig. 19