

UKD 553.495.08.044:551.763(438-14-437-17:234.57)

Jerzy Bartłomiej MIECZNIK, Marian SAŁDAN, Ryszard STRZELECKI

## Uranonośność utworów kredowych Sudetów

Z przeprowadzonych porównań pomiędzy uranonośnymi osadami cenomanu północnej części czeskiej płyty kredowej a cenomanem Sudetów wynika, że litofacje zawierające uran w Czechach są na obszarze Sudetów rozwinięte w postaci szczątkowej lub zastąpione przez litofacje niesprzyjające powstaniu w ich obrębie koncentracji uranu. Pomiary radiometryczne wykonane na wychodniach utworów kredowych oraz w otworach wiertniczych wykazały niskie, nie wykraczające poza tło, natężenie promieniowania gamma. Zawartości uranu w próbkach skał wahają się w granicach wartości przeciętnych dla danego typu skały. Na podstawie przedstawionych wyników badań uznano utwory kredowe Sudetów za mało perspektywiczne dla występowania złóż uranu.

### WSTĘP

Odkrycie na obszarze czeskiej płyty kredowej w utworach cenomanu przemysłowych złóż rud uranu typu piaskowcowego skłoniło autorów niniejszego artykułu do przeprowadzenia analizy perspektyw poszukiwawczych na obszarze Sudetów oraz odpowiednich studiów porównawczych z kredą czeską. W szczególności nawiązano do znanych z Czechosłowacji złóż: Hamr, Česka Lipa i Teplice oraz złoża z rejonu Drezna w Niemieckiej Republice Demokratycznej. Wydobycie uranu prowadzone jest obecnie ze złoża Hamr, w najbliższym czasie przewiduje się również podjęcie wydobycia uranu ze złoża Česka Lipa.

Analizę uranonośności kredy sudeckiej przeprowadzono w 1978 r. na podstawie badań promieniotwórczości naturalnej w otworach wiertniczych, głównie Kombinatoru Geologicznego „Zachód”, oraz radiometrycznych pomiarów powierzchniowych w wybranych na podstawie analizy facjalnej strefach wychodni kredy w synklinorium śródsudeckim i synklinorium północnosudeckim. Szczególną uwagę poświęcono utworom cenomanu. Ważniejsze odcinki profilu opróbowano i oznaczono chemicznie zawartości uranu. Wykorzystano także wyniki aerogeofizycznych profilów spektrometrycznych, wykonanych w 1978 r. przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych na obszarze synklinorium śródsudeckiego.

## MINERALIZACJA URANOWA NA TLE WYKSZTAŁCENIA LITOFOCJALNEGO KREDY CZESKIEJ

Złoża uranu odkryte w utworach czeskiej płyty kredowej związane są z kontynentalnymi i morskimi osadami najniższej części górnej kredy (cenoman), leżącymi głównie na zmetamorfizowanym prekambrze i utworach staropaleozoicznych, granitoidach, a także utworach osadowych i wulkanicznych permokarbonu. Utwory kontynentalne, umownie zaliczone do cenomanu (V. Müller, 1974), w większości pochodzenia rzeczno i jeziornego posiadają zmienną miąższość wyjątkowo przekraczającą 80 m. Charakteryzują się one znacznym zróżnicowaniem litofacjalnym z przewagą różnych odmian piaskowców, obok których występują zlepińce, mułowce i ilowce. W miejscach, gdzie utwory kontynentalne osiągają większą miąższość można w ich obrębie wyróżnić dwa do trzech cykli sedymentacyjnych, rozpoczynających się osadami grubopiaszczystymi i kończących pelitowymi. Rozprzestrzenienie utworów kontynentalnych jest znaczne, aczkolwiek sedymentacja ich zachodziła głównie w lokalnych depresjach podłoża kredy.

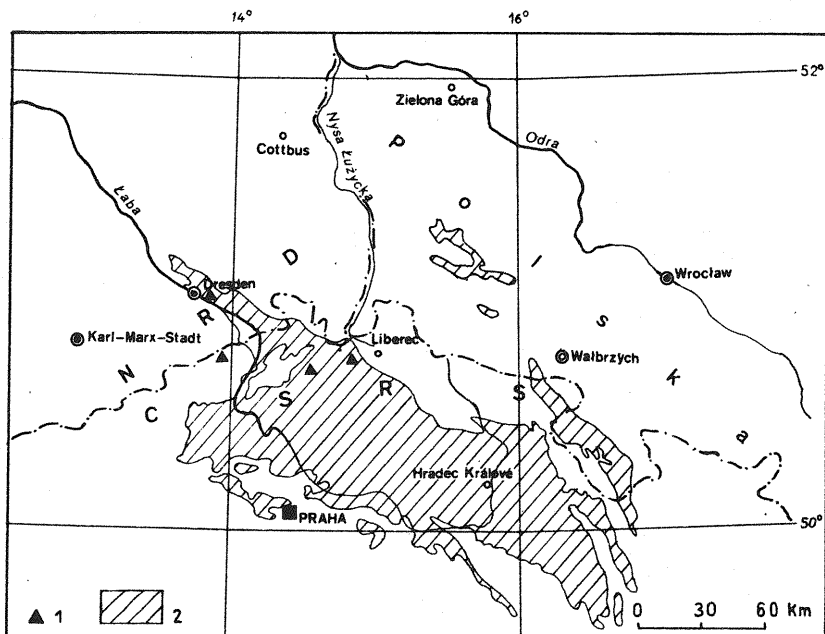


Fig. 1. Szkic lokalizacji złóż uranu w utworach kredowych północnej części Masywu Czeskiego

Location of uranium deposits in Cretaceous rocks of northern part of the Bohemian massif

1 - złoża uranu; 2 - wychodnie utworów kredowych

1 - uranium deposits; 2 - outcrops of Cretaceous rocks

Granica pomiędzy osadami kontynentalnymi a wyżejległymi utworami cenomanu pochodzenia morskiego nie jest na ogół wyraźna. Cenoman morski, leżący miejscami bezpośrednio na starszym podłożu, charakteryzuje się miąższościami wynoszącymi zwykle kilkadziesiąt metrów, tylko wyjątkowo osiąga 100 m. Przeważają tu piaskowce, miejscami ilaste, z wkładkami mułowców, zawierające często glaukonit, a także miejscami zwęglone szczątki organiczne. Powyżej nich leżą

morskie utwory turonu, koniaku i santonu (V. Müller, 1974). W wielu miejscach osady górnokredowe poprzecinane są dawkami bazaltów trzeciorzędowych.

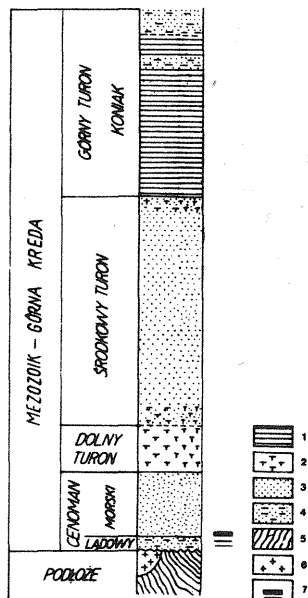
Obecność mineralizacji uranowej stwierdzono w utworach kontynentalnych i najniższej części utworów morskich cenomanu północnego brzegu czeskiej płyty kredowej (fig. 1, 2). Główny poziom rudny występuje w osadach spągowej części osadów cenomanu morskiego, powstałych z rozmywanych podczas transgresji morskiej utworów kontynentalnych.

Fig. 2. Występowanie mineralizacji uranowej w profilu osadów kredowych czeskiej płyty kredowej (wg J. Čadek i in., 1975)

Distribution of uranium mineralization in the section of the Cretaceous of the Bohemian Cretaceous Basin (after J. Čadek and others, 1975)

1 – mułowce; 2 – margle; 3 – piaskowce; 4 – piaskowce mułowcowe; 5 – fyllity; 6 – granity; 7 – mineralizacja U-Zr

1 – siltstones; 2 – marls; 3 – sandstones; 4 – siltstone sandstones; 5 – phyllites; 6 – granites; 7 – U-Zr mineralization



Uran związany jest głównie z piaskowcami barwy szarej, zawierającymi zmienne ilości domieszek ilastych, drobno rozproszonej substancji organicznej, detrytusu węglowego i pirytu. Okruszcowanie występuje w spoiwie piaskowców składającym się głównie z kaolinitu. Najwyższe koncentracje uranu obserwuje się w pobliżu kontaktów skał o różnej przepuszczalności, np. piaskowce – mułowce. Kształt ciał rudnych zbliżony jest do tabliczek, rzadziej soczewek. Natomiast typowa dla tego rodzaju złóż forma „roll” jest zdaniem I. Vavřina (1974) spotykana sporadycznie, w osadach typu kontynentalnego. Miąższość ciał rudnych dochodzi w złożach czeskich według O. Pluskala (1970) do 10 m. Główną postacią mineralogiczną uranu jest metakoloidalny uraninit zawierający domieszki cyrkonu. Mineralizacja uranowa tworzy często obwódki wokół pirytu i substancji węglistej. Stwierdzono także obecność baddeleyitu (J. Čadek i in., 1975). Mineralizacji uranowej towarzyszą w znacznej ilości siarczki Fe, głównie piryt, tworzący kongregacje średnicy do 5 cm lub występujący w postaci rozproszonej. Sporadycznie spotyka się także galenę oraz sfaleryt, chalkopiryt, bravoit, bizmutynit, arsenopiryt, tlenki Ti i crandallit (J. Čadek i in., 1975). Stwierdzona w opisanych złożach asocjacja geochemiczna: U – Zr (Hf) – P i niekiedy Ti nie została dotychczas stwierdzona w innych złożach uranu typu piaskowcowego. Za klasyczną natomiast w tego typu złożach uważana jest asocjacja: U – Se – V (Cu – Mo).

Główną rolę w koncentracji uranu w kredzie czeskiej odgrywały procesy epigenetyczne związane z cyrkulacją wód podziemnych, przy czym transport uranu przebiegał w średnio lub słabo kwaśnych roztworach, zawierających znaczne ilości fluoru ( $n \cdot 10^{-3} - 10^{-4} M$ ). Uran transportowany był zapewne w postaci

$\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}^{2-}$ ,  $\text{UO}_2\text{F}_2^0$  i  $^+\text{UO}_2\text{F}_3^-$ , zależnie od koncentracji dwuwęglanów i jonów fluorowych, zaś cyrkon w formie kompleksów  $\text{ZrF}_6^{2-}$  i  $\text{ZrF}_5^-$  lub też w formie mieszanych kompleksów uwodnionego fluoru (J. Čadek i in., 1975). Istotne znaczenie przypisuje się przy tym procesom hydrolizy, w których ważną rolę odgrywały fosforany. Procesy redukcji uranu w obecności substancji organicznej i pirytu mogły (zdaniem J. Čadka i in., 1975) odegrać istotną rolę w utworach kontynentalnych. Za źródło uranu uważa się skały granitoidowe obszarów otaczających. Jako ewentualne źródło uranu rozpatrywane mogą być także skały podłoża kredy. Część koncentracji uranowych może być również wynikiem procesów redepozycji śródformacyjnej w obrębie omawianych poziomów kredy (I. Vavřin, 1974).

Z dotychczasowych badań wynika, że największe perspektywy poszukiwawcze w obrębie czeskiej płyty kredowej wiązać należy z utworami cenomanu wykształconymi jako piaskowce przewarstwiane osadami mułowcowo-ilastymi. Ważna jest przy tym obecność dobrze przepuszczalnych piaskowców oraz czynników redukujących uran z rozтворów (np. substancja organiczna, piryt). J. Vavřin (1974) do obszarów o szczególnie wysokiej perspektywiczności zalicza kredę lużycką, w mniejszym zaś stopniu kredę izerską i oharecką, to jest północną i północno-zachodnią część czeskiej płyty kredowej. Kreda sudecka uważana jest za nieperspektywiczną.

### SYNKLINORIUM ŚRÓDSUDECKIE

Na obszarze synklinorium śródsudeckiego cenoman reprezentowany jest niemal w całości przez osady morskie. Utwory kontynentalne, tak szeroko rozprzestrzenione na obszarze czeskiej płyty kredowej, w depresji śródsudeckiej zajmują bardzo małą powierzchnię, w okolicy Krzeszowa prawdopodobnie nie przekraczającą  $10 \text{ km}^2$  (T. Jerzykiewicz, 1971). Utwory te występują w postaci kilku płatów o niewielkiej miąższości dochodzącej do około 10 m i wykształcone są w postaci jasnoszarych i jasnobezwowych zwięzłych piaskowców kwarcowych z nielicznymi wkładkami mułowców. Pomiary radiometryczne wykonane w odsłonięciach na Górze Św. Anny i w Jawiszowie wykazały, że osady te charakteryzują się bardzo niską promieniotwórczością naturalną. Zawartości uranu w próbkach piaskowców i mułowców wahają się w granicach  $0,1 - 1,9 \cdot 10^{-4} \%$ .

Utwory cenomanu morskiego leżą głównie na łupkach krystalicznych oraz utworach osadowych permu. Tylko w rejonie Kudowy podłożę ich stanowią granitoidy kudowskie oraz na niewielkim obszarze utwory górnokarbońskie, zaś w rejonie Krzeszowa częściowo utwory triasowe. Cenoman morski podzielony został (S. Radwański, 1973) na trzy odrębne poziomy litologiczne: piaskowce ilasto-wapniste, piaskowce kwarcowe (ciosowe) i piaskowce margliste. Piaskowce dolnego poziomu (ilasto-wapniste) wykształcone są w postaci piaskowców szarych i ciemnoszarych zwięzłych różno- i drobnoziarnistych o spoiwie ilasto-wapnistym. Ciemno zabarwione odmiany tych piaskowców zawierają w spoiwie pewne ilości substancji organicznej. Facjalną odmianą piaskowców ilasto-wapnistych jest wapnisty piaskowiec Kudowy, występujący bezpośrednio na zwietrzałym granicie kudowskim, barwy szarej, a w spągu nawet ciemnoszarej, glaukonitowy, zwięzły, różnoziarnisty, miejscami przechodzący w zlepieniec drobnoziarnisty (S. Radwański, 1966). Z przytoczonego opisu osadów poziomu piaskowców ilasto-wapnistych wynika, że cechą sprzyjającą ewentualnemu powstaniu w ich obrębie koncentracji uranu jest obecność substancji organicznej w spoiwie niektórych partii piaskowców. Natomiast wystę-

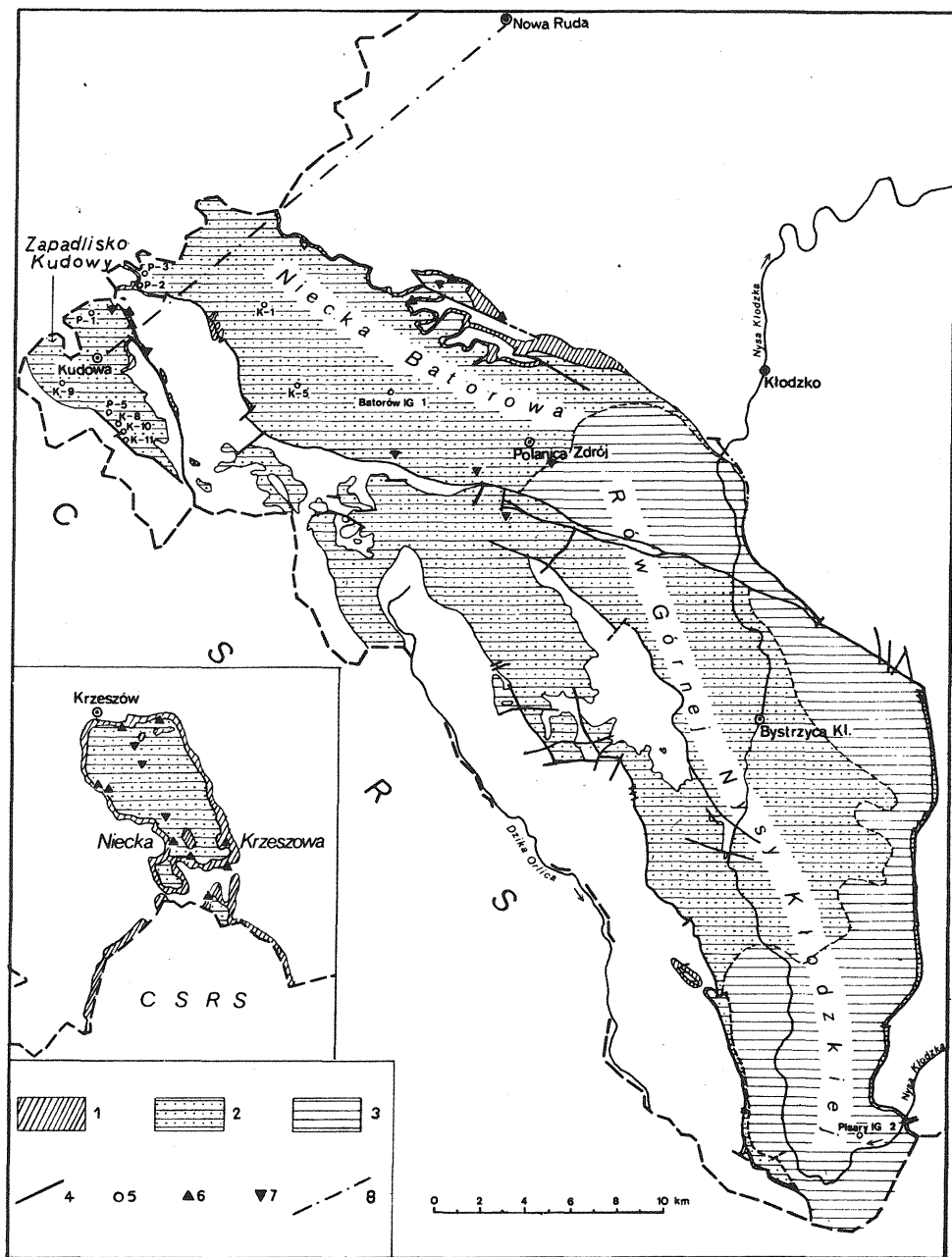


Fig. 3. Szkic utworów kredowych depresji śródsudeckiej (na podstawie *Mapy regionu dolnośląskiego* w skali 1:200 000 pod red. L. Sawickiego z 1965 r.)

Sketch map of Cretaceous rocks in the Central Sudetic Depression (after *Mapa regionu dolnośląskiego*, in the scale 1:200 000, edited by L. Sawicki, 1965)

1 – cenoman; 2 – turon; 3 – koniak; 4 – ważniejsze uskoki; 5 – otwory wiertnicze, z których wykorzystano diagramy PG albo pobrano próbki skal; 6 – punkty opróbowania utworów cenomanu; 7 – punkty opróbowania utworów turonu lub koniaku; 8 – linia profilu aerogeofizycznego

1 – Cenomanian; 2 – Turonian; 3 – Coniacian; 4 – major faults; 5 – borehole columns analysed on the basis of PG logs or by sampling; 6 – points of sampling of the Cenomanian; 7 – points of sampling of the Turonian or Coniacian; 8 – line of aerogeophysical profile

powanie glaukonitu, szczególnie obfite w piaskowcu Kudowy, należy uznać za czynnik niekorzystny. Trzeba także zaznaczyć, że osady poziomu piaskowców ilasto-wapnistych mają niewielkie rozprzestrzenienie (północna część niecki Batorowa i przylegająca do niej część rowu górnej Nysy Kłodzkiej oraz północna część zapadliska Kudowy) oraz stosunkowo niedużą miąższość, według S. Radwańskiego (1975) nie przekraczającą 10–17 m.

Wykonane pomiary radiometryczne – w zapadlisku Kudowy (odstąpienia między Kudową Górną a Czermną) oraz w niecce Batorowa (rejon Chocieszowa) – wykazały, że utwory poziomu piaskowców ilasto-wapnistych charakteryzują się bardzo niską promieniotwórczością naturalną. Utwory te zostały prawdopodobnie przewiercone także w otworze P-1 zlokalizowanym w Czermnej (fig. 3), który osiągnął podłoże granitowe. Wykonane w tym otworze profilowanie gamma nie wykazało podwyższonej promieniotwórczości osadów ogólnie określanych jako cenomańskie. Zawartości uranu w pobranych na powierzchni próbkach skał nie przekraczają  $1,3 \cdot 10^{-4}\%$ . Rozprzestrzenienie wyżej leżących piaskowców kwarcowych (ciosowych) jest znacznie większe. Występują one na całym obszarze kredy śródsudeckiej. Wykształcone są jako jasne gruboławicowe piaskowce kwarcowe o spoiwie ilasto-wapnistym lub ilasto-krzemionkowym, lokalnie podścielone zlepieńcami lub brekcjami podstawowymi. Piaskowce te zawierają niekiedy znaczne ilości glaukonitu. Miąższość piaskowców ciosowych dochodzi do 20 m (S. Radwański, 1975). Jednorodność w wykształceniu litologicznym piaskowców ciosowych, tj. występowanie wyłącznie osadów grubookruchowych (piaskowce oraz zlepieńce) uznać należy za czynnik nie sprzyjający ewentualnemu powstaniu mineralizacji uranowej. W procesie tworzenia się mineralizacji uranowej typu piaskowcowego konieczne jest bowiem istnienie odpowiedniego reżimu hydrogeologicznego, który uwarunkowany jest między innymi obecnością naprzemianległych warstw przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych, np. piaskowców i mułowców.

Również ogólny charakter geochemiczny osadów wydaje się być niekorzystny dla utworzenia się koncentracji uranu. Jasnoszare lub żółtawe zabarwienie skał, przechodzące niekiedy w szarobrunatne, a także obecność glaukonitu świadczą o raczej utleniającym charakterze piaskowców. Nie obserwowano również w obrębie piaskowców pirytu lub substancji organicznej.

Piaskowce ciosowe badano w szeregu odstąpięć w niecce Krzeszowa, w połskiej części niecki Polic oraz w niecce Batorowa. Wykorzystano także wyniki profilowania gamma w kilku otworach wiertniczych zlokalizowanych w niecce Batorowa (Batorów IG 1, K-5 i P-3 (fig. 3). Na tej podstawie stwierdzono, że piaskowce te charakteryzują się bardzo niskim natężeniem promieniotwórczości naturalnej. Zawartości uranu oznaczone chemicznie w pobranych próbkach skał wahają się w granicach  $0,1 - 2,8 \cdot 10^{-4}\%$ .

Piaskowce ciosowe przykryte są tylko lokalnie zachowanymi piaskowcami marglistymi górnego cenomanu (S. Radwański, 1975). Wyniki pomiarów radiometrycznych wykonanych w kilku odstąpieniach tych utworów w rejonie Krzeszowa wykazały, iż charakteryzują się one niską promieniotwórczością naturalną.

Również pomiary promieniotwórczości naturalnej osadów turońskich i koniackich, które zostały przeprowadzone na ich wychodniach oraz w 11 otworach wiertniczych (P-1, P-5, K-8, K-9, K-10 i K-11 w zapadlisku Kudowy, K-1, K-5, P-3, Batorów IG 1 w niecce Batorowa oraz Pisary IG 1 w rowie górnej Nysy Kłodzkiej (fig. 3) nie wykazały obecności anomalii gamma. W pobranych próbkach margli, mułowców i piaskowców zawartości uranu dochodzą do  $2,5 \cdot 10^{-4}\%$ .

Potwierdzeniem uzyskanych wyników badań promieniotwórczości naturalnej

Zawartości średnie uranu w badanych utworach kredy sudeckiej

Tabela 1

Utwory	Depresja śródsudecka				Depresja północnosudecka				Łącznie				Uwagi
	zakres zawartości U $n \cdot 10^{-4}\%$	średnia arytm. $\bar{X}$ $n \cdot 10^{-4}\%$	odchylenie st. $\sigma$ $n \cdot 10^{-4}\%$	ilość próbek n	zakres zawartości U $n \cdot 10^{-4}\%$	średnia arytm. $\bar{X}$ $n \cdot 10^{-4}\%$	odchylenie st. $\sigma$ $n \cdot 10^{-4}\%$	ilość próbek n	zakres zawartości U $n \cdot 10^{-4}\%$	średnia arytm. $\bar{X}$ $n \cdot 10^{-4}\%$	odchylenie st. $\sigma$ $n \cdot 10^{-4}\%$	ilość próbek n	
Ogółem kreda	0,1–2,8	0,83	0,67	55	0,1–9,0	1,87	1,91	45	0,1–9,0	1,35	1,52	100	
Cenoman	0,1–2,8	0,77	0,67	29	0,1–2,7	0,52	0,80	9	0,1–2,8	0,71	0,71	38	
Turon – koniak – santon	0,1–2,5	0,90	0,67	26	0,1–9,0	2,23	1,96	36	0,1–9,0	1,67	1,69	62	w synklinorium śródsudeckim turon + koniak
Piaskowce, zlepieńce	0,1–2,8	0,65	0,58	41	0,1–5,5	0,86	1,24	25	0,1–5,5	0,73	0,89	66	
Mułowce, ilowce, margle	0,1–2,5	1,35	0,65	14	0,4–9,0	3,18	1,82	20	0,1–9,0	2,43	1,71	34	margle wyłącznie w synklinorium śródsudeckim
Piaskowce i zlepieńce cenomanu	0,1–2,8	0,76	0,68	26	0,1–2,7	0,52	0,80	9	0,1–2,8	0,70	0,72	35	
Piaskowce turonu, koniak i santonu	0,1–0,9	0,46	0,24	15	0,1–5,5	1,04	1,39	16	0,1–5,5	0,76	1,06	31	w synklinorium śródsudeckim turon i koniak (2 próbki)
Iłowce, mułowce i margle turonu, koniak i santonu	0,7–2,5	1,49	0,61	11	1,5–2,8	2,32	0,76	10	0,4–9,0*	2,51*	1,72*	32*	w synklinorium śródsudeckim wyłącznie turon, w synklinorium północnosudeckim turon i koniak $\bar{X}$ w ilowcach santonu synklinorium północnosudeckiego wynosi $4,05 \cdot 10^{-4}\%$ * Łącznie z santonem

gamma utworów kredowych synklinorium śródsudeckiego są wykonane w roku 1978 przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych profile aerogeofizyczne w południowo-wschodniej części synklinorium. Profile te przebiegają wzdłuż linii od okolic Kudowy w kierunku Nowej Rudy, przecinając utwory kredowe północnej części zapadliska Kudowy oraz niecki Batorowa (fig. 3). Zastosowana metodyka pomiarów nie pozwala na ich ilościową interpretację. Jednakże na podstawie analizy jakościowej można stwierdzić, że osady górnokredowe wyróżniają się najniższym tłem promieniowania gamma spośród wszystkich utworów przeciętych tymi profilami.

## SYNKLINORIUM PÓŁNOCNOSUDECKIE

Kreda synklinorium północnosudeckiego reprezentowana jest przez morskie osady cenomanu, turonu i koniakku oraz morskie, brakiczne i limniczne osady santonu. Podłoże osadów kredowych stanowią utwory triasu i permu, a w rowie Wlenia utwory metamorficzne (J. Milewicz, 1973).

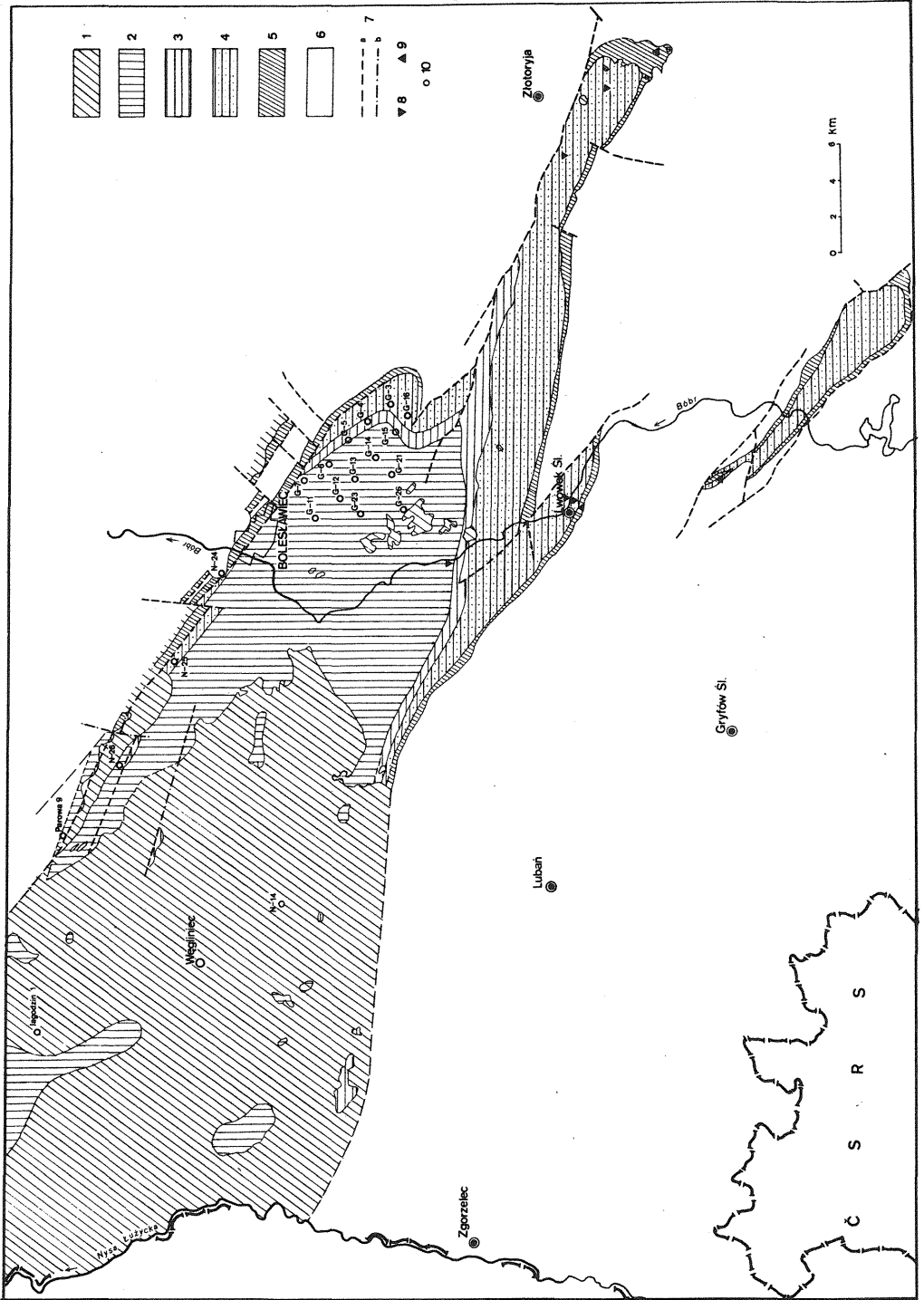
Osady cenomanu wykształcone są w dwóch zasadniczych facjach: piaszczystej, znanej z całego obszaru synklinorium, oraz marglisto-wapiennej, występującej tylko w zachodniej jego części. Facja piaszczysta we wschodniej części obszaru reprezentowana jest przez jasnoszare i żółtawe, przeważnie średnio- i gruboziarniste, a niekiedy zlepieńcowate piaskowce kwarcowe o spoiwie ilastym. W obrębie piaskowców występują miejscami ławice zlepieńców. Miąższość piaskowców kwarcowych wynosi średnio 60 m (J. Milewicz, 1973).

W zachodniej części synklinorium północnosudeckiego, tj. na obszarze bardziej oddalonym od strefy brzeżnej zbiornika, facja piaszczysta reprezentowana jest przez piaskowce glaukonitowe o spoiwie wapnistym, lokalnie wapnisto-szamozytowym. Jak podaje J. Milewicz (1973) miąższość piaskowców glaukonitowych w rejonie Nysy Łużyckiej wynosi około 8 m. Powyżej piaskowców glaukonitowych występują ciemnoszare wapienie margliste i margle ilaste, przechodzące w analogiczne skały dolnego turonu. Miąższość ich wynosi około 50 m.

Z powyższego opisu wynika, że cenoman północnosudecki różni się znacznie od uranonośnego cenomanu czeskiej płyty kredowej. Brak jest utworów kontynentalnych cenomanu, poważne różnice obserwuje się w wykształceniu litofacjalnym cenomanu morskiego. Wyrażają się one dominacją facji wapienno-marglistej w zachodniej części synklinorium oraz względnie jednolitym piaskowcowym i piaskowcowo-zlepieńcowym wykształceniu utworów cenomańskich środkowej i wschodniej części jednostki. Różnice występują też w ogólnym charakterze geochemicznym piaskowców synklinorium północnosudeckiego i uranonośnych piaskowców cenomanu czeskiego. W piaskowcach cenomańskich z synklinorium północnosudeckiego nie spotyka się substancji organicznej ani też piryty, zabarwienie osadu jasne, często żółte, a nawet rdzawe świadczy o jego częściowym utlenieniu.

Pomiary radiometryczne wykonane w kilku odślonięciach piaskowców cenomanu w synklinie Leszczyny, rowie Lwówka Śląskiego oraz w rowie Wlenia (fig. 4) wykazały, że natężenie promieniowania gamma w obrębie tych piaskowców nie wykracza poza tło promieniotwórczości typowe dla tego rodzaju skał. Zbliżone wyniki uzyskano w toku pomiarów radioaktywności naturalnej przeprowadzonych w otworach wiertniczych (fig. 4) wykonanych w synklinie Grodzka oraz w środkowej części synklinorium północnosudeckiego (G-3, G-5,





G-7, G-9, G-11, G-12, G-13, G-14, G-19, G-21, G-23, G-26, N-14 Wykroty). Zawartości uranu w pobranych w odsłonięciach i otworze N-14 Wykroty próbkach piaskowców są niskie i wynoszą maksymalnie  $2,7 \cdot 10^{-4}\%$ .

Piaskowce glaukonitowe i utwory wapienno-margliste cenomanu nie odsłaniające się na powierzchni przewiercono w otworze Jagodzin 1 (fig. 4). Pomiar geofizyki wiertniczej wykonane w tym otworze nie wykazały obecności w utworach cenomanu stref podwyższonego natężenia promieniowania gamma. Podwyższonej promieniotwórczości naturalnej nie stwierdzono także w utworach cenomańskich przewierconych w otworach zlokalizowanych w przylegającej do depresji północnosudeckiej części perykliny Żar (otwory: Czaple 1, Przewóz 1 – fig. 4).

Utwory turonu, koniaku i santonu badano radiometrycznie w kilku odsłonięciach w synklinie Leszczyny oraz w rowie Lwówka Śląskiego. Pomiar te nie wykazały obecności anomalii promieniowania gamma. Również pomiary radiometryczne rdzeni z otworu N-14 Wykroty nie wykazały obecności poziomów anomalnych w osadach kredy. Zawartości uranu w próbkach skał pobranych z odsłoneń i otworu N-14 Wykroty wahają się w granicach  $0,1 - 9,0 \cdot 10^{-4}\%$ , przy czym maksymalne zawartości związane są z ciemnymi ilowcami santonu. Wyniki pomiarów natężenia promieniowania gamma (PG) w licznych otworach wiertniczych wykonanych w ramach poszukiwań rud miedzi, głównie w synklinie Grodzca, stanowią potwierdzenie przedstawionych wyżej danych. Wyjątkiem jest tu niewielka anomalia stwierdzona w różowoszarych ilowcach santonu w otworze G-23 (fig. 4).

## INTERPRETACJA WYNIKÓW OZNACZEŃ CHEMICZNYCH URANU

Interpretację przeprowadzono w oparciu o wyniki oznaczeń chemicznych zawartości U w 100 próbkach pobranych w odsłonięciach sztucznych i naturalnych oraz z rdzeni wiertniczych. Analizy chemiczne wykonane zostały w Pracowni Pierwiastków Rzadkich i Promieniotwórczych Centralnego Laboratorium Chemicznego i Technologicznego Instytutu Geologicznego. W synklinorium śródsudeckim pobrano 55 próbek, zaś w synklinorium północnosudeckim 45. Osady cenomanu reprezentowane są przez 38 próbek, pozostałą część próbek pobrano z osadów turonu, koniaku i santonu. Pod względem litologicznym wśród pobranych próbek przeważają piaskowce i zlepieńce, stanowiące 66% ogółu próbek, udział mułowców wynosi 24%, ilowców 6% i margli 4% z ogólnej ilości próbek.

Fig. 4: Szkic utworów kredowych depresji północnosudeckiej (na podstawie *Mapy regionu dolnośląskiego* w skali 1:200000 pod red. L. Sawickiego z 1965 r.)

Sketch map of Cretaceous rocks in the North Sudetic Depression (after *Mapa regionu dolnośląskiego*, in the scale 1:200000, edited by L. Sawicki, 1965)

1 – utwory młodsze od kredy; 2 – santon; 3 – koniak; 4 – turon; 5 – cenoman; 6 – utwory starsze od kredy; 7 – uskoki; a – stwierdzone i przypuszczalne, b – przypuszczalne pod kenozoikiem; 8 – punkty opróbowania utworów cenomanu; 9 – punkty opróbowania utworów młodszych ogniw kredy; 10 – otwory wiertnicze, z których wykorzystano diagramy PG albo pobrano próbki skał

1 – rocks younger than the Cretaceous; 2 – Santonian; 3 – Coniacian; 4 – Turonian; 5 – Cenomanian; 6 – rocks older than the Cretaceous; 7 – faults; a – controlled and inferred, b – inferred, under the Cenozoic; 8 – points of sampling of the Cenomanian; 9 – points of sampling of younger members of the Cretaceous; 10 – borehole columns analysed on the basis of PG logs or by sampling

W oparciu o wyniki oznaczeń uranu w próbkach obliczono średnie arytmetyczne zawartości uranu ( $\bar{x}$ ) dla 24 różnych populacji próbek wyróżnionych na podstawie kryteriów: litologicznego (piaskowce – zlepienie i mułowce – iłwce – margle), stratygraficznego (cenoman i młodsze ogniwa kredy) i litologiczno-stratygraficznego (piaskowce i zlepienie cenomanu, piaskowce turonu, koniak i santonu, iłwce, mułowce i margle turonu, koniak i santonu). Obliczenia wykonano oddzielnie dla synklinorium śródsudeckiego i synklinorium północnosudeckiego oraz dla obu jednostek łącznie. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 1. Z przeprowadzonych obliczeń wynika m.in., że średnia zawartość uranu w osadach cenomanu reprezentowanych głównie przez piaskowce i zlepienie jest bardzo niska i wynosi  $0,7 \cdot 10^{-4}\%$  w synklinorium śródsudeckim i  $0,52 \cdot 10^{-4}\%$  w synklinorium północnosudeckim. Niewielka ilość pobranych próbek, na podstawie których przeprowadzono obliczenia przytoczone w tabeli 1, nie pozwala na wyprowadzenie szczegółowych wniosków. Można jednakże dane te porównać z publikowanymi m.in. przez J.W. Rogersa i K.A. Richardsona (1964) wartościami średnich zawartości uranu w niektórych piaskowcach kwarcowych USA, wahającymi się w granicach  $0,7 - 1,7 \cdot 10^{-4}\%$ . Podobne dane przytaczają także R. Pliker i J.A.S. Adams (1962) dla piaskowców mezozoicznych ze stanu Utah (USA) oraz M. Kraft i in. (1969).

Zbliżone średnie zawartości uranu stwierdzono również w piaskowcach młodszych ogniw stratygraficznych kredy. W piaskowcach turonu i koniak z synklinorium śródsudeckiego średnia zawartość uranu wynosi  $0,46 \cdot 10^{-4}\%$ , zaś w piaskowcach turonu, koniak i santonu z synklinorium północnosudeckiego –  $1,04 \cdot 10^{-4}\%$ . Również zawartości średnie uranu w osadach ilasto-mułowcowych i marglistych kredy sudeckiej, wynoszące  $2,43 \cdot 10^{-4}\%$  zbliżone są do danych cytowanych w literaturze (J.A.S. Adams, Ch.E. Weaver, 1958; R. Pliker, J.A.S. Adams, 1962; M. Kraft i in., 1969).

## UWAGI KOŃCOWE

1. Z przeprowadzonych porównań uranonośnych utworów cenomanu czeskiej płyty kredowej z utworami cenomanu sudeckiego wynika, że uranonośne w Czechach litofacje są na obszarze Sudetów rozwinięte w postaci szczątkowej lub też zastąpione przez litofacje mniej sprzyjające powstawaniu w ich obrębie koncentracji uranu.

2. Pomiary radiometryczne wykonane na wychodniach utworów kredowych oraz w rdzeniach wiertniczych, a także pomiary natężenia naturalnego promieniowania gamma (PG) wykonane w kilkudziesięciu otworach wykazały bardzo niską promieniotwórczość gamma skał górnokredowych. W pobranych próbkach skał nie stwierdzono zawartości uranu wyższych od charakterystycznych dla danego typu skał.

3. Przedstawione wyniki badań upoważniają do uznania formacji kredowej Sudetów za mało perspektywiczną pod względem możliwości występowania w jej obrębie złóż uranu.

## PIŚMIENICTWO

- ADAMS J.A.S., WEAVER Ch.E. (1958) – Thorium-to-uranium ratios as indicators of sedimentary processes: example of concept of geochemical facies. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, **42**, p. 387–430, nr 2. Tulsa, Oklahoma.
- ČADEK J., MIROVSKÝ J., NOVÁK F., VAVŘIN I. (1975) – Association of uranium and zirconium in the sandstone type uranium deposits in northern Bohemia. *Čas. Miner. Geol.*, **20**, p. 131–140, nr 2. Praha.
- JERZYKIEWICZ T. (1971) – Kreda okolic Krzeszowa. *Geol. Sudetica*, **5**, p. 281–316. Warszawa.
- KRAFT M., SCHEINDLER K., TISCHENDORF G., UNGELTHUM H., FUCHS H. (1969) – Daten zur Geochemie der Elemente.
- MILEWICZ J. (1973) – Niecka północnosudecka. *Kreda. W: Budowa geologiczna Polski*, **1**, cz. 2, p. 619–628. Warszawa.
- MÜLLER V. (1974) – Stratygrafie a faciální vývoj české křídové pánve. In: *Geologie české křídové pánve a jejího podloží*, p. 101–115. Praha.
- PLILER R., ADAMS J.A.S. (1962) – The distribution of thorium, uranium and potassium in the Mancos Shales. *Acta Geochim. Cosmochim.*, **26**, p. 1115–1135.
- PLUSKAL O. (1970) – Uranium mineralization in the Bohemian Massif. *Uranium Exploration Geology (Proc. Panel. Vienna, 13–17 april 1970)*, p. 107–115. Vienna.
- RADWAŃSKI S. (1966) – Uwagi o facjalnym wykształceniu środkowosudeckiej kredy. *Kwart. Geol.*, **10**, p. 383–402, nr 2. Warszawa.
- RADWAŃSKI S. (1973) – Niecka śródsudecka i rów górnej Nysy Kłodzkiej. *Kreda. W: Budowa geologiczna Polski*, **1**, cz. 2, p. 628–640. Warszawa.
- RADWAŃSKI S. (1975) – Kreda Sudetów Środkowych w świetle wyników nowych otworów wiertniczych. *Biul. Inst. Geol.*, **287**, p. 5–48. Warszawa.
- ROGERS J.W., RICHARDSON K.A. (1964) – Thorium and uranium contents of some sandstone. *Acta Geochim. Cosmochim.*, **28**, p. 2005–2011.
- VAVŘIN I. (1974) – Uranová mineralizace. In: *Geologie české křídové pánve a jejího podloží*, p. 146–149. Praha.

Ежи Бартломей МЕЧНИК, Мариан САЛДАН, Рышард СТЖЕЛЕЦКИ

## УРАНОНОСНОСТЬ МЕЛОВЫХ ПОРОД В СУДЕТАХ

## Резюме

На севере и северо-западе чешской меловой плиты (Чешский меловой бассейн), являющейся частью Чешского массива, открыты урановые месторождения, приуроченные к отложениям среднего сеномана и низам морского сеномана.

В Судетах, составляющих северо-восточный край Чешского массива, верхнемеловые отложения залегают в двух небольших синклиналиях — северосудетском и внутрисудетском.

Из сравнений литофаций, сделанных авторами, следует, что ураноносные фации сеномана чешской меловой плиты в Судетах, встречаются только в виде остаточных фрагментов или замещены фациями, неблагоприятными для концентрации урана. Радиометрическое изучение выходов меловых пород в обнажениях и в скважинах обнаружило очень низкую их радиоактивность. Содержание урана в литологически различных породах сеномана и младших стратиграфических ярусов мела колеблется в границах, типичных для этих литологических разновидностей (таб. 1). По этим данным верхнемеловые породы Судет признаны малоперспективными для открытия месторождений урана.

Jerzy Bartłomiej MIECZNIK, Marian SAŁDAN, Ryszard STRZELECKI

## URANIUM POTENTIAL OF CRETACEOUS ROCKS IN THE SUDETY MTS

### S u m m a r y

In northern and north-western Bohemian Cretaceous Basin (representing a part of the Bohemian Massif), there are known uranium deposits related to fresh-water Cenomanian and lower part of marine Cenomanian.

In the Sudety Mts (north-eastern margin of the Bohemian Massif), Upper Cretaceous rocks are known from two synclinoria: North-Sudetic and Central-Sudetic.

Lithofacies comparisons made by the authors showed that uranium-bearing Cenomanian facies of the Bohemian Cretaceous Basin are represented by relics or laterally replaced by those unfavourable for origin of concentrations of uranium in the Sudety Mts. Radiometric surveys of outcrops and borehole columns showed that Cretaceous rocks are characterized by low radiocativity here. The recorded contents of uranium in individual lithological varieties of Cenomanian and younger Cretaceous rocks fall within the limits typical of a given lithological variety (Table 1).