

Wojciech MORAWSKI

Przejawy uranoności w osadach górnego kambru na tle promieniotwórczości naturalnej pokrywy osadowej wyniesienia Łeby

WSTĘP

Utwory starszego paleozoiku na wyniesieniu Łeby zostały przewiercone szeregiem otworów wykonanych zarówno przez Instytut Geologiczny: Żarnowiec IG-1, Żarnowiec IG-1a, Żarnowiec IG-4, Kościerzyna IG-1, jak i przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Naftowych w Pile: Smółdzino 1, Łeba 8, Dębki 2, Piaśnica 2 (fig. 1).

Profilowanie natężenia naturalnego promieniowania gamma PG wykonane w wymienionych otworach dostarczyło pełnego profilu PG pokrywy osadowej tego obszaru i wykazało występowanie poziomu o anomalnie podwyższonym natężeniu promieniowania gamma. Poziom ten obejmuje osady górnego kambru, po raz pierwszy napotkane na Niżu Polskim (K. Lenzion, 1970).

Z otworów Żarnowiec IG-1a i Żarnowiec IG-4 w obrębie rozszerzonej strefy anomalnej opróbowane zostały rdzenie o 100%o uzysku; w otworach Żarnowiec IG-1 i Dębki 2 opróbowano rdzeń niekompletny, a w otworze Łeba 8 w obrębie strefy anomalnej rdzeń został pobrany jedynie z odcinka ok. 6 m. W otworze Smółdzino 1 poziom anomalny przewiercono bezrdzeniowo.

Chemiczne oznaczenia zawartości uranu i pierwiastków rzadkich zostały wykonane w Pracowni Analitycznej Zakładu Złóż Pierwiastków Rzadkich i Promieniotwórczych pod kierunkiem dra A. Jęczalika.

Geologom PPN w Pile — mgrowi inż. A. Hałamie i mgrowi inż. B. Sikorskiemu serdecznie dziękuję za udostępnienie mi rdzeni i profili litostratygraficznych z otworów wykonanych przez Przedsiębiorstwo. Pani dr K. Lenzion i Panu drowi Z. Modlińskiemu dziękuję za cenne wskazówki i przejrzenie rękopisu.

PROFILOWANIE NATĘŻENIA NATURALNEGO PROMIENIOWANIA GAMMA W OTWORACH WIERTNICZYCH

DANE TECHNICZNE

Profilowanie natężenia naturalnego promieniowania gamma PG w omawianych otworach na wyniesieniu Łeby było wykonywane na przestrzeni kilku lat, odcinkami różnej wielkości i przy użyciu różnej aparatury (tab. 1). Korelacja pionowa odcinków profilu wykonanych przy użyciu różnej aparatury napotyka na znaczne trudności z uwagi na brak jednolitej skali. Zarówno skala impulsów na minutę (imp/min), odzwierciedlająca indywidualne własności pomiarowe poszczególnych sond PG, jak i skala mikrorentgenów na godzinę ($\mu\text{r/h}$) uzyskiwana drogą cechowania sond PG (jednak przy użyciu różnych źródeł) nie są w pełni porównywalne. Z uwagi na rozbieżności aparaturowe określenia różnic w wielkości anomalnego natężenia promieniowania gamma w poszczególnych otworach można dokonać drogą zestawienia stosunków natężenia promieniowania gamma w poziomie anomalnym do tła w skałach otaczających (tab. 2).

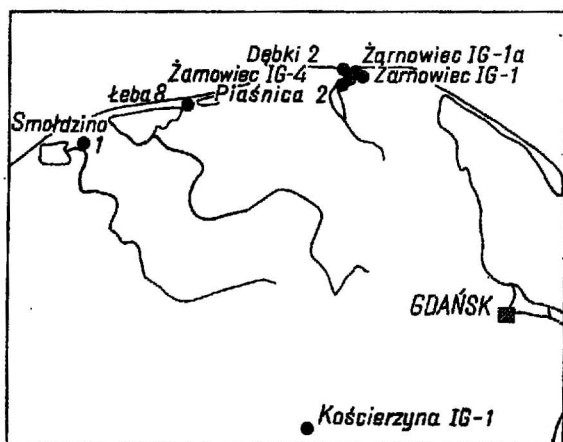


Fig. 1. Szkic lokalizacji otworów wiertniczych
Locality sketch of bore-holes

PROFIL PG POKRYWY OSADOWEJ WYNIESIENIA ŁEBY

Otwory Smołdzino 1, Łeба 8 i Żarnowiec IG-1 osiągnęły podłoże krystaliczne dając pełny profil pokrywy osadowej o miąższości ok. 3240—3400 m. Na fig. 2 przedstawiono profile PG tych otworów. Przy braku unifikacji skale poszczególnych odcinków profilu przeliczono na wspólną skalę korelacyjną w $\mu\text{r/h}$, a dla poszczególnych odcinków profili podano również skalę w imp/min.

Kenozoik wykształcony jest głównie w postaci piasków, żwirów, mułów i glin. Utwory te wykazują niewielkie zróżnicowanie natężenia promieniowania gamma w granicach 10—25 $\mu\text{r/h}$ ¹.

¹ Podane tu liczby stanowią wartości średnie dla poszczególnych poziomów zaczerpnięte głównie z profili otworów Żarnowiec IG-1, IG-1a, IG-4. Odpowiednie wartości obserwowane w profilach otworów Smołdzino 1 i Łeба 8 są znacznie wyższe, co, jak się wydaje, jest wynikiem różnic w cechowaniu aparatury.

Tabela 1

Dane techniczne profilowania γ

Smółdzino 1						
Wykonawca	Typ sondy	Ilość liczników	Typ aparatury liczniki	Stała czasowa sek.	Szybkość pomiaru m/godz.	Odcinek pomiarowy m
PGGN — Toruń	SP-62	6	PRK	9	270	4—692
PGGN — Toruń	SP-62	6	PRK	9	270	650—2853
PGGN — Toruń	SP-62	6	PRK	9	270	2750—3147
PGGN — Toruń	SP-62	6	PRK	9	270	3025—3299
PGGN — Toruń	SP-62	6	PRK	9	270	3270—3426
Leba 8						
PGGN — Toruń	SP-62	6	PRK	9	270	3—1991
PGGN — Toruń	SP-62	3	PRK	6	300	1950—2753
PGGN — Toruń	SP-62	6	PRK	6	240	2750—2842
PGGN — Toruń	SP-62	6	PRK	9	240	2842—2990
PGGN — Toruń	SP-62	6	PRK	9	270	2945—3190
PGGN — Toruń	SP-62	6	PRK	6	270—300	3150—3302
PGGN — Toruń	SP-62	6	PRK	9	240	3275—3330
Żarnowiec IG-1						
PPG — Warszawa	SP-62	6	PRK	6	240	20—760
PPG — Warszawa	SP-62	6	PRK	6	400	750—2500
PPG — Warszawa	SP-62	?	PRK	?	200	2400—2731
PPG — Warszawa	SP-62	6	PRK	6	350	2485—3185
PPG — Warszawa	SP-62	6	PRK	9	180—200	2580—3266
Żarnowiec IG-1a						
PPG — Warszawa	SP-62	6	DRST	6	350	2670—2808
Żarnowiec IG-4						
PPG — Warszawa	SP-62	6	DRST	6	320	1957—2731
Dębki 2						
PGGN — Toruń	SP-62	6	PRK	9	240	1400—2695
Piaśnica 2						
PGGN — Toruń	SP-62	6	PRK	9	270	800—2712

Utwory kredy i jury to głównie mułowce i iłowce, często zapiaszczone, nieraz z glaukonitem. Natężenie promieniowania gamma waha się w granicach 10—30 $\mu\text{r/h}$.

Trias wykształcony jest w postaci piaskowców, mułowców i iłowców, a charakteryzuje się ogólnie podwyższonym natężeniem promieniowania gamma, przy znacznych wahaniami od 10 do 40 $\mu\text{r/h}$. W jego obrębie występuje szereg poziomów niewielkiej miąższości o wyraźnie podwyższonym natężeniu promieniowania gamma.

Tabela 2

Wyniki profilowania γ poziomom anomalnego

Nazwa otworu	Natężenie promieniowania γ w poziomie anomalnym		Normalne tło promieniowania		Stosunek natężenia anomalnego do tła
	imp/min.	$\mu\text{r/h}$	imp/min.	$\mu\text{r/h}$	
Smółdzino 1	11600	154	1000	13	11,6
Łeba 8	10860	145	1650	22	6,6
Żarnowiec IG-1	7500	62,5	1100	9	6,8
	13300	47,5	1540	5,5	8,6
	10700	48,5	1200	5,5	8,9
Żarnowiec IG-1a	11250	75	1500	10	7,5
	8300	55	1200	8	6,9
Żarnowiec IG-4	6650	44	ok. 1200	ok. 8	ok. 5,5
	11250	67,5	1500	10	7,5
Dębki 2	3495	—	1200	—	2,9
Piaśnica 2	12600	62	1500	7,5	8,4

Utwory permu to głównie cechsztyńskie anhydryty i sole. Natężenie promieniowania gamma w tych utworach jest stosunkowo stałe i bardzo niskie, rzędu 5—10 $\mu\text{r/h}$, wyższe obserwuje się wyjątkowo w przewarstwieniach ilastych.

Występujące niżej osady syluru, o miąższości ok. 2050 m (Smółdzino 1) do ok. 1815 m (Żarnowiec IG-1), wykształcone są głównie w postaci iłowców z wkładkami mułowców i wapieni. Kompleks ten wykazuje natężenie promieniowania gamma dość wysokie — charakterystyczne dla skał ilastych; wahania są niewielkie, w granicach 30—40 $\mu\text{r/h}$. Sporadycznie występujące poziomy o niższym natężeniu odpowiadają wkładkom wapiennym.

Osady ordowiku zróżnicowane litologicznie wykazują znaczne wahania natężenia promieniowania gamma. W kompleksie iłowców karadoku wynosi ono 10—20 $\mu\text{r/h}$, a występujące poniżej wapienie lanwirnu i górnego arenigu charakteryzują się niskim natężeniem promieniowania gamma 5—10 $\mu\text{r/h}$. Ponowne podwyższenie natężenia obserwuje się w iłowcach dolnego arenigu 10—20 $\mu\text{r/h}$.

W spągu utworów ordowiku i w stropie kambru występuje wspomniana anomalia promieniowania gamma, która niżej zostanie omówiona szczegółowo. Osady kambru, poza poziomem anomalnym, składają się głównie z iłowców, mułowców i piaskowców z wkładkami wapieni i wykazują znaczne wahania natężenia promieniowania gamma od 5 do 20 $\mu\text{r/h}$.

Jeszcze większe wahania obserwuje się w utworach eokambru wykształconych w postaci zlepieńców, piaskowców i iłowców. Na granicy ze

Tabela 3

Wyniki chemicznych oznaczeń zawartości uranu w wybranych otworach

Numer próbki	Głębokość	Stratygrafia	Litologia	U g/t
Łeba 8				
333(SP)71	2730	Kambr górny	iłowiec	80,0
334				60,0
335				35,0
336				52,0
337				75,0
338				90,0
339				90,0
340				60,0
341				90,0
342				90,0
343				60,0
344				105,0
345				90,0
346				120,0
347(SP)71	2736			68,0
Żarnowiec IG-4				
532(SP)72	2706,5	Arenig dolny	iłowiec glaukonityt brekcja	2,5
533				4,8
534				4,2
535				2,5
536				1,9
537				1,7
538				15,0
539				112,5
540				2717,3
541	10,5			
542	200,0			
543	96,0			
544	54,5			
545	69,5			
546	150,0			
547	35,0			
548	20,5			
549	35,0			
550	32,5			
551	20,5			
552	32,5			
553	30,0			
554	41,0			
555	30,0			
556	27,0			
557	27,0			
558	7,0			
559	30,0			
560	35,0			
561	27,0			
562	47,5			
563	35,0			
564	27,0			
565		Kambr środkowy	piaskowiec, iłowiec piaskowiec, iłowiec iłowiec iłowiec, piaskowiec piaskowiec	9,0
566				20,5
567				20,5
568				15,0
569(SP)72				12,0

U w a g a: Stratygrafia wg K. Lenzion (1970) i Z. Modlińskiego (1971)

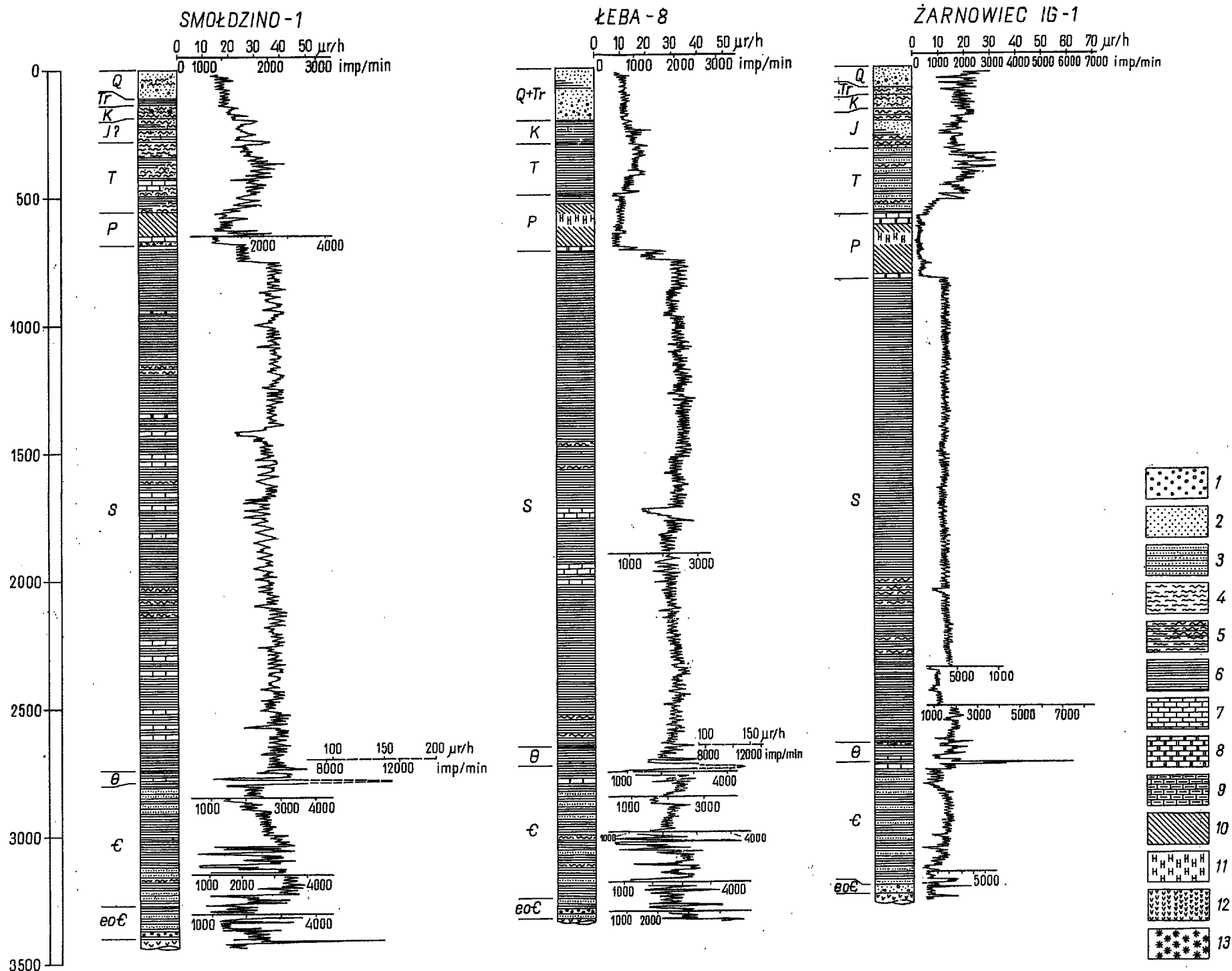


Fig. 2. Profile natężenia naturalnego promieniowania gamma (PG) pokrywy osadowej na wyniesieniu Łęby (profile litostatygraficzne wg B. Sikorskiego i H. Tomczyka)

Profiles of natural gamma (PG) radiation intensity of sedimentary cover within the Łęba elevation (lithostratigraphical profiles according to B. Sikorski and H. Tomczyk)

1 - żwiry, zlepiańce; 2 - piaski; 3 - piaskowce; 4 - mułki; 5 - mułowce; 6 - ility, ilowce, łupki ilaste; 7 - wapienie; 8 - dolomity; 9 - margle; 10 - anhydryty; 11 - sole; 12 - skały krystaliczne; 13 - glaukonit
 1 - gravels, conglomerates; 2 - sands; 3 - sandstones; 4 - silts; 5 - siltstones; 6 - clays, claystones, clay shales; 7 - limestones; 8 - dolomites; 9 - marls; 10 - anhydrites; 11 - salts; 12 - crystalline rocks; 13 - glauconite

skalami krystalicznymi występuje znaczne podwyższenie natężenia promieniowania gamma, które w otworze Smółdzino 1 osiąga wartość 80 $\mu\text{r/h}$ (600 imp/min).

ANOMALIA PROMIENIOWANIA GAMMA

Z uwagi na brak unifikacji sprzętu pomiarowego, porównanie wielkości anomalii w omawianych otworach, podanej w stosowanych jednostkach jest mało precyzyjne. Występujące różnice eliminuje w znacznym stopniu posługiwanie się stosunkiem natężenia anomalnego do tła w skałach otaczających. Jako tło przyjęto natężenie promieniowania gamma w jednolitym we wszystkich otworach kompleksie wapieni lanwirnu i górnego arenigu. Zestawienie wartości tego stosunku (tab. 2) wykazuje, że wartości natężenia promieniowania gamma w rejonie Żarnowca są dość stałe z wyjątkiem otworu Dębki 2, gdzie poziom anomalny jest lokalnie zredukowany. W najbardziej ku zachodowi wysuniętym otworze Smółdzino 1 anomalia jest natomiast nieco wyższa niż w rejonie Żarnowca.

Na uwagę zasługuje fakt, że poza różnicą w wielkości natężenia promieniowania gamma w otworach Smółdzino 1 i Łeba 8 kształt krzywej PG w strefie anomalnej znacznie odbiega od schematu powtarzającego się we wszystkich otworach rejonu Żarnowca (por. fig. 3 i 4).

CHARAKTERYSTYKA LITOLOGICZNA I GEOCHEMICZNA STREFY ANOMALNEJ

Rdzenie wiertnicze z rozszerzonej strefy anomalnej zostały poddane pomiarom radiometrycznym przy użyciu scyntylacyjnych radiometrów poszukiwawczych: typu SPR-2/Kryształ/ — produkcji radzieckiej, wycechowanego w $\mu\text{r/h}$ i radiometru typu SPP-2/Srat/ — produkcji francuskiej, wykonującego pomiary natężenia promieniowania gamma w impulsach na sekundę. Wykonanie tych pomiarów pozwoliło na precyzyjne skorelowanie rdzeni z profilami PG (fig. 3 i 4) i wytypowanie próbek do analiz chemicznych.

Poziom anomalny stanowią osady górnego kambru. Są to ilowce bitumiczne barwy czarnej, o przeważnie dobrej oddzielności płytkowej. Często obserwuje się wyraźne sprasowania i niewielkie lustra tektoniczne o nieregularnych powierzchniach, przeważnie skośnych do warstwowania. Zorientowanie powierzchni luster i rys występujących na nich wydaje się świadczyć o tym, że są to efekty kompaktacji. Na powierzchniach uławicenia obserwuje się często bardzo drobne łuseczki łyszczyków. Powszechnie jest występowanie pirytu, zarówno w postaci drobnych kryształków rozproszonych bezładnie lub ułożonych w smugi zgodne z warstwowaniem, jak i w formie kongrecji o kształcie soczewek z dobrze wykształconymi sześciennymi kryształami o rozmiarach dochodzących do 1 cm. Sporadycznie stwierdzono pojedyncze kryształki sfalerytu o średnicy do kilku milimetrów. Kalcyt występuje w żyłkach przecinających ilowce, a także w postaci kongrecji różnej wielkości.

Iłowce przeławiczone są wapieniami, które jednak nie wykazują podwyższonych zawartości uranu. W części stropowej górnego kambru wapień są zbite, szarobeżowe. W niższych poziomach ilowce przeławiczone są soczewkami wapieni silnie bitumicznych, czarnobrunatnych, grubo-

krystalicznych. W dolnej części osadów górnokambryjskich wapienie przeławicające łańcuchy (cienkie wkładki) są czarne, drobnokrystaliczne, twarde i nieraz silnie zailone, a nawet zapiaszczone.

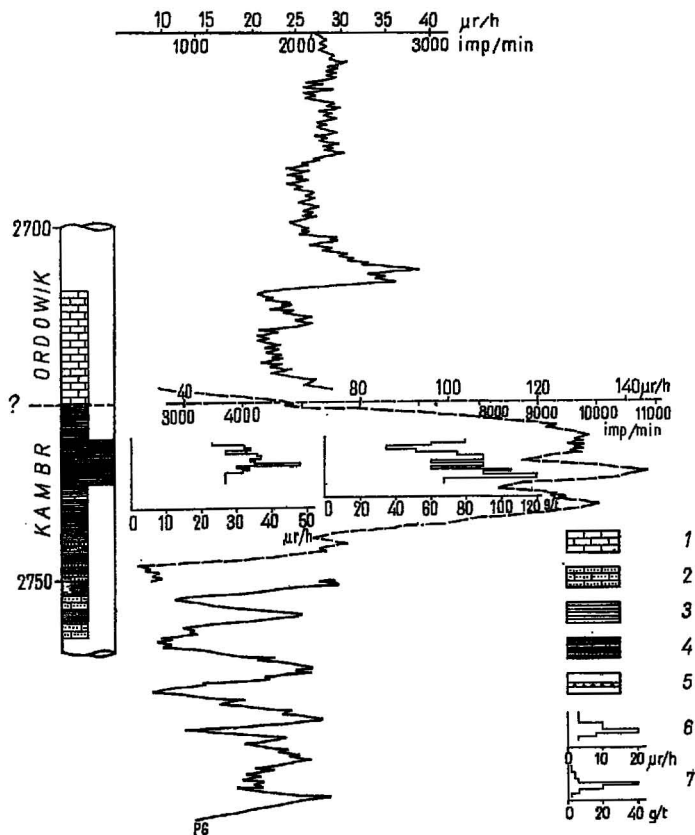


Fig. 3. Zestawienie profilu litologicznego z danymi geofizycznymi i wynikami analiz chemicznych serii uranonośnej w otworze Łeba 8

A comparison of the lithological profile with the geophysical data and the results of chemical analyses of the uraniumiferous series in borehole Łeba 8

1 — wapień; 2 — piaskowce; 3 — łańcuchy szare ordowiku; 4 — łańcuchy czarne kambru; 5 — brekcja; 6 — pomiary radiometryczne rdzeni wiertniczych w $\mu\text{r/h}$ (na fig. 4 w imp./sek.); 7 — chemiczne oznaczenia zawartości uranu w g/t skały

1 — limestones; 2 — sandstones; 3 — Ordovician grey claystones; 4 — Cambrian black claystones; 5 — breccias; 6 — radiometric measurements of drill cores in $\mu\text{r/h}$ and imp/sec; 7 — chemical determinations of uranium contents in g/t of rock

Kontakt kambru z ordowikiem jest erozyjny, a osady ordowiku rozpoczynają się kilkucentymetrową warstewką brekcji złożonej z okruchów czarnych łańcuchów górnokambryjskich, tkwiących w szarzielonym spoiwie marglisto-glaukonitowym. Poziom ten również wykazuje anomalne natężenie promieniowania gamma.

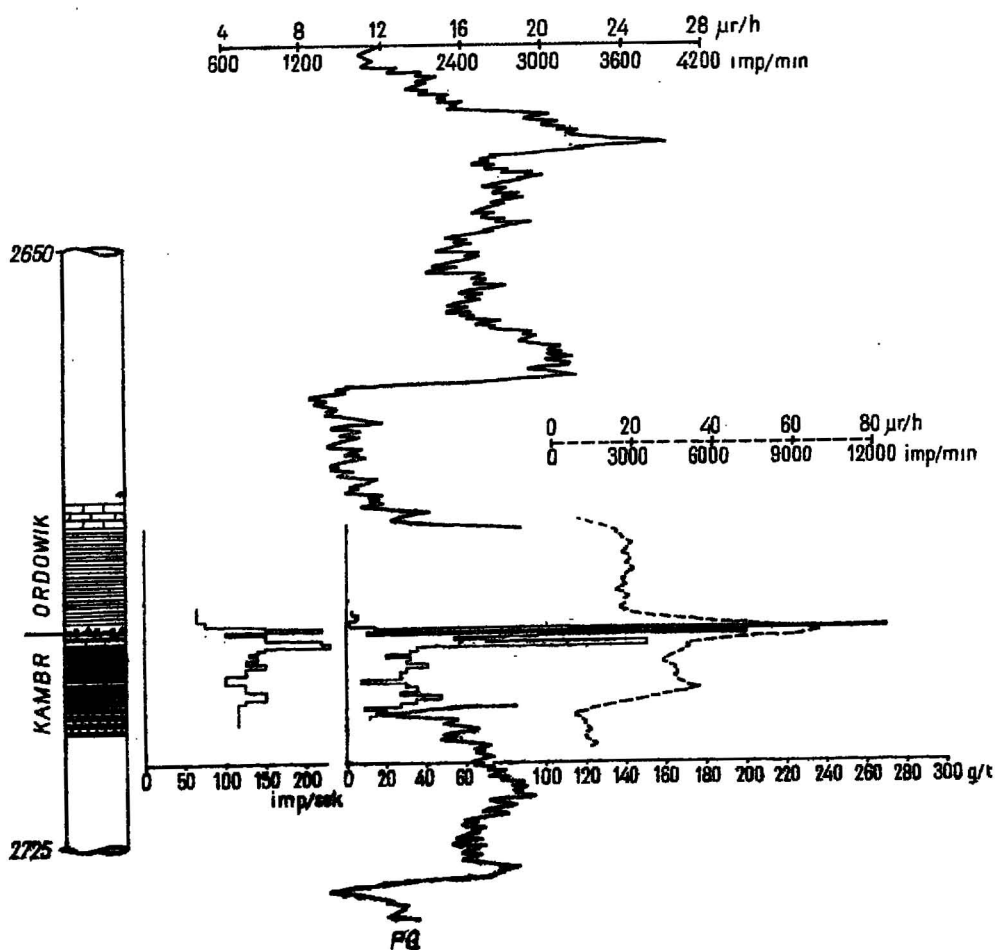


Fig. 4. Zestawienie profilu litologicznego z danymi geofizycznymi i wynikami analiz chemicznych serii uranonośnej w otworze Zarnowiec IG-4

A comparison of the lithological profile with the geophysical data and the results of chemical analyses of the uraniferous series in borehole Zarnowiec IG-4

Objaśnienia jak na fig. 3
 Explanations as in Fig. 3

Wyżej leżą iłowce dolnego arenigu (Z. Modliński, 1971) o barwie przeważnie szarej, szarzielonej lub ciemnoszarej. Glaukonit miejscami tworzy ziarniste skupienia. Powyżej występuje kompleks szarych wapieni górnego arenigu. Utwory arenigu nie wykazują podwyższonego promieniowania gamma.

ANALIZY CHEMICZNE

Z rdzeni wiertniczych w obrębie rozszerzonej strefy anomalnej pobrano 170 próbek punktowych, które poddane zostały ilościowym oznaczeniom chemicznym na zawartości uranu, radu i wybranych pierwiast-

ków rzadkich (Mo, V, Re, Se). Uran oznaczony został we wszystkich próbkach, natomiast pozostałe oznaczenia wykonane zostały tylko w próbkach wybranych. Wyniki oznaczeń uranu w przykładowych otworach podano w tab. 3 i przedstawiono graficznie na fig. 3 i 4.

Podwyższone zawartości uranu stwierdzono w kompleksie obejmującym łożysko górnego kambru i brekcję w spągu dolnego arenigu. Wyniki oznaczeń zawartości uranu w utworach górnego kambru zestawiono na histogramie (fig. 5B). Jako przedziały klasowe przyjęto odstępyperełkowe, gdyż większość próbek oznaczona została metodą luminescencyjną przy użyciu perełek wzorcowych. Ponieważ przedziały klasowe nie są sobie równe, zgodnie z zasadami sporządzania histogramów (S. Szulc, 1967) skalę pionową zmieniano każdorazowo proporcjonalnie do zmian w wielkości przedziałów. Ilość próbek w poszczególnych przedziałach została wpisana w odpowiedni prostokąt na histogramie.

W pierwszych trzech przedziałach (0—12 g/t) znajdują się próbki pobrane z przewarstwień wapiennych, natomiast w pozostałych próbkach czarnych łożyszców zawartość uranu nie spada poniżej 15 g/t. Pierwsza populacja próbek z dominantą 28,9 g/t stanowi tło geochemiczne charakterystyczne dla skał ilastych bogatych w substancję organiczną.

Druga populacja próbek z dominantą 73,7 g/t obejmuje stropową partię łożyszców górnokambryjskich (por. fig. 3 i 4). Uran występujący tu w podwyższonej ilości jest, jak się wydaje, pochodzenia synsedymencyjnego i został nagromadzony drogą sorpcji z wód zbiornika sedymencyjnego bogatych w uran.

Trzecia niewielka populacja o dominancie 257,5 g/t obejmuje cienką, parocentymetrową miąższość warstewkę łożyska, występującą w stropie osadów górnego kambru, a podścielającą bezpośrednio brekcję, występującą w spągu osadów ordowiku. Zawartości uranu dochodzą tu do kilkuset g/t. Wydaje się, że w wyniku erozyjnego rozmywania wyższych poziomów osadów górnego kambru zawarty w nich uran został częściowo przeniesiony w warstwy leżące niżej.

Badanie mikroskopowe emulsji jądrowej, którą pokryta została płytka cienka wykonana z próbki 540/SP/72 (zawartość uranu 270 g/t), wykazało bezładny rozkład torów alfa.

Warstewka brekcji w spągu ordowiku wykazuje zawartości uranu rzędu 120 g/t, przy czym w podwyższonej ilości występuje on w okrucach łożyszców górnego kambru, a w spoiwie stwierdzono zawartości niskie — rzędu kilku g/t.

Leżący na osadach górnego kambru kompleks łożyszców dolnego arenigu wykazuje jednomodalny rozkład zawartości uranu w granicach od 0 do 15 g/t (fig. 5A). Wartość dominanta, wynosząca 3,5 g/t, jest zgodna ze średnim tłem geochemicznym w łożyskach (A. Polański, K. Smulikowski, 1969).

Oznaczenia radu, wykonane w wybranych próbkach najbogatszych w uran, wskazują na nieznaczne przesunięcie równowagi promieniotwórczej w kierunku radu.

Wyniki wyrywkowych oznaczeń wybranych pierwiastków rzadkich nie nasuwają wyraźnych korelacji ze wzbogaceniem w uran. Podwyższone zawartości molibdenu (do 750 g/t) i wanađu (do 690 g/t) są w pełni uzasadnione łatwością sorbowania tych pierwiastków przez osady ilaste bogate w substancję organiczną.

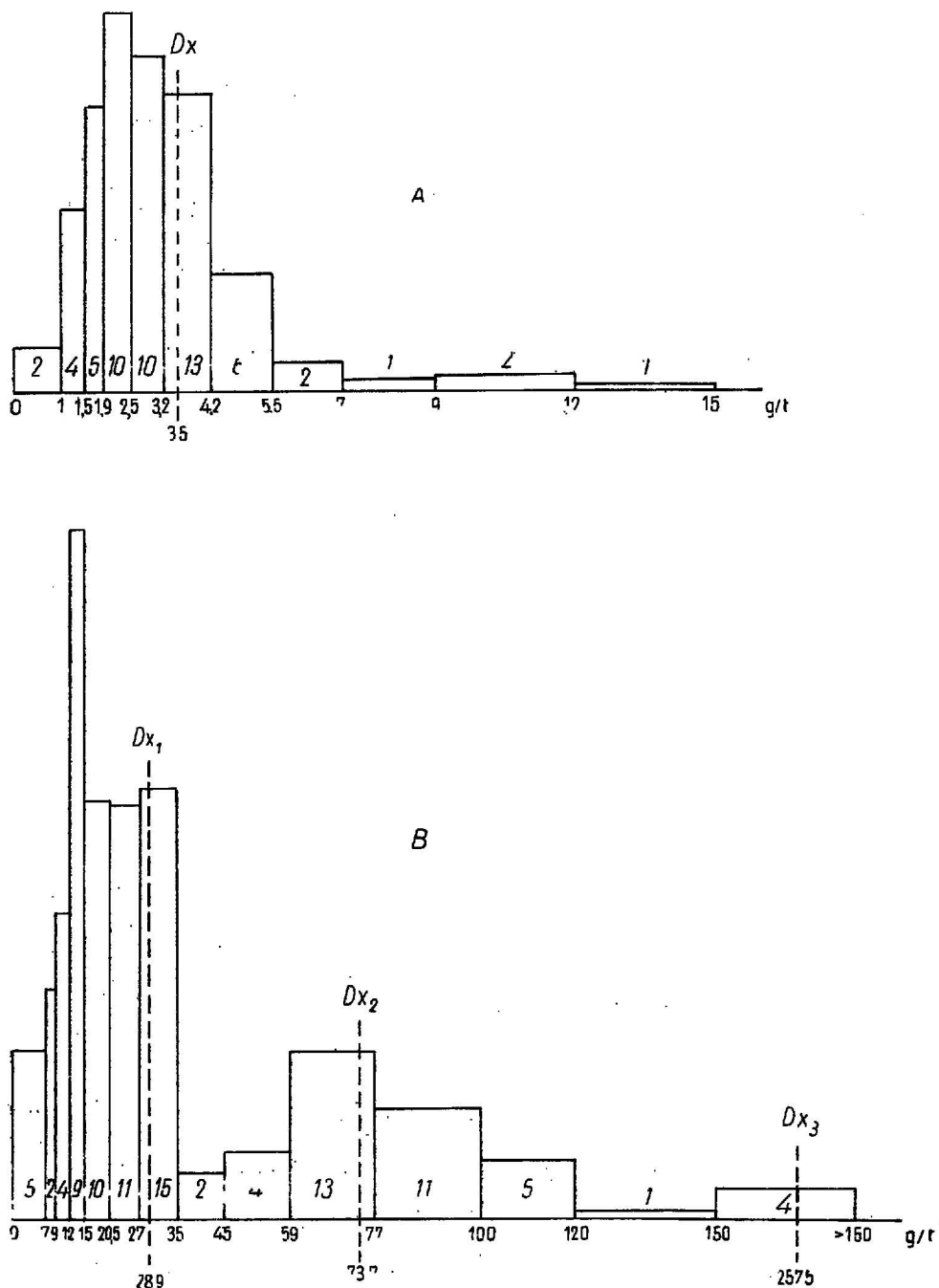


Fig. 5. Histogramy zawartości uranu w utworach dolnego arenigu (A) oraz górnego kambru (B)
 Histograms of uranium contents in the Lower Arenigian deposits (A) and in the Upper Cambrian deposits (B)

WNIOSKI OGÓLNE

Występujące na obszarze wyniesienia Łeby utwory górnego kambru wykazują podwyższone zawartości uranu. Najwyższe zawartości rzędu kilkuset g/t stwierdzono w części stropowej tego kompleksu. Wyniki badań geofizycznych w zestawieniu z analizami chemicznymi dostępnych odcinków rdzeni wydają się wskazywać na niejednolite wykształcenie kompleksu uranonośnego na obszarze wyniesienia Łeby. W rejonie Żarnowca anomalia promieniotwórcza nieznacznej miąższości, potwierdzona wynikami analiz chemicznych, występuje na granicy kambru z ordowikiem, a cały kompleks utworów górnego kambru charakteryzuje się 3 do 4-krotnym podwyższeniem natężenia naturalnego promieniowania gamma w stosunku do tła. W otworach Smołdzino 1 i Łeba 8 anomalia obejmuje natomiast kompleks kilkakrotnie większej miąższości, o natężeniu promieniowania gamma podwyższonym średnio 6 do 10-krotnie w stosunku do tła (por. tab. 2). Wydaje się więc, że stopień koncentracji uranu na omawianym obszarze rośnie w kierunku ku zachodowi, o czym można wnioskować zarówno na podstawie wielkości anomalii, jak również średnich zawartości uranu w utworach górnego kambru, obliczonych metodą średniej ważonej, która dla dostępnego odcinka rdzenia z otworu Łeba 8 wynosi 79,2 g/t i jest dwukrotnie wyższa od odpowiednich wartości w rejonie Żarnowca (Żarnowiec IG-1 — 30,8 g/t, Żarnowiec IG-1a — 39,8 g/t).

Powyższe dane wydają się sugerować, że w rejonie Łeby i Smołdzina górny kambr jest, być może, wykształcony pełniej niż w rejonie Żarnowca. Ku południowi natomiast kompleks osadów górnego kambru ulega redukcji — do ok. 80 cm w otworze Kościerzyna IG-1, gdzie jest reprezentowany przez mułowce z wkładkami wapieni. Kształt krzywej PG w otworach Łeba 8 i Smołdzino 1 wydaje się wskazywać na znaczną redukcję poziomu łożysk dolnego arenigu, gdyż kompleks anomalny obejmujący niewątpliwie osady górnego kambru występuje niemal bezpośrednio pod charakterystycznym poziomem wapieni górnego arenigu i lanwirnu.

Wydaje się prawdopodobne, że w wyniku pionowych przesunięć na obszarze wyniesienia Łeby, stwierdzonych metodami geofizycznymi, wzdłuż dyslokacji o założeniach przedpaleozoicznych, a odnawianych wielokrotnie (S. Depowski, S. Tyski, 1968; S. Lisiakiewicz, 1970) nastąpiło na sąsiadujących obszarach erozyjne rozmycie różnych poziomów serii uranonośnej. O erozyjnym charakterze luki stratygraficznej na granicy kambru i ordowiku pozwala wnioskować warstewka brekcji występująca w spągu utworów ordowiku.

Przy braku pełnego rdzeniowania istnieją niezgodności w pionowej lokalizacji danych wiertniczych i geofizycznych, toteż bliższa charakterystyka serii uranonośnej poza rejonem Żarnowca nie jest obecnie możliwa.

Poziomy faunistyczne górnego kambru wyniesienia Łeby dają się, w pełni korelować z górnym kambrem Szwecji (K. Lenzion, 1970), gdzie występuje pełny profil górnego kambru o większej miąższości (G. Regnell, 1960). Wydaje się nie ulegać wątpliwości, że przewiercony na wyniesieniu Łeby kompleks osadów górnego kambru utworzył się w zbiorniku, który obejmował Skandynawię i obszar nadbałtycki oraz rozciągał się dalej ku południowi na teren Gór Świętokrzyskich (E. Tomczykowa, 1968).

Górnokambryjskie łupki ałunowe występujące w Szwecji na powierzchni wykazują średnie zawartości uranu przeważnie ponad 100 g/t, a na obszarze eksploatacyjnym *Billingen* — średnio ok. 300 g/t, i do ok. 3000 g/t w soczewkach węglistych (E. Svenke, 1958). W rejonie Oslo średnie zawartości uranu w łupkach górnego kambru również osiągają wartości rzędu 100 g/t (T. T. Siggerud, 1958). Podwyższone zawartości uranu w Szwecji stwierdzono w kompleksie od drugiego poziomu górnego kambru do tremadoku włącznie, z tym że najwyższe zawartości uranu o znaczeniu przemysłowym występują w osadach poziomu 5 (*Peltura*) i 6 (*Acerocare*) — (E. Svenke, 1958).

Jak już wspomniano poprzednio, luka stratygraficzna na granicy kambru i ordowiku w rejonie Żarnowca na wyniesieniu Łeby obejmuje górną część poziomu 5 (*Peltura*), poziom 6 (*Acerocare*) i tremadok (K. Lendzion, 1970), a więc w zasadzie kompleks w Skandynawii uranonośny tu został niemal całkowicie zerodowany.

Stwierdzenie uranonośności utworów górnego kambru na wyniesieniu Łeby pozwala przypuszczać, że warunki sedymentacji w zbiorniku górnokambryjskim były stałe na znacznym obszarze, obejmującym także obecne wyniesienie Łeby, przy czym uran pochodzący najprawdopodobniej z niszczenia uranonośnych prekambryjskich skał krystalicznych, powszechnie występujących na obszarze Skandynawii (E. Welin, 1966) musiał być dostarczany do zbiornika sedymentacyjnego w znacznych ilościach.

Zakład Ziół Pierwiastków Rzadkich i Promieniotwórczych
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 18 stycznia 1973 r.

PIŚMIENICTWO

- DEPOWSKI S., TYSKI S. (1968) — Budowa geologiczna syneklizy perybałtyckiej i warunki występowania bituminów. *Prz. geol.*, 16, p. 324—330, nr 7. Warszawa.
- LENDZION K. (1970) — Eokambry i kambry w otworze Żarnowiec IG-1. *Prz. geol.*, 18, p. 343—344, nr 7. Warszawa.
- LISIAKIEWICZ S. (1970) — Problemy strukturalne na obszarze tzw. wyniesienia Łeby w świetle sejsmicznych badań refleksyjnych. *Prz. geol.*, 18, p. 344—345, nr 7. Warszawa.
- MODLIŃSKI Z. (1971) — Osady ordowiku na wyniesieniu Łeby. *Kwart. geol.*, 15, p. 547—555, nr 3. Warszawa.
- POLAŃSKI A., SMULIKOWSKI K. (1969) — *Geochemia*. Wyd. Geol. Warszawa.
- REGNELL G. (1960) — The Lower Paleozoic of Scania. *Inter. Geol. Congress, XXI ses. Norden*.
- SIGGERUD T. T. (1956) — С месторождениях урана и тория в Норвегии. Материалы Международной Конференции по мирному использованию атомной энергии. 6. Москва.
- SVENKE E. (1958) — Месторождения урана в Швеции. Материалы Международной Конференции по мирному использованию атомной энергии. 6. Москва.

- SZULC S. (1967) — *Metody statystyczne*. Wyd. 4. PWE. Warszawa.
- TOMCZYKOWA E. (1968) — *Stratygrafia osadów najwyższego kambru w Górach Świętokrzyskich*. Pr. Inst. Geol., 54, p. 1—85. Warszawa.
- WELIN E. (1966) — *Uranium mineralizations and age relationships in the Precambrian bedrock of Central and Southeastern Sweden*. Geol. Fore. Forhand., 88, nr 524, p. 34—37. Sztokholm.

Войцех МОРАВСКИ

ПРОЯВЛЕНИЯ УРАНОНОСНОСТИ В ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕРХНЕГО КЕМБРИЯ НА ФОНЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ ОСАДОЧНОГО ПОКРОВА ПОДНЯТИЯ ЛЭБЫ

Резюме

Геофизические исследования, проведенные в глубоких скважинах на поднятии Лэбы (фиг. 1), дали полный разрез интенсивности естественного гамма излучения осадочного покрова этой территории (фиг. 2). Технические данные замеров гамма излучения приведены в таблице 1.

На границе кембрия и ордовика установлено наличие аномалии гамма излучения, количественная характеристика которой приведена в таб. 2. Аномальным горизонтом являются черные битуминозные аргиллиты верхнего кембрия, переслаивающиеся известняками и минерализованные пиритом. Имеющийся на границе кембрия и ордовика стратиграфический перерыв охватывает самые верхние горизонты кембрия и тремадок (К. Лендзён, 1970)

Химическое определение урана (таб. 3) показало его содержание, достигающее нескольких сотен g/m . Согласно с результатами радиометрических измерений, самое большое содержание урана приходится на кровлю верхнекембрийских отложений.

Концентрация урана в аргиллитах верхнего кембрия указывает на наличие трех генераций (фиг. 5). Первая с содержанием 28,9 g/m составляет геохимический фон, вторая с содержанием 73,7 g/m охватывает сингенетическую сорбционную концентрацию урана в кровле верхнекембрийских отложений, а третья с содержанием 257,5 g/m включает пропласток с содержанием урана вероятно вторично повышенным во время эрозии высших горизонтов кембрия. Результаты отдельных анализов выбранных редких элементов не вызывают четких сопоставлений с обогащением ураном.

На основании геофизических данных, в сопоставлении их с результатами химических анализов, можно сделать вывод, что степень концентрации урана увеличивается в западном направлении, что вероятно происходит благодаря несколько отличному, а вероятное всего более полному, развитию пород верхнего кембрия в районе Смолдзина и Лэбы по сравнению с районом Жарновца (фиг. 3 и 4).

Концентрация урана в аргиллитах верхнего кембрия поднятия Лэбы при полной фаунистической корреляции этих отложений с ураноносными кварцевыми сланцами Скандинавии (К. Лендзён, 1970), указывает на то, что они являются фрагментом отложений обширного сассейна, куда приносилось большое количество урана, происхождение которого вероятно связано с разрушением кристаллических пород Скандинавии.

Wojciech MORAWSKI

**URANIUM MANIFESTATIONS IN THE UPPER CAMBRIAN
DEPOSITS AGAINST THE BACKGROUND OF NATURAL
RADIOACTIVITY OF THE SEDIMENTARY COVER WITHIN
THE LEBA ELEVATION**

Summary

Geophysical measurements made in deep boreholes completed within the Leba elevation (Fig. 1) yielded data to construct a profile of natural gamma PG radiation intensity in the sedimentary cover of this area (Fig. 2). Technical data of the measurements are given in Table 1.

An anomaly of gamma radiation has been ascertained to occur at the Cambrian-Ordovician boundary. The quantitative characteristic of this anomaly is given in Table 2. The anomalous horizon corresponds here to black bituminous claystones of Upper Cambrian age, interbedded with limestones and mineralized with pyrite. A stratigraphical gap, found to occur at the Cambrian-Ordovician boundary, comprises the uppermost horizons of the Upper Cambrian and the Tremadocian (K. Lenzion, 1970).

Chemical determinations of uranium (Table 3) demonstrate that its contents amount here to some hundred g/t. In accordance with the results of radiometric measurements, the highest uranium contents are found at the top of the Upper Cambrian deposits.

The concentration of the uranium in the Upper Cambrian claystones shows three populations (Fig. 5B). The first population, the dominant of which amounts to 28,9 g/t, makes here the geochemical background. The second one, with its dominant equal to 73,7 g/t, comprises the syngenetic sorption concentration of uranium at the top of the Upper Cambrian deposits, whereas the third one, having its dominant amounting to 257,5 g/t, is related to a lamina, which most probably has secondarily increased contents of uranium due to the erosional processes of the higher horizons of Cambrian age. The results of some analyses made at random of several selected rare chemical elements do not suggest any relation to an enrichment in uranium here.

On geophysical data compared with the results of chemical analyses we can draw a conclusion that the degree of uranium concentration increases westwards, most probably due to a somewhat different, very likely also due to a later development of the Upper Cambrian deposits in the region of Smoldzino and Leba, as compared with the region of Żarnowiec (Figs 3 and 4).

The uranium concentration in claystones of Upper Cambrian age within the Leba elevation, related to the whole faunistic correlation of these deposits with the uraniumiferous alum slates in Scandinavia (K. Lenzion, 1970) points to a fact that they are a fragment of the deposits laid down in a vast basin supplied in the past with a big amount of uranium, most probably transported from the destructed crystalline rocks of Scandinavia.