

Andrzej MIESZTAŁSKI

Własności petrofizyczne osadów kambru i eokambru wyniesienia Łeby

WSTĘP

W artykule przedstawiono próbę scharakteryzowania osadów kambru oraz serii żarnowieckiej, zaliczanej do eokambru (K. Lendzion, 1969; B. Areń, 1972), występujących na wyniesieniu Łeby, pod kątem ustalenia prawidłowości rozkładu parametrów petrofizycznych oraz możliwości ich korelacji w obrębie badanego obszaru.

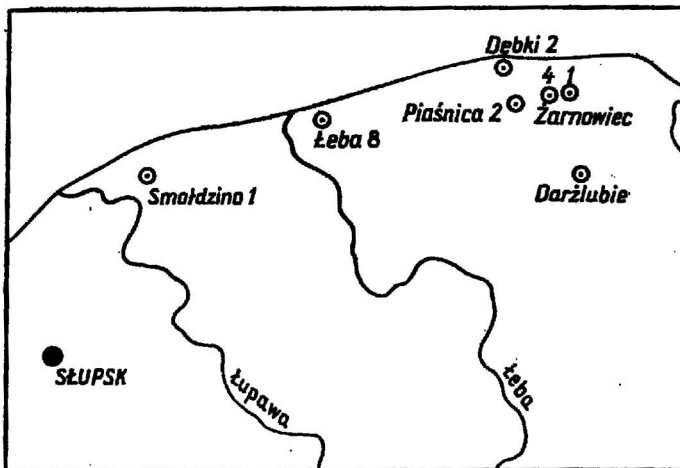


Fig. 1. Szkic sytuacyjny omawianych wierceń na obszarze wyniesienia Łeby
Situational scheme of the discussed bore-holes in the area of the Łeba elevation

Analizowane utwory przewiercono lub nawiercono dotychczas w 11 otworach wykonanych na zlecenie Instytutu Geologicznego w Warszawie i Zjednoczenia Górnictwa Naftowego w Warszawie. Do prowadzonych ba-

dań wykorzystano wyniki pomiarów własności fizycznych z ośmiu wierceń. Są to: Dębki 2, Darżlubie IG 1, Leba 8, Piaśnica 2, Smołdzino 1, Żarnowiec IG 1, Żarnowiec IG 1a, oraz Żarnowiec IG 4 (fig. 1). Dodatkowo, do celów porównawczych, przebadano wyniki niektórych pomiarów z wierceń Kościerzyna IG 1 i Prabuty IG 1, zlokalizowanych poza obszarem objętym opracowaniem.

W sumie wymienione wiercenia dostarczyły danych z około 3600 m profilu kambru i eokambru zachodniej części syneklizy perybałtyckiej, w tym około 2600 m profilu dotyczy omawianego rejonu, dla którego dysponowano około 800 pomiarami porowatości efektywnej, 87 pomiarami porowatości całkowitej (z otw. Żarnowiec IG 1), około 540 pomiarami przepuszczalności, niewielkimi ilościami pomiarów petrofizycznych, wykonanych na szlifach z wierceń Żarnowiec IG 1 i IG 4, oraz pomiarami ciężarów właściwych i objętościowych, wilgotności i zawartości CaCO_3 z wierceń Żarnowiec IG 1 i Darżlubie IG 1. Wykorzystano także w pewnym stopniu wyniki badań geochemicznych i jakościowe wyniki geofizyczne (profilowanie gamma i neutron-gamma). Duże znaczenie przy analizowaniu porowatości skał kambru i eokambru wyniesienia Leby miały pomiary geometrii przestrzeni porowej, wykonane metodą porozymetru rtęciowego (T. Szura, B. Wittek, 1974). Należy zaznaczyć, że metoda ta została po raz pierwszy zastosowana w Polsce do badania własności fizycznych skał, które to własności decydują o możliwości akumulacji i migracji węglowodorów.

WŁASNOŚCI PETROFIZYCZNE

LITOLOGIA OSADÓW ORAZ ICH PARAMETRY FIZYCZNE

Kambr i eokambr wyniesienia Leby budują osady piaskowcowe, mułowcowe, iłowcowe i w niewielkim procencie węglanowe. Tworzą one bądź jednorodne kompleksy skalne różnej miąższości, bądź też osad niejednorodny, składający się z licznych przewarstwień lub lamin.

Najpośledniejszą rolę w omawianych profilach odgrywają skały węglanowe, spotykane w postaci wkładek lub soczewek wapieni organogenicznych i krystalicznych kambru górnego oraz sporadycznie kambru środkowego. Porowatość efektywna wapieni nie przekracza 2%, porowatość całkowita (pomierzona jedynie w wierceniu Żarnowiec IG 1) wyższa jest o około 20% od porowatości efektywnej. W przestrzeniach międzykrystalicznych występują domieszki materiału ilastego, któremu towarzyszą skupienia substancji węglistej i substancji bitumicznej (około 0,1–0,2%). Wilgotność, najniższa w całym badanym profilu, nie przekracza 0,1%. W skałach tych nie obserwowano żadnych poważniejszych objawów węglowodorów.

Ważnym komponentem osadów kambryjskich są iłowce i mułowce, występujące bądź to jako jednorodne kompleksy skalne, bądź też jako przewarstwienia lub laminy nieomal w całym profilu. Porowatości osadów iłowcowych są niewielkie, według pomiarów laboratoryjnych rzadko przekraczające 3%. Wielkości te są przewyższone ze względu na zastosowaną metodę pomiaru (A. Miesztalski, 1975). To samo odnosi się do pomierzonych wielkości porowatości całkowitej, która jest nieraz kilkakrotnie wyższa od porowatości efektywnej, co w świetle dotychczasowych badań na świecie wydaje się być niemożliwe (W. L. Russell, 1960). Niezależnie jed-

nak od stopnia zawyżenia wyników porowatość efektywna iłowców jest tego rzędu, iż skały te mogą spełniać jedynie rolę izolującą. Ma to istotne znaczenie w kambrze, gdzie iłowce i mułowce (mające podobne parametry fizyczne) dzielą profil na szereg poziomów o podwyższonych wartościach porowatości efektywnej i przepuszczalności.

Podobne warunki zbiornikowe mają mułowce, w których wielkości porowatości efektywnej i przepuszczalności według klasyfikacji Levorsena uważane są za minimalne (A. I. Levorsen, 1956). Skały te zbudowane są w dużym procencie z kwarcu detrytycznego (40—60%), minerałów ilastych, łyszczyków oraz niewielkiej ilości węglanów (około 2%). W niższych ogniwach kambru środkowego oraz w kambrze dolnym częstym składnikiem mułowców jest glaukonit. Dostyć duża ilość substancji bitumicznej znajduje się w formie rozproszonej, bądź też tworzącej gruzłowate skupienia, najczęściej układa się zgodnie z uwarstwieniem (Z. Walenczak, 1973).

Najpoważniejszą potencjalną skałą zbiornikową w omawianych profilach są piaskowce, stanowiące jeden z podstawowych składników osadów kambryjskich oraz jedyny składnik osadów eokambru. Tworzą one (podobnie jak w przypadku iłowców i mułowców) na pewnych odcinkach profilu osad jednorodny, a w innych odcinkach wkładki lub laminy wśród pozostałych skał.

Skład mineralny piaskowców jest mało urozmaicony. Budują je w około 85—95% ziarna kwarcu, glaukonitu, dostyć obficie występujące w dolnym kambrze środkowym, kambrze dolnym i eokambrze, podrzędne ilości cyrkonu, turmalinu, pirytu oraz węglanów. Te ostatnie występują bądź jako składnik detrytyczny, bądź jako spoiwo. Frakcja materiału detrytycznego jest drobna (rzędu 0,1—0,15 mm), średnia, a nawet — w przypadku piaskowców typu arkozowego — gruba (wg klasyfikacji Szwiecowa). Stopień obtoczenia materiału detrytycznego jest różny, od słabo obtoczonych ziarn, przeważnie frakcji drobnej, do średnio obtoczonych, a nawet sporadycznie do ziarn bardzo dobrze obtoczonych.

Substancja bitumiczna na ogół dostyć wyraźnie impregnuje piaskowce, przy czym stopień jej koncentracji jest niejednolity. Przeważnie większe koncentracje substancji bitumicznej związane są z piaskowcami ilastymi.

Spoiwo omawianych skał jest najczęściej typu kontaktowego, składa się często z obwódek regeneracyjnych wokół ziarn kwarcu i wypełnia puste przestrzenie. Rzadziej spotykane jest spoiwo ilaste typu masy wypełniającej z przewagą minerałów grupy illitu, serycytu i w mniejszym stopniu kaolinu. W pierwszym typie spoiwa (dominującym) materiał detrytyczny piaskowców najczęściej jest dobrze upakowany, co w dużej mierze ogranicza ilość porów w skale. Porowatość efektywna w tej sytuacji waha się od ułamków procenta do kilkunastu procent (maksymalna porowatość efektywna obserwowana w piaskowcach kambru i eokambru wynosi około 15%). Cechą charakterystyczną porowatości badanych skał jest jej duże zróżnicowanie w kompleksach o niemal jednakowym składzie materiału detrytycznego, frakcji, obtoczenia, spoiwa itd.

ROZKŁAD WIELKOŚCI I MORFOLOGIA PORÓW

Porowatość omawianych skał badana była różnymi metodami pozwalającymi na określenie jej wielkości i morfologii oraz na pomiarzenie geometrii przestrzeni porowej. W efekcie tych prac wielkości umownych pro-

mieni subkapilar i kapilar, odgrywających najistotniejszą rolę w porowatości efektywnej osadów kambru i eokambru, ocenia się na $0,05 \mu$ do ponad 150μ (T. Szura, B. Wittek, 1974).

Udział porów o promieniach wyższych od $0,5 \mu$, czyli tak zwanych kapilar, jest prawie równomierny we wszystkich analizowanych osadach wyniesienia Łeby, a także najprawdopodobniej w całej zachodniej syneklizie perybałtyckiej (Kościerzyna IG 1 i Prabuty IG 1) i wynosi od 0,03 do 0,9%. W badanych wierceniach na 172 pomiary jedynie w siedmiu przypadkach porowatość kapilarna była wyższa i wynosiła 2–4,5%.

Najwyższy udział w porowatości skał mają pory typu subkapilar o promieniach niższych od $0,5 \mu$, głównie zawarte w przedziale od 0,1

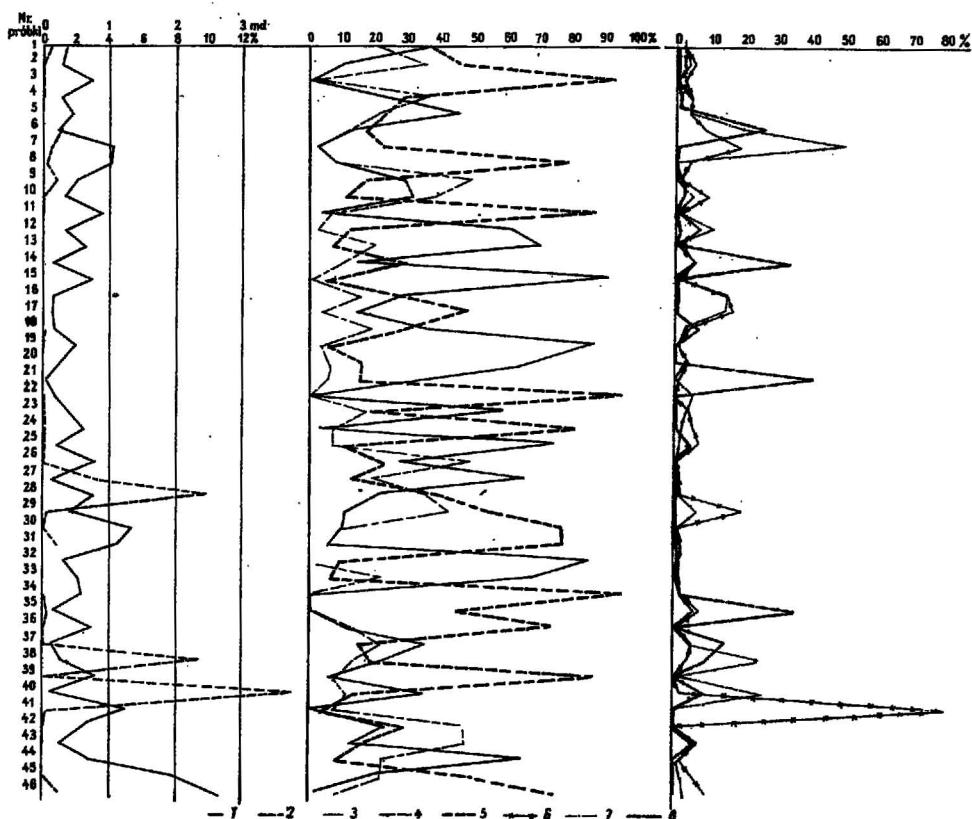


Fig. 2. Procentowy rozkład umownych promieni porów w osadach kambru i eokambru wiercenia Żarnowiec IG 1

Percent distribution of conventional diameters of pores in the Cambrian and Eocambrian deposits from the IG 1 Żarnowiec bore-hole

1 — porowatość efektywna; 2 — przepuszczalność; 3 — promienie porów $< 0,05 \mu$; 4 — promienie porów $0,05-0,1 \mu$; 5 — promienie porów $0,1-0,5 \mu$; 6 — promienie porów $0,5-1,0 \mu$; 7 — promienie porów $1,0-5,0 \mu$; 8 — promienie porów $> 5,0 \mu$; 1-46 — numery próbek

1 — effective porosity; 2 — permeability; 3 — diameters of pores $< 0,05 \mu$; 4 — diameters of pores $0,05-0,1 \mu$; 5 — diameters of pores $0,1-0,5 \mu$; 6 — diameters of pores $0,5-1,0 \mu$; 7 — diameters of pores $1,0-5,0 \mu$; 8 — diameters of pores $> 5,0 \mu$; 1-46 — numbers of samples

do $0,5 \mu$. Związek pomiędzy procentową ilością subkapilar a ogólną porowatością badanych utworów widoczny jest na zestawieniach graficznych (fig. 2 i 3).

Z analizy rozkładu promieni przestrzeni porowych na tle litologii profili wierceń Żarnowiec IG 1 i Darżlubie IG 1 wynika, że kapilary mają procentowo najwyższy udział w skałach mułowcowo-iłwcowych, a więc

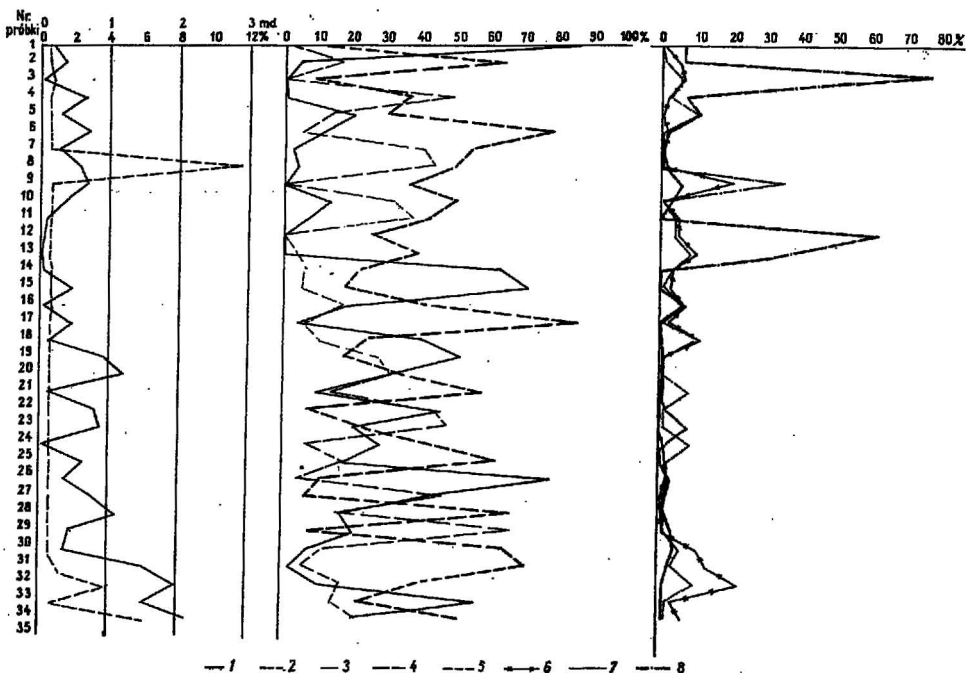


Fig. 3. Procentowy rozkład umownych promieni porów w osadach kambru i eokambru wiercenia Darżlubie IG 1

Percent distribution of conventional diameters of pores in the Cambrian and Eocambrian deposits from the IG 1 Darżlubie bore-hole

1 — porowatość efektywna; 2 — przepuszczalność; 3 — promienie porów $< 0,05 \mu$; 4 — promienie porów $0,05-0,1 \mu$; 5 — promienie porów $0,1-0,5 \mu$; 6 — promienie porów $0,5-1,0 \mu$; 7 — promienie porów $1,0-5,0 \mu$; 8 — promienie porów $> 5,0 \mu$; 1-35 — numery próbek

1 — effective porosity; 2 — permeability; 3 — diameters of pores $< 0,05 \mu$; 4 — diameters of pores $0,05-0,1 \mu$; 5 — diameters of pores $0,1-0,5 \mu$; 6 — diameters of pores $0,5-1,0 \mu$; 7 — diameters of pores $1,0-5,0 \mu$; 8 — diameters of pores $> 5,0 \mu$; 1-35 — numbers of samples

w osadzie, w którym całkowita porowatość efektywna jest najniższa i odwrotnie, subkapilary mają procentowo najwyższy udział w osadach zawierających niewielką ilość materiału ilastego, w postaci spoiwa, przeważnie typu kontaktowego.

Jak wynika z przytoczonych faktów, wielkość porowatości efektywnej w badanych skałach uzależniona jest w dużej mierze od rodzaju i ilości spoiwa. Znaczne jego ilości, głównie składające się z minerałów ilastych, eliminują (wypełniają) pory małe — typu subkapilar, które odgrywają najpoważniejszą rolę w porowatości efektywnej.

Ważną rolę w ocenie porowatości odgrywa także morfologia przestrzeni porowej. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji mikroskopowych, na specjalnie przygotowanych szlifach (z wierceń Żarnowiec IG 1 i IG 4), spotykane pory można zaklasyfikować z grubsza do trzech podstawowych typów: a — pory typu pustek; b — pory typu mikroszczelinek międzyziarnowych; c — mikroszczeliny.

Pory typu pustek mają kształty dosyć dowolne, najczęściej zbliżone do owalnych, o nierównych powierzchniach ścianek, na których często występują wtrącenia siarczków żelaza. Średnice porów wynoszą od kilku mikronów do około 300 mikronów. Pustki te, obserwowane w szlifach, są porami zamkniętymi, jedynie w nielicznych przypadkach komunikującymi się między sobą lub z porami innych typów. Występują prawie we wszystkich skałach kambru i eokambru, niezależnie od ich składu mineralnego, frakcji i stopnia obtoczenia materiału detrytycznego, niemniej procentowy ich udział jest największy w piaskowcach różnoziarnistych środkowego kambru.

Pory typu mikroszczelinek międzyziarnowych tworzą szczelinki o szerokościach dochodzących do około 50 mikronów, ograniczone ściankami o gładkich powierzchniach, bez nacieków i wtórnych wytrąceń. Występują pojedynczo lub też w postaci sieci kanalików, najczęściej w skałach o teksturze zbitej. Ścianki porów są na ogół do siebie równoległe, odzwierciedlają kształty tworzących je ziaren. Porowatość tego typu jest niewątpliwie częścią składową porowatości efektywnej osadu.

Mikroszczeliny występują w utworach o różnej frakcji, różnym stopniu obtoczenia materiału detrytycznego, różnym składzie mineralnym, jak też w skałach o dowolnej zawartości i charakterze spoiwa. Spotykane są w skałach jednorodnych oraz w skałach laminowanych i warstwowych. W tych ostatnich mikroszczeliny spotykane są najczęściej na granicy lamin lub przewarstwień. Szerokości mikroszczelin nie przekraczają 40 μ , powierzchnie ścianek są gładkie, bez wytrąceń.

Wydzielone typy porowatości charakteryzują się nie tylko odmienną morfologią i wymiarami, ale też najprawdopodobniej i czasem powstawania. Do genetycznie starszych wydają się należeć pory typu pustek. Kształt oraz fakt, iż w przeważającej mierze ich powierzchnie pokryte są pirytem świadczyłyby, że powstały one bądź w okresie osadzania się sedymentu, bądź też w okresie, gdy w stosunkowo luźnym osadzie mogła odbywać się swobodna cyrkulacja wody i migracja substancji organicznej. Pierwszy z tych czynników mógł wpłynąć na usunięcie minerałów łatwo rozpuszczalnych, np. węglanów, powodując powstanie pustych przestrzeni. Drugi czynnik mógł spowodować nagromadzenie substancji organicznej w tak powstałych porach lub też w porach pierwotnych (sedymenacyjnych), co w dalszej konsekwencji sprzyjało krystalizacji pirytu.

Do młodszej generacji prawdopodobnie należą pory typu mikroszczelinek międzyziarnowych oraz mikroszczeliny. Brak na ich powierzchniach wtórnych wytrąceń albo ich obecność w niewielkiej ilości świadczyć może, że powstały one w okresie znacznej konsolidacji osadu, w którym wskutek procesów rekryystalizacyjnych i kompakcyjnych drogi migracji zostały ograniczone. Samo powstanie porów i mikroszczelin tego typu związane jest ze zmianami w osadzie wywołanymi procesami diagenetycznymi oraz ruchami tektonicznymi. Efektem tej działalności była z jednej

strony konsolidacja osadu, z drugiej strony — wskutek różnych niejednokrotnie lokalnych (w obrębie warstw) rozprężeń, wywołanych np. zmianami objętości osadów ilastych — rozsuniecie ziaren lub spękanie osadu.

WSPÓLZALEŻNOŚĆ MIĘDZY POROWATOŚCIĄ EFEKTYWNA A PRZEPUSZCZALNOŚCIĄ SKAŁ

Ustalenie wzajemnych związków zachodzących pomiędzy porowatością efektywną a przepuszczalnością skały ma duże znaczenie przy określaniu jej możliwości kolektorskich. Dlatego też treścią niniejszego rozdziału jest próba wyjaśnienia współzależności tych parametrów.

Jak wynika z rozważań przytoczonych poprzednio, na wielkość porowatości efektywnej badanych osadów istotny wpływ ma ilość występujących w nich subkapilar. Z zestawień graficznych (fig. 2, 3) widać jednak, że nie w każdym przypadku najwyższym przyrostom porowatości efektywnej odpowiada proporcjonalny przyrost przepuszczalności. Widoczna zależność tych parametrów zachodzi jedynie wtedy, gdy na subkapilary składają się pory o wielkościach promieni zawartych w najwyższych partiach tego przedziału, czyli o promieniach rzędu 0,05—0,5 μ . Spowodowane jest to najprawdopodobniej tym, że w subkapilarach o promieniach niższych siły kapilarne w znacznym stopniu utrudniają swobodny przepływ medium. Innymi słowy, skały takie stwarzają tak duże opory filtratowi, że omawiane współzależności mogą przebiegać w innych, prawie niezauważalnych proporcjach.

W celu przedstawienia związków porowatości efektywnej i przepuszczalności w makroskali sporządzono diagramy zależności dla osadów kambru i eokambru omawianego obszaru (fig. 4, 5).

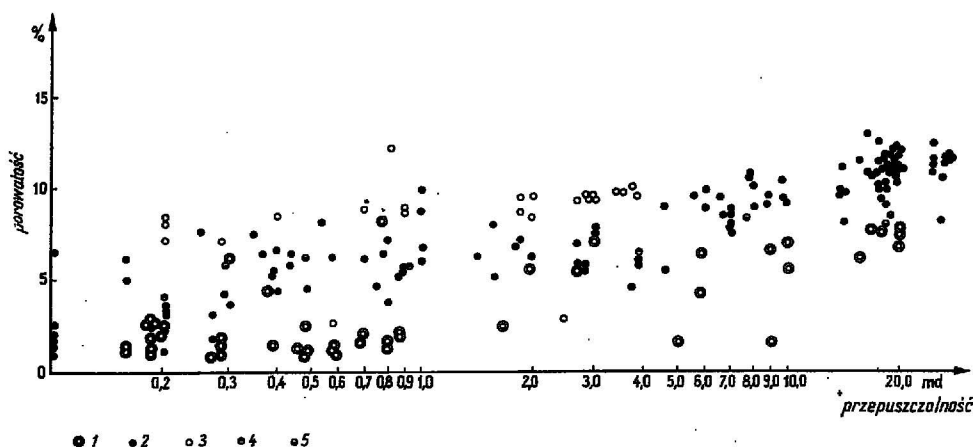


Fig. 4. Zależność między przepuszczalnością a porowatością efektywną w osadach kambru wyniesienia Leby

Correlation between permeability and effective porosity in the Cambrian deposits of the Leba elevation

próbki z wierceń: 1 — Żarnowiec IG 1a; 2 — Żarnowiec IG 4; 3 — Darżlubie IG 1; 4 — Dębki 2; 5 — Piaśnica 2
bore-hole samples: 1 — Żarnowiec IG 1a; 2 — Żarnowiec IG 4; 3 — Darżlubie IG 1; 4 — Dębki 2; 5 — Piaśnica 2

Rozkład punktów na diagramie przedstawiającym związki tych parametrów w osadach kambru wyniesienia Łeby (fig. 4) jest reprezentatywny na całej swej długości (od 0,1 md do ponad 20 md przepuszczalności i odpowiednio od około 0,5% do ponad 13% porowatości). Zwiększającym się wartościom porowatości efektywnej generalnie odpowiadają zwiększające się proporcjonalnie wartości przepuszczalności. Przy jednakowych proporcjach przyrostu tych parametrów tym samym wartościom porowatości efektywnej odpowiadają, w różnych wierceniach omawianego obszaru, różne wartości przepuszczalności, np: w wiercieniu Żarnowiec IG 4 porowatości około 1% odpowiada przepuszczalność około 0,2 md, natomiast w wiercieniu Darżlubie IG 1 ta sama przepuszczalność (0,2 md) osiągnięta jest dopiero przy porowatości około 7%.

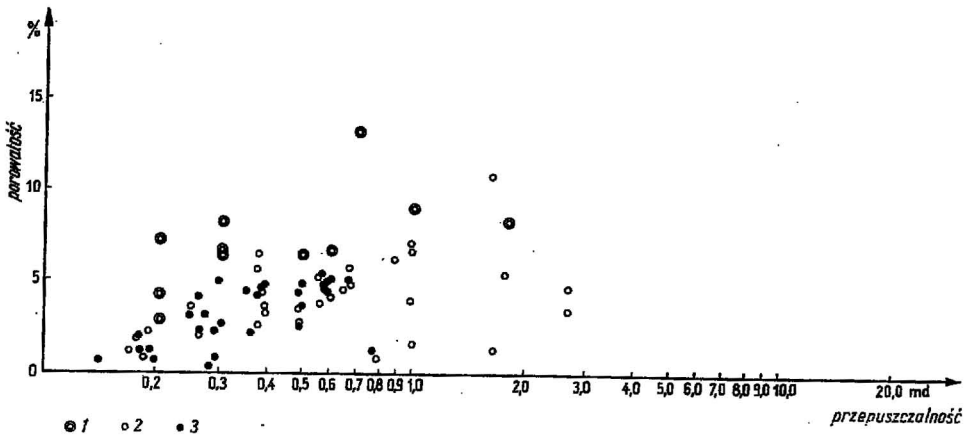


Fig. 5. Zależność między przepuszczalnością a porowatością efektywną w osadach eokambru wyniesienia Łeby
Correlation between permeability and effective porosity in the Eocambrian deposits of the Leba elevation
próbki z wierceń: 1 — Darżlubie IG 1; 2 — Leba 8; 3 — Smołdżino 1
bore-hole samples: 1 — Darżlubie IG 1; 2 — Leba 8; 3 — Smołdżino 1

Z diagramu zestawionego na podstawie wyników z pięciu wybranych wierceń (Żarnowiec IG 1a i IG 4, Darżlubie IG 1, Piaśnica 2 i Dębki 2) wynika, że zależności te najkorzystniej dla celów poszukiwawczych kształtują się w wiercieniu Żarnowiec IG 1a, nieco gorzej przedstawiają się w wierceniach Żarnowiec IG 4, Piaśnica 2 i Dębki 2, najniekorzystniejsze są natomiast w wiercieniu Darżlubie IG 1.

Mimo dosyć znacznego rozrzutu punktów na omawianych diagramach, szczególnie w jego części obejmującej niskie wartości (większy procentowo udział kapilar w porowatości efektywnej) widoczny jest znaczny związek pomiędzy omawianymi wartościami badanych parametrów.

Nieco inaczej kształtuje się sytuacja w osadach eokambru badanego rejonu. Diagram współzależności przepuszczalności i porowatości efektywnej nie daje jednoznacznej odpowiedzi, a to ze względu na to, iż przy jego sporządzeniu dysponowano dużo mniejszą ilością danych podstawowych (nie wszystkie wiercenia przebiły utwory eokambru). Niemniej wy-

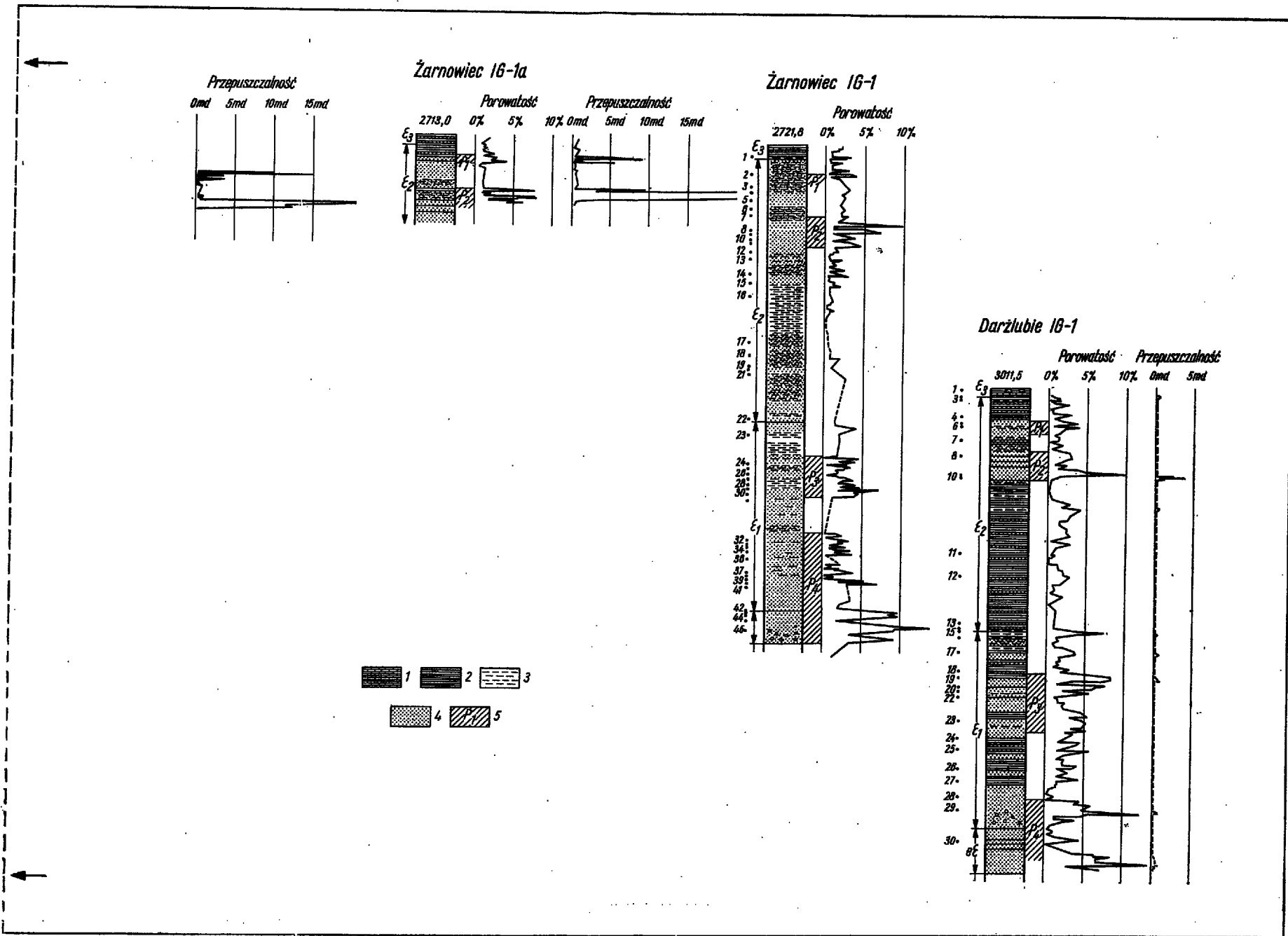


Fig. 6. Profil korelacyjny wydzielen petrofizycznych kambriu i eokambriu wyniesienia Leby

Correlation profile of the petrophysical selections of the Cambrian and Eocambrian formations in the Leba elevations

1 — wapienie; 2 — iłowce; 3 — mulowce; 4 — piaskowce; 5 — poziomy petrofizyczne; 6 — numery próbek pobranych do badań geometrii przestrzeni porowej skał
 1 — limestones; 2 — claystones; 3 — siltstones; 4 — sandstones; 5 — petrophysical horizons; 6 — numbers of samples taken for examinations in porous space geometry of rocks

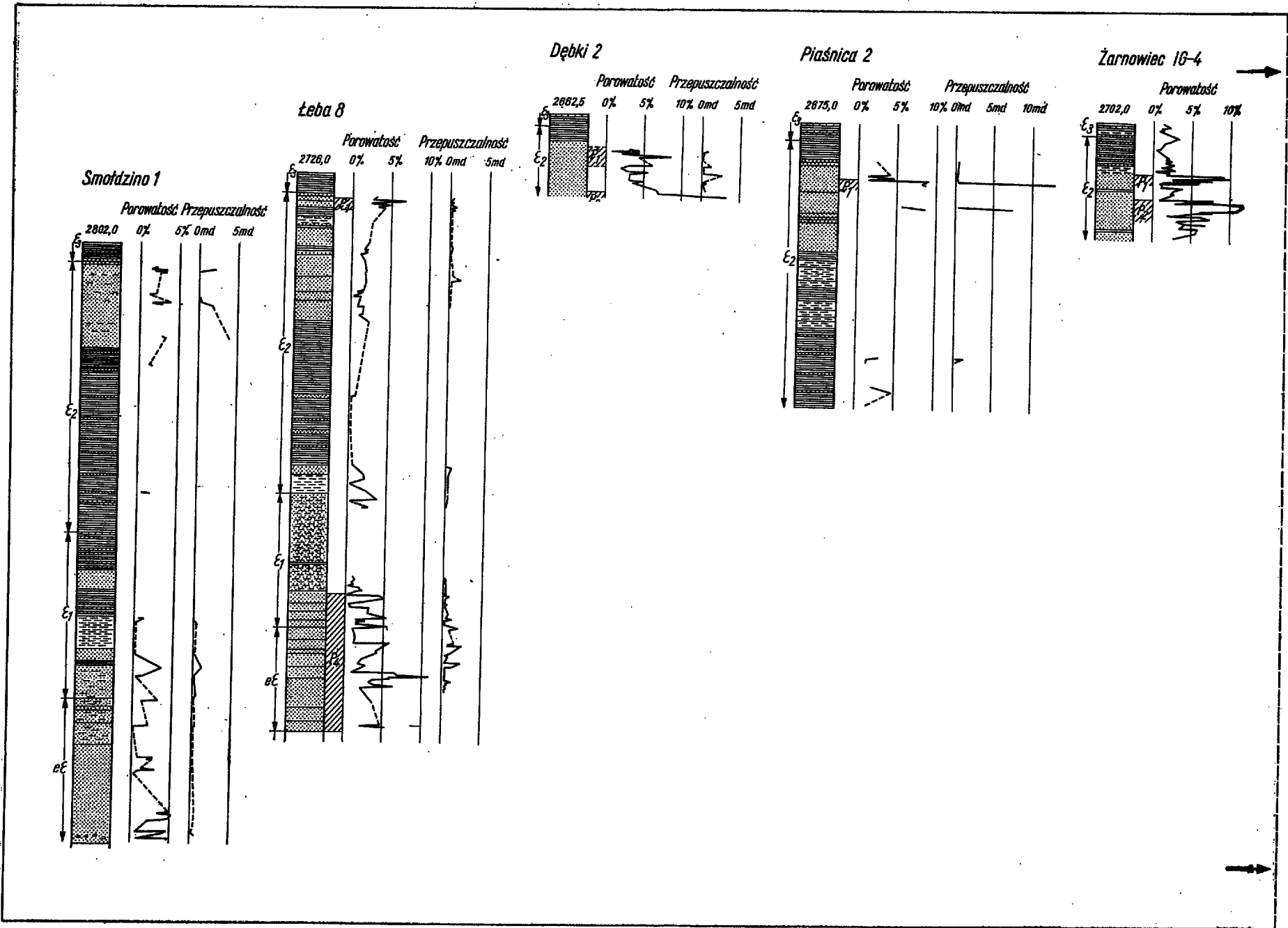


Fig. 6

daje się, że w osadach tych omawiana zależność nie zaznacza się w sposób zdecydowany, tak jak to miało miejsce w kambrze. Trudno jednak zupełnie wykluczyć wzajemny wpływ badanych parametrów (fig. 5).

PRÓBA KORELACJI PETROFIZYCZNEJ

Osady kambru i eokambru na wyniesieniu Leby charakteryzują się na ogół niskimi wartościami porowatości efektywnej i przepuszczalności w przeciwieństwie do części wschodniej syneklizy perybałtyckiej (R. Reinisch, Z. Drwięga, 1971). Dlatego panuje pogląd, że notowane objawy występowania bituminów, z produkcją ropy włącznie, związane są z kolektorami typu szczelinowego. Szczegółowe badania profili litologicznych w powiązaniu z ich własnościami petrofizycznymi, wynikami geofizycznymi oraz bezwzględną głębokością występowania omawianych osadów rzucają nowe światło na wspomniane zagadnienie.

Analiza hipsometryczna stropu kambru, zaznaczona w sposób schematyczny na profilu korelacyjnym (fig. 6), uwidacznia podniesienie centralnej części wyniesienia Leby w stosunku do rejonów sąsiednich. Pokrywa się ona ze strukturalno-tektonicznym blokiem Żarnowca, zaznaczonym na podstawie obserwacji horyzontu refleksyjnego „Or” (Z. Białowąs, A. Wierzchowska-Czulińska, 1973; S. Tyski, 1973). Zlokalizowane są na nim wiercenia Żarnowiec IG 1, IG 1a, IG 4, Piaśnica 2 i Dębki 2. Od zachodu do wspomnianego bloku przylegają obniżone schodowo bloki Biebrowa i dalej ku zachodowi — blok Leby. Na tym ostatnim bloku znajdują się otwory Leba 8 i Smółdzino 1. Od wschodu do bloku Żarnowca przylega blok Jastarni, natomiast obniżenie ku południowi potwierdza wiercenie Darżlubie IG 1.

Bezwzględne różnice w występowaniu stropu kambru wahają się od kilku do ponad 140 m. Nie wpłynęły one w sposób zasadniczy na sumaryczną miąższość kambru i eokambru, odbiły się natomiast na rozkładzie wielkości parametrów fizycznych, które osiągają z zasady wyższe wartości w części najbardziej wyniesionej badanego obszaru.

*

Obserwowane prawidłowości w występowaniu podstawowych parametrów fizycznych w badanych wierceniach pozwoliły na wydzielenie w profilach kambru i eokambru wyniesienia Leby kilku poziomów petrofizycznych (tab. 1), charakteryzujących się podwyższonymi wartościami porowatości efektywnej i przepuszczalności, które następnie próbowano skorelować pomiędzy poszczególnymi otworami. Poziomy te wymagają nieco szerszego omówienia, ponieważ z ich występowaniem wiążą się prawie wszystkie silniejsze objawy bituminów.

Poziom I i poziom II znajdują się w górnej części kambru środkowego i dają się prześledzić w prawie wszystkich otworach wiertniczych wyniesienia Leby. Szczególnie dobrze zaznaczają się w strefie wyniesionej strukturalno-tektonicznego bloku Żarnowca.

Poziom III występuje w górnej części kambru dolnego, poziom IV natomiast zaznacza się w kambrze dolnym i eokambrze. Ponieważ wszystkie wiercenia strefy wyniesionej, z wyjątkiem otworu Żarnowiec IG 1, zatrzy-

mane zostały w kambrze środkowym, poziom III i poziom IV wydzielono na podstawie wyników na blokach obniżonych i otworu Żarnowiec IG 1. Występowanie wydzielonych poziomów przedstawia tab. 1.

Tabela 1

Poziomy petrofizyczne w otworach wiertniczych wyniesienia Łęby

Nazwa otworu	Poziomy				Uwagi
	I	II	III	IV	
Darżlubie IG 1	+	+	+	+	—
Dębki 2	+***	+****	—	—	otwory zakończone w kambrze środkowym
Piaśnica 2	+*	?****	—	—	
Łęba 8	+	?	+	+	poziom III i poziom IV nie rozdzielone
Smoldzino 1	?	?	?	?	poziomy trudne do wydzielenia, brak danych
Żarnowiec IG 1	+	+****	+	+	—
Żarnowiec IG 1a	+	+**** **	—	—	otwory zakończone w kambrze środkowym
Żarnowiec IG 4	+**	+****	—	—	

Objaśnienia: + — stwierdzone występowanie poziomu; * — objawy gazu; ** — objawy ropy; *** — zgazowana ropa; **** — solanka

Oprócz zaznaczonych w tabeli objawów związanych z wydzielonymi poziomami (tab. 1) większe ślady gazu stwierdzono ponadto w części spągowej kambru środkowego jedynie w wierceniu Łęba 8.

Poziom I, o miąższości wahającej się od około 8 do ponad 20 m, zbudowany jest w głównej mierze z piaskowców kwarcowych (80—95% zawartości kwarcu) drobno- i średnioziarnistych, o ziarnach średnio obtoczonych, zbitych, z niewielką ilością spoiwa kontaktowego. Brak w nich glaukonitu. Piaskowce są często laminowane lub przewarstwiane mułowcami i ilowcami. Strop poziomu wyznaczony jest przejściem osadów mułowcowo-ilowcowych górnej części kambru środkowego w niżej leżące osady piaskowcowe. Na wykresach porowatości efektywnej i przepuszczalności zaznacza się on znacznym skokiem wartości.

Spąg poziomu (nie we wszystkich wierceniach uchwytany) wyznaczają osady o procentowo większym udziale skał mułowcowych i ilowcowych. Średnia porowatość efektywna waha się od 1,8% w wierceniu Darżlubie IG 1 do około 6,5% w wierceniu Żarnowiec IG 4, średnia przepuszczalność odpowiednio — 0,2 md i ponad 6 md. W obrębie poziomu I występują jednak liczne wkładki o miąższościach od kilku centymetrów do około 2,5 m, w których średnie porowatości wynoszą ponad 9%, a przepuszczalności około 9 md. W poziomie tym odnotowano występowanie gazu w wierceniu Piaśnica 2, ropy w wierceniach Żarnowiec oraz zgazowanej ropy w wierceniu Dębki 2, a w pozostałych wierceniach dosyć silne objawy bituminów.

Poziom II, o miąższości 20—40 m, budują również piaskowce kwarcowe bez glaukonitu. Zaznacza się on wyraźnie na strukturalno-tektonicznym

bloku Żarnowca oraz w wierceniu Darżlubie IG 1. Na wykresach badanych parametrów strop przypada na granicy pomiędzy osadami o przewodze mułowców, iłowców i piaskowców mułowcowych a piaskowcami kwarcowymi, jednorodnymi lub rzadko laminowanymi mułowcami. Podkreślony jest on dużym skokiem wartości porowatości efektywnej i przepuszczalności. Spąg natomiast widoczny jest jedynie w wierceniu Żarnowiec IG 1, pozostałe bowiem wiercenia bądź to zatrzymano w górnym środkowym kambrze, bądź też nie posiadają dostatecznej ilości pomiarów w tej części profilu.

Poziom III wyznaczony został w wierceniach Leba 8, Żarnowiec IG 1 i Darżlubie IG 1. Składają się nań piaskowce kwarcowe silnie laminowane i przewarstwiane materiałem mułowcowym i iłowcowym, co wpłynęło prawdopodobnie na to, że wartości porowatości efektywnej są tu znacznie niższe, rzędu 5—6‰, sporadycznie przekraczają 8‰ (Darżlubie IG 1). Nieproporcjonalnie niskie są tu wartości przepuszczalności (fig. 4). Miąższość poziomu wynosi około 50 m. Brak danych ze strefy centralnej wyniesienia Leby nie pozwala na przesłedzenie poziomu w strefie, która sądząc po charakterze poziomu I i II powinna cechować się najwyższymi wartościami badanych parametrów.

Poziom IV znany jest tylko z tych samych powodów co i poziom III z wierceń Smołdzino 1, Leba 8, Żarnowiec IG 1 i Darżlubie IG 1. Miąższość jego wynosi do stukilkudziesięciu metrów. Składają się nań w części stropowej piaskowce kwarcowe laminowane i przewarstwiane mułowcami i iłowcami, należące do kambru dolnego, oraz w części spagowej — piaskowce typu arkozowego, należące do eokambru. Cechą charakterystyczną poziomu IV, tak jak i poziomu III, jest występowanie stosunkowo dużej ilości glaukonitu. Strop poziomu trudny jest do jednoznacznego określenia, spąg natomiast wyznacza granica pomiędzy skałami detrytycznymi eokambru a krystalinikiem. Być może, poziom IV i poziom III należałoby traktować jako jeden poziom. Poziom IV oparty jest bowiem jedynie na danych pochodzących z wiercenia Żarnowiec IG 1 (profilowanie gamma).

Porowatość poziomu IV waha się od około 2,5‰ do około 13‰. Wartościom tym jednak odpowiadają dosyć niskie wielkości przepuszczalności (fig. 4 i 5), sporadycznie dochodzące do 3 md. Zarówno w poziomie III, jak i w poziomie IV nie odnotowano poważniejszych objawów bituminów.

PODSUMOWANIE

1. Zasadniczą rolę w wielkości porowatości efektywnej badanych osadów odgrywają pory typu subkapilar (o umownych promieniach niższych od 0,5 μ), których ilość uzależniona jest od stopnia zailenia skały.

2. Na porowatość efektywną osadów kambru i eokambru wyniesienia Leby w dużej mierze składają się pory typu mikroszczelin międzyziarnowych oraz mikroszczelin, których umowne promienie niższe są na ogół od 0,5 μ . Pory te powstały najprawdopodobniej w późniejszym okresie konsolidacji osadu, w którym procesy rekrytalizacyjne poważnie ograniczyły migrację substancji organicznej.

3. W osadach kambryjskich wyniesienia Leby istnieje znaczna współzależność między porowatością efektywną i przepuszczalnością.

4. W osadach eokambryjskich (seria żarnowiecka) współzależność ta jest minimalna (być może wynika to z niedostatku danych).

5. W profilach kambru i eokambru badanych wierceń można wydzielić kilka poziomów petrofizycznych (do czterech), charakteryzujących się podwyższonymi wartościami porowatości efektywnej i przepuszczalności. Poziomy te stosunkowo dobrze zaznaczają się w omawianych wierceniach pod warunkiem, że ilość danych podstawowych jest wystarczająca.

6. Porowatość efektywna i przepuszczalność omawianych osadów różnicuje się nie tylko w pionie. W obrębie wydzielonych poziomów petrofizycznych porowatość efektywna i przepuszczalność są z reguły wyższe w strefie wyniesionej strukturalno-tektonicznego bloku Żarnowca. Z punktu widzenia poszukiwawczego interesujące byłoby wyjaśnienie: czy prawidłowość ta dotyczy całego badanego obszaru i jaka jest jej przyczyna?

7. Znakomita większość odnotowanych objawów występowania bituminów związana jest z poziomami I i II.

8. W świetle powyższych faktów wydaje się, że występowanie bituminów na obszarze wyniesienia Łeby związane jest w dużej mierze z rozkładem wielkości badanych parametrów fizycznych, głównie w profilu kambru, oraz z pozycją hipsometryczną warstw tego okresu.

Zakład Geologii Ropy i Gazu
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 20 marca 1974 r.

PIŚMIENNICTWO

- ARENŃ B. (1972) — W: praca zbiorowa — Określenie układu przestrzennego perspektywicznych dla ropy i gazu poziomów skał zbiornikowych w utworach kambru i ordowiku na obszarze zachodniej części syneklizy perybałtyckiej. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- BIAŁOWAŚ Z., WIERZCHOWSKA-CZULIŃSKA A. (1973) — Uwagi o budowie geologicznej wyniesienia Łeby w świetle ostatnich wyników badań geofizycznych. Prz. geol. 21, p. 131—133, nr 3. Warszawa.
- LENDZION K. (1969) — O stratygrafii kambru platformowego w Polsce. Kwart. geol. 13, p. 501—511, nr 3. Warszawa.
- LEVORSEN A. I. (1972) — Geologia ropy naftowej i gazu ziemnego. Wyd. Geol. Warszawa.
- MIESZTAŃSKI A. (1875) — Własności petrofizyczne. Profile głębokich otworów wiertniczych IG. Żarnowiec IG 1. nr 32. Inst. Geol. Warszawa.
- REINISCH R., DRWIĘGA Z. (1971) — Własności kolektorskie i perspektywiczność utworów kambryjskich w syneklizie perybałtyckiej. Nafta, 27, nr 8 i 9, p. 260—264 i 294—298. Katowice.
- RUSSELL W. L. (1960) — Principle of petroleum geology. New York, Toronto, London.
- SZURA T., WITTEK B. (1974) — Badania układu przestrzennego porów piaskowców kambryjskich (zachodniej części syneklizy perybałtyckiej) metodą porozymetru rtęciowego dla określenia związków pomiędzy procesami

- diagenetycznymi a ich wpływem na własności zbiornikowe. Arch. Inst. Naftowego (maszynopis). Kraków.
- TYSKI S. (1973) — Rozwój strukturalno-tektoniczny obszaru Żarnowca. Prz. geol., 21, p. 133—136, nr 3. Warszawa.
- WALENCZAK Z. (1973) — Wyniki badań substancji organicznej rozproszonej w skałach ordowiku i kambriu z otworu Żarnowiec IG 1. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.

Андрей МЕШТАЛЬСКИ

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОДНЯТИЯ ЛЭБЫ

Резюме

В статье сделана попытка охарактеризовать петрофизические свойства кембрийских и зокембрийских отложений на поднятия Лэбы (фиг. 1). Для этой цели были использованы имеющиеся результаты классических лабораторных исследований, такие как: измерения эффективной и общей пористости, проницаемости, удельного и объемного веса, результаты геохимических и геофизических (гамма и нейтронгамма каротаж) исследований. Дополнительно выполнен ряд таких измерений, как петрофизическое наблюдение шлифов и измерение геометрии порового пространства, выполненные методом ртутного порозиметра.

В результате проведения выше перечисленных работ установлено, что величина эффективной пористости кембрийских и зокембрийских отложений рассматриваемой территории, главным образом определяется порами субкапиллярного типа с условными радиусами меньше 0,5 микрона (фиг. 2 и 3). Эффективная пористость этих отложений в основном зависит от пор типа межзернистых микротрещинок и микротрещин. Генетически их образование вероятно следует связывать с периодом значительной консолидации осадков, когда, ввиду рекристаллизации, в большой мере были ограничены возможности миграции органического вещества.

В отложениях кембрия видна большая взаимозависимость между величинами проницаемости породы и ее эффективной пористостью (фиг. 4). В зокембрии же (фиг. 5) зависимость эта проявляется слабо (возможно это только результат недостаточного количества данных). В разрезах кембрия и зокембрия поднятия Лэбы можно выделить около четырех горизонтов с повышенными значениями эффективной пористости и проницаемости (фиг. 6). С этими горизонтами связаны почти все важнейшие нефтегазопрооявления, вплоть до отдачи нефти. Дифференциация этих параметров отмечается не только в вертикальном разрезе но и по площади. В пределах выделенных петрографических горизонтов эффективная пористость и проницаемость как правило выше в приподнятой зоне блока Жарновца. Выяснение вопроса, относится ли это ко всей площади поднятия Лэбы, может оказать значительное влияние на направление дальнейших поисковых работ.

В свете приведенных выше фактов можно предполагать, что залегание битуминов на рассматриваемой территории в значительной мере связано с распределением здесь величин изученных физических параметров, а также с гипсометрическим положением отложений кембрия и зокембрия.

Andrzej MIESZTAŃSKI

**PETROPHYSICAL PROPERTIES OF THE CAMBRIAN AND EOCAMBRIAN
ELEVATION OF ŁEBA**

Summary

The attempt to characterize the petrophysical properties of the Cambrian and Eocambrian deposits in the area of the Łeba elevation (Fig. 3) has been made in this work. The existing results of the standard laboratory researches have been applied when having a particular aim in: effective and complete porosity measurements, permeability measurements, specific gravity and bulk density measurements, the results of geochemical and geophysical studies (gamma and neutron-gamma profiling). A great number of measurements such as the observations of petrophysical thin-sections and the measurements of the geometry of porous space have been made additionally when applying the method of mercury porosimeter.

Taking into account the above mentioned procedures one might easily notice that the pores of subcapillar-type (having conventional diameters below 0.5 microns) (Fig. 2, 3) play an important role as far as the size of effective porosity referred to the Cambrian and Eocambrian deposits is concerned. The effective porosity related to these formations consists of microinterstices and intragranular spaces. Genetically their origin must be connected with the period of intensive consolidation of the deposit in which for the recrystallization processes the organic substance migration was considerably limited.

When analyzing the Cambrian deposits one may easily notice the close correlation between the sizes of rock permeability and its effective porosity (Fig. 4). On the contrary to the Cambrian deposits this correlation in the Eocambrian deposits (Fig. 5) is insignificantly noticed (it can be as well the result of insufficient supply with data). About four horizons featuring the higher values of effective porosity and permeability (Fig. 6) can be shown in the profiles of the Cambrian and Eocambrian formations situated in the area of the Łeba elevation. Nearly all more important symptoms of bitumens occurrence are closely connected with those horizons. The differentiation of these parameters is more evident not only in the vertical position but also in the horizontal position. Within the isolated petrophysical horizons the effective porosity and permeability are said to be higher in the zone of the elevated block of Żarnowiec. Such an explanation or a regularity may be overwhelmingly referred to the whole region of the Łeba elevation and can be of a paramount importance effecting the directions of further prospecting in that region.

When sumerizing all above mentioned facts one might seem that the occurrence of bitumens within the discussed area is mostly connected with the distribution of values of the examined physical parameters and therefore with the hypsometric position related to the Cambrian and Eocambrian deposits.