

WYNIKI BADAŃ MATERII ORGANICZNEJ I OBJAWY WĘGLOWODORÓW

Izabella GROTEK

CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA ORAZ DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA MATERII ORGANICZNEJ ROZPROSZONEJ W OSADACH STARSZEGO PALEOZOIKU

WSTĘP

Charakterystykę petrograficzną materii organicznej rozproszonej w profilu osadów starszego paleozoiku z otworu wiertniczego Darżlubie IG 1 przeprowadzono na podstawie analizy 13 próbek reprezentujących utwory kambru (dolny i środkowy), ordowiku (sandb–kat) i syluru (landower, wenlok, ludlow). Część przedstawionych tu wyników badań zamieszczono we wcześniejszej publikacji (Grotek, 1999) oraz w opracowaniach archiwalnych.

Podstawę analityczną pracy stanowią badania mikroskopowe wykonane w świetle odbitym białym oraz we fluorescencji, umożliwiające identyfikację często nierozróżnialnych w świetle białym składników maceralnych grupy lipynitu (Teichmüller, 1982). Analizy przeprowadzono na mikroskopie polaryzacyjnym Axioskop firmy Zeiss, wyposażonym w przystawkę mikrofotometryczną umożliwiającą pomiar zdolności refleksyjnej materii organicznej.

Pomiary przeprowadzono w imersji, na polerowanych płytkach skał osadowych zawierających materiał wityrinito-

podobny o cechach optycznych wityrinitu (stałe bituminy/bitumin) oraz zooklastach reprezentowanych głównie przez szczątki graptolitów. Składniki te charakteryzują się liniowym wzrostem zdolności odbicia światła wraz ze wzrostem stopnia dojrzałości (Stach i in., 1982). Wymagana wielkość ziaren ($>5\ \mu\text{m}$) jest minimalną, niezbędną do uzyskania właściwego wyniku (Jackob, 1972).

Badania wykonano przy użyciu: wzorców ze szkła optycznego o określonej, stałej refleksyjności: 0,9207 i 1,722%; filtru monochromatycznego o długości fali 546 nm oraz olejku imersyjnego o $n_D = 1,515$ w temp. 20–25°C.

Analizę jakościową macerałów grupy liptynitu wykonano przy użyciu światła UV. Przy opisie składników petrograficznych stosowano nomenklaturę i klasyfikację przyjętą przez Międzynarodowy Komitet Petrologii Węgla (ICCP; International..., 1994). Uzyskane wyniki zamieszczono w [tabeli 19](#).

OMÓWIENIE WYNIKÓW ANALIZ

Kambr

Piaszczyste osady dolno- i środkowokambryjskie z interwału głęb. 3017,0–3164,0 i 3303,5–3412,0 m zawierają niezbyt bogaty wityrinitopodobny materiał organiczny, reprezentowany przez fytoklasty oraz nieregularne skupienia i żyłki stałych bituminów ([fig. 39C–F](#)). Jego ilość, w nieco wzbogaconych poziomach kambru środkowego z głęb. 3017,0 m oraz dolnego z głęb. 3303,5 m, wynosi 0,3–0,4% planimetrowanej powierzchni, podczas gdy w pozostałych analizowanych próbkach z głęb. 3164,0 m (kambr środkowy) i 3412,0 m (kambr dolny) są to wartości poniżej 0,1%. Nie obserwuje się również występowania składników liptynitowych czy impregnacji bitumicznych, a ich śladowa ilość zaznacza się jedynie w próbce z głęb. 3017,0 m (kambr środkowy) i pojedynczy okruch w próbce z głęb. 3303,5 m (kambr dolny).

Dojrzałość termiczna osadów kambru środkowego odpowiada późnej fazie generowania ropy naftowej, gazów mokrych i kondensatów, przy średniej refleksyjności 1,22–1,28% R_O i zakresie pomiarów 1,0–1,35% R_O . Stopień przeobrażenia utworów kambru dolnego jest nieco wyższy – odpowiada głównej fazie generowania gazów przy średnich wartościach wynoszących 1,52 i 1,61% R_O i zakresie pomiarów w granicach 1,10–1,78% R_O .

Ordowik

Czarne łupki katu zbadane w dwóch próbkach pochodzących z głęb. 2953,0 i 2957,5 m zawierają dość liczny materiał organiczny. W próbce łupka sapropelowego z głęb. 2953,0 m jest on reprezentowany głównie przez składniki lipidowe (alginit, liptodetrynit, bituminit), stanowiące ok. 2,10%

Tabela 19

Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej w utworach kambru, ordowiku i syluru

Microscopical analysis of organic matter dispersed in Cambrian, Ordovician and Silurian deposits

Głębokość [m]	Stratygrafia	R_O średnie [%]	Zakres pomiarów	Liczba pomiarów	Witrynit SB [%]	Liptynit [%]	Piryty [%]	MO [%]
1075,0	Sp	0,97	0,76–1,0	17	0,10	0,30	2,60	0,40
1191,0		1,00	0,80–1,18	14	śl.	0,10	śl.	0,10
2216,5	Sld	0,97	0,65–1,12	19	0,10	0,20	3,50	0,30
2624,2		1,05	0,85–1,40	36	0,10	0,50	3,20	0,60
2790,0	Sw	1,14	0,90–1,25	48	1,10	0,10	4,30	1,10
2919,0	Sla	–	0,83–1,20	5	–	śl.	2,30	śl.
2936,0		1,17	0,82–1,33	50	4,50	0,60	4,00	5,10
2953,0	Ok	0,98	0,76–1,13	49	0,50	2,10	10,00	2,60
2957,5		1,20	0,83–1,45	62	4,20	0,00	7,40	4,20
3017,0	C_2	1,22	1,0–1,35	37	0,40	śl. bit.	5,50	0,40
3164,0		1,28	1,0–1,33	12	0,10	–	śl.	0,10
3303,5	C_1	1,52	1,28–1,60	36	0,30	śl. bit.	3,00	0,30
3412,0		1,61	1,1–1,78	24	0,10	0,00	0,00	0,10

Sstratygrafia: kambr (C_1 – dolny, C_2 – środkowy), ordowik (Ok – kat), sylur (Sla – landower, Sw – wenlok, Sld – ludlow, Sp – przydol)

Stratigraphy: Cambrian (C_1 – Lower, C_2 – Middle), Ordovician (Ok – Katian), Silurian (Sla – Llandovery, Sw – Wenlock, Sld – Ludlow, Sp – Pridoli)

planimetrowanej powierzchni próbki, podczas gdy ilość materiału witrynitopodobnego nie przekracza 0,50%. W świetle UV obserwuje się również drobne infiltracje bitumiczne. Powszechnie występują także skupienia asocjacji organiczno-mineralnej typu bitumicznego, zawierającej drobne homogeniczne ciała bituminu. Próbką z głęb. 2957,5 m jest natomiast wyraźnie wzbogacona w składniki witrynitopodobne (stałe bituminy oraz szczątki graptolitów), których ilość osiąga 4,20% planimetrowanej powierzchni próbki przy całkowitym braku składników lipidowych (fig. 39B, C).

Dojrzałość termiczna utworów ordowiku odpowiada późnej fazie generowania ropy naftowej przy średniej zdolności refleksyjnej rzędu 1,17–1,20% R_O , a jedynie próbka osadów katu z głęb. 2953,0 m zawiera materię organiczną o niższej refleksyjności (poniżej 1,00% R_O), co najprawdopodobniej jest związane z obecnością bakterii siarczkowych.

Sylur

Utwory syluru, przeanalizowane w 7 próbkach osadów ilastych pochodzących z interwału głęb. 1075,0–2936,0 m, zawierają zmienną ilość materii organicznej, wynoszącej od 0,10 do 5,10% planimetrowanej powierzchni próbki (tab. 19; fig. 40A–F).

Skład petrograficzny materiału organicznego jest zdominowany przez macerały liptynitu, reprezentowane głównie przez alginit i liptodetrynit, fluoryzujące intensywnie w kolorze żółtym oraz żółtopomarańczowym. Dość licznie występują również ciała bitumiczne o brunatnych barwach fluorescencyjnych (fig. 40B, D). Ich zawartość waha się w granicach 0,10–0,50%.

Drugim składnikiem powszechnie występującym we wszystkich analizowanych próbkach jest syngenetyczny z osadem materiał witrynitopodobny, najczęściej reprezentowany przez stałe bituminy (bitumin) oraz zooklasty. Jego zawartość jest zbliżona we wszystkich analizowanych próbkach i wynosi ok. 0,10% planimetrowanej powierzchni. Bitumin występuje najczęściej w formie cienkich żyłek czy drobnych ciał o wielkości rzędu 2–8 μm . Rzadziej są to soczewki i laminki o wielkości do 30–40 μm . Współwystępują z nim powszechnie zooklasty, będące najczęściej zwitrynitizowanymi szczątkami graptolitów. Charakteryzują się one znaczną różnorodnością form występowania, najczęściej tworzą pasemka o grubości kilkunastu i długości kilkudziesięciu mikrometrów (fig. 40A, C).

Utwory landoweru przeanalizowane w próbkach czarnego iłowca pobranych z głęb. 2919,0 i 2936,0 m zawierają zmienną ilość materiału organicznego. Próbką z głęb. 2919,0 m za-

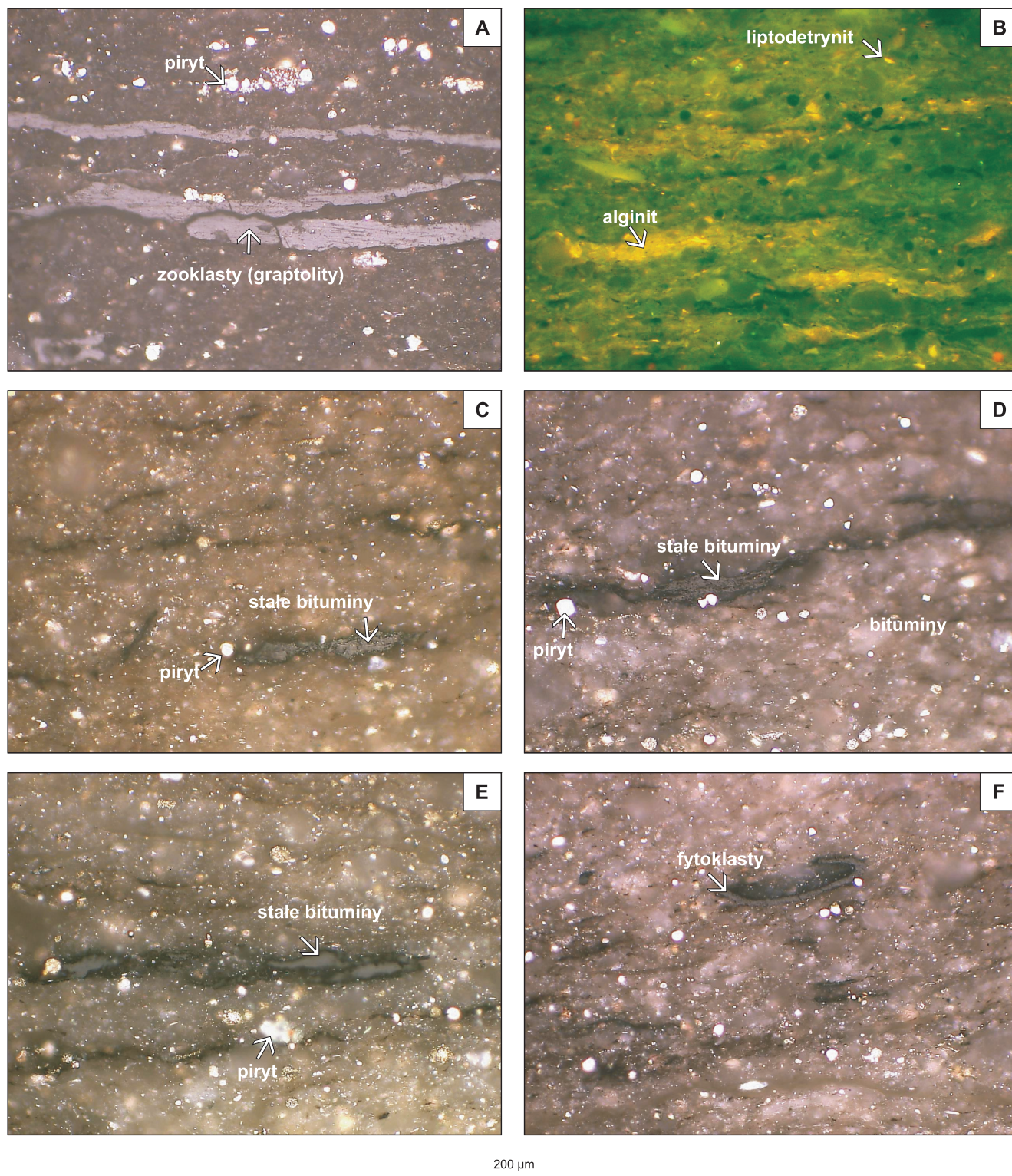


Fig. 39. Materia organiczna w osadach kambru, ordowiku i syluru

A – sylur landower, głęb. 2936,0 m; światło białe, imersja; **B** – ordowik kat, głęb. 2953,0 m; światło UV, imersja; **C** – ordowik kat, głęb. 2957,5 m; światło białe, imersja; **D** – kambr środkowy, głęb. 3017,0 m; światło białe, imersja; **E** – kambr dolny, głęb. 3303,5 m; światło białe, imersja; **F** – kambr dolny, głęb. 3412,0 m; światło białe, imersja

Organic matter in the Cambrian, Ordovician and Silurian deposits

A – Silurian Llandowery, depth 2936.0 m; white light, immersion; **B** – Ordovician Katian, depth 2953.0 m; UV light, immersion; **C** – Ordovician Katian, depth 2957.5 m; white light, immersion; **D** – Middle Cambrian, depth 3017.0 m; white light, immersion; **E** – Lower Cambrian, depth 3303.5 m; white light, immersion; **F** – Lower Cambrian, depth 3412.0 m; white light, immersion

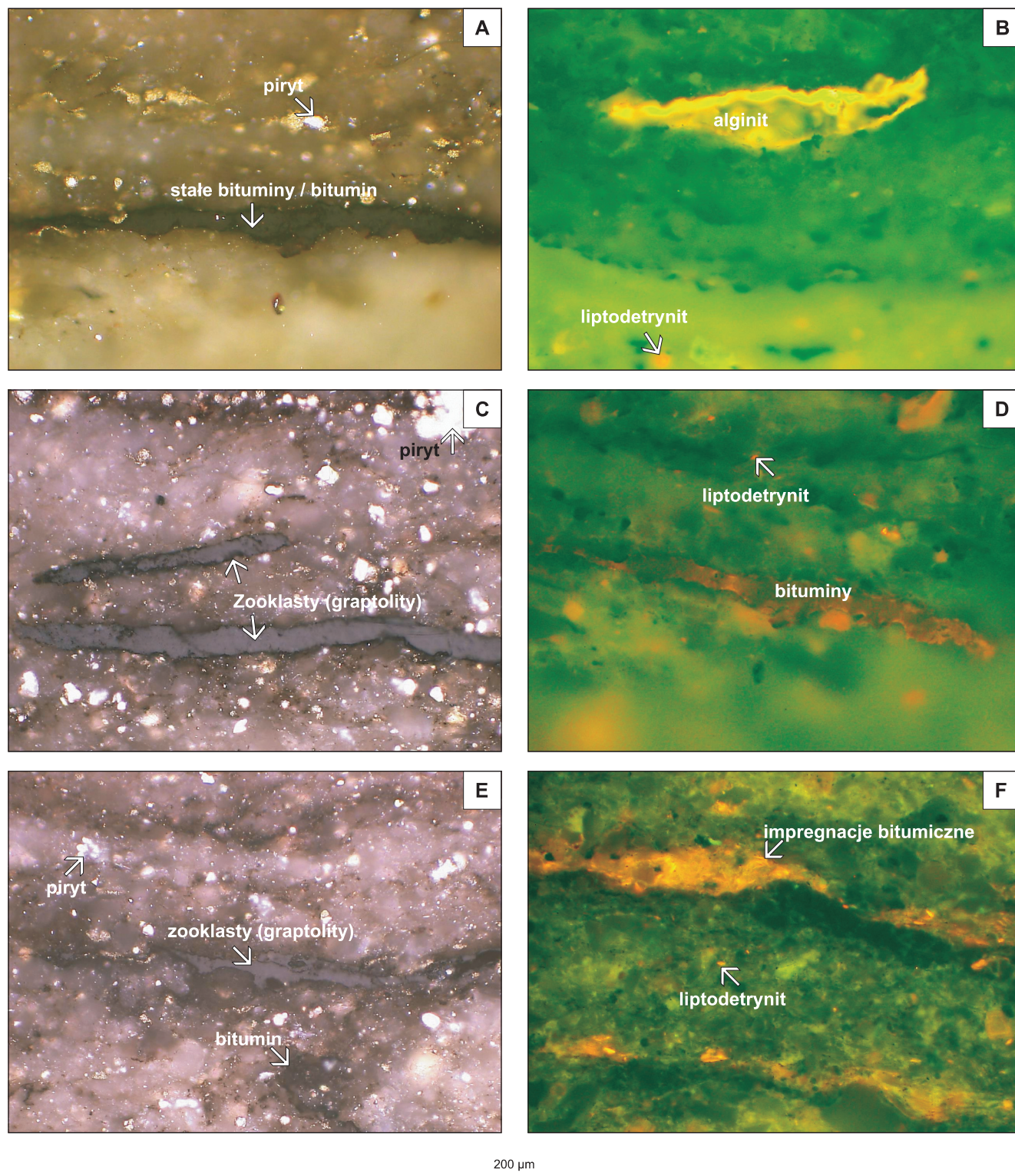


Fig. 40. Materia organiczna w osadach syluru

A – sylur ludlow, głęb. 2216,5 m; światło białe, imersja; **B** – sylur ludlow, głęb. 1075,0 m; światło UV, imersja; **C** – sylur ludlow, głęb. 2624,5 m; światło białe, imersja; **D** – sylur ludlow, głęb. 2216,5 m; światło UV, imersja; **E** – sylur wenlok, głęb. 2790,0 m; światło białe, imersja; **F** – sylur wenlok, głęb. 2790,0 m; światło UV, imersja

Organic matter in the Silurian deposits

A – Silurian Ludlow, depth 221.65 m; white light, immersion; **B** – Silurian Ludlow, depth 1075.0 m; UV light, immersion; **C** – Silurian Ludlow, depth 2624.2 m; white light, immersion; **D** – Silurian Ludlow, depth 2216.5 m; UV light, immersion; **E** – Silurian Wenlock, depth 2790.0 m; white light, immersion; **F** – Silurian Wenlock, depth 2790.0 m; UV light, immersion

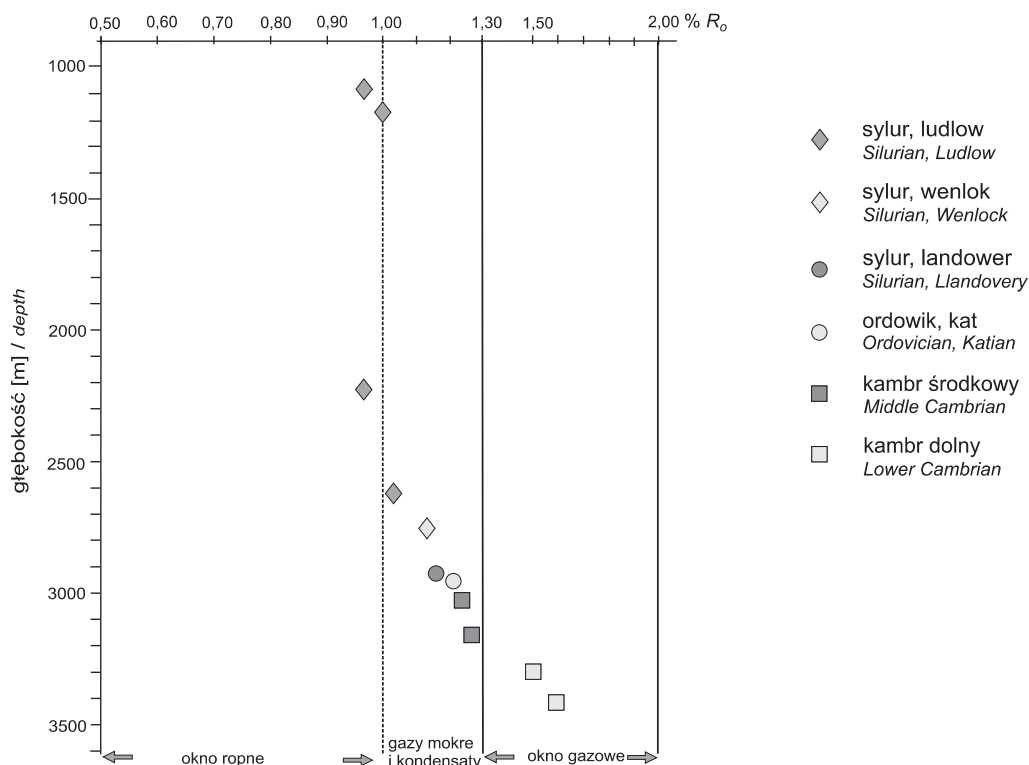


Fig. 41. Zmienność stopnia dojrzałości materii organicznej w profilu osadów kambru, ordowiku i syluru

Values of vitrinite like reflectance index versus depth in the profile of the Cambrian, Ordovician and Silurian deposits

wiera jedynie jego śladową ilość, podczas gdy w próbce z głęb. 2936,0 m występuje bogaty materiał organiczny reprezentowany głównie przez składniki wityrynitopodobne (soczewki i laminki stałych bituminów) o wielkości dochodzącej do kilkudziesięciu a nawet 100 μm oraz dobrze zachowane szczątki graptolitów osiągające długość do 300 μm . Stanowią one około 4,5% planimetrowanej powierzchni próbki. Współwystępują z nimi macerały liptynitu (głównie liptodetrynit) oraz ciała bitumiczne fluoryzujące w kolorze pomarańczowobrunatnym i brunatnym (fig. 39A).

Próbka osadów wenloku pobrana z głęb. 2790,0 m jest wyraźnie wzbogacona w materię organiczną w stosunku do

poprzednio omawianych. Jej zawartość wynosi 1,10% i jest reprezentowana, podobnie jak w osadach ludlowu, głównie przez stałe bituminy i zooklasty (szczątki graptolitów). Nie występują w niej pierwotne macerały liptynitu, co najprawdopodobniej jest związane z wyższym stopniem dojrzałości badanych utworów. Obserwuje się natomiast liczne impregnacje bitumiczne (ok. 15% próbki fluoryzuje) (fig. 40E, F).

Stopień przeobrażenia sylurskiej materii organicznej odpowiada głównej i późnej fazie generowania ciekłych węglowodorów przy zdolności refleksyjnej zmieniającej się wraz z głębokością pograżenia od 0,97–1,05% (ludlow) do 1,14% (wenlok) (fig. 41).

PODSUMOWANIE

Analizowany materiał organiczny wieku kambr–sylur jest bardzo słabo zróżnicowany pod względem typu genetycznego, składu petrograficznego oraz formy występowania. Jego najwyższe koncentracje są związane z osadami kat i landoweru oraz w mniejszym stopniu wenloku. Jest on reprezentowany głównie przez bitumin i fytoklasty w osadach kambru, stałe bituminy (bitumin) oraz zooklasty (szczątki graptolitów) w utworach ordowiku i syluru.

W utworach syluru występuje powszechnie pierwotny materiał lipidowy (alginit, liptodetrynit), fluoryzujący z różną intensywnością w barwach od żółtej poprzez pomarańczową do brunatnej.

W pojedynczych próbkach obserwuje się nieliczne impregnacje bitumiczne.

Stopień przeobrażenia materii organicznej wzrasta wraz z wiekiem oraz głębokością pograżenia osadów i odpowiada (w utworach kambru środkowego, ordowiku i syluru) późnej fazie generowania ropy naftowej z możliwością generowania gazów mokrych i kondensatów. Diagenaza tych utworów zachodziła najprawdopodobniej w maksymalnych paleotemperaturach rzędu 100–130°C (Bostic, 1973; Gaupp, Batten, 1985). Zdecydowanie wyższą dojrzałością termiczną charakteryzują się osady kambru dolnego, osiągające główną fazę generowania gazów (1,52–1,61% R_o) przy maksymalnych paleotemperaturach dochodzących do 180°C.

Ewa KLIMUSZKO

CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA MATERII ORGANICZNEJ UTWORÓW STARSZEGO PALEOZOIKU

W otworze wiertniczym Darżlubie IG 1 badania geochemiczne materii organicznej objęły utwory kambru dolnego i środkowego, ordowiku (flo, darriwil, sandb, kat) oraz syluru

(landower, wenlok, ludlow i przydol). Szczegółowe badania materii organicznej w materiale skalnym w tym profilu przeprowadzano jedynie wycinkowo.

ILOŚĆ OZNACZONEJ MATERII ORGANICZNEJ

Piaskowcowo-mułowcowe utwory kambru dolnego ogólnie zawierają małą ilość węgla organicznego, która wzrasta w stropowej części utworów (tab. 20, fig. 42). W utworach kambru środkowego zawartość węgla organicznego jest zróżnicowana, waha się od 0,1 do 3,6% w ilastych utworach w wyższych partiach tego kompleksu skalnego (tab. 20, fig. 42). Ilość bituminów wydzielonych z tych skał jest mała (tab. 20). Większa zawartość składników labilnych

występuje w ilowcach zawierających dużą ilość węgla organicznego.

Uwzględniając niewielką ilość węgla organicznego obecną w badanych utworach i wysoką wartość współczynnika migracji można założyć, że bituminy występujące w nieznacznie podwyższonych ilościach w utworach kambru dolnego i środkowego są epigenetyczne w stosunku do osadu (Gondek, 1980).

Tabela 20

Dane geochemiczne z badań materii organicznej z otworu wiertniczego Darżlubie IG 1

Geochemical data for the organic matter from the Darżlubie IG 1 borehole

Głębokość [m]	Stratygrafia	Litologia	Zawartość bituminów [%]	Zawartość Corg. [%]	Eh [mV]	Zawartość węglowodorów w bituminach [%]	Zawartość węglowodorów w skale [%]	Zawartość węglowod. nasyc. w bitumin. [%]	Zawartość węglowodorów arom. w bitumin. [%]	Zawartość żywic i asfaltenów [%]	Współczynnik migracji
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1075,0	Sp	ilc	0,012	0,20	655	35	0,004	32	3	65	0,020
1076,0		ilc	0,011	0,20	659	–	–	–	–	–	–
1077,8		ilc	0,006	0,10	667	–	–	–	–	–	–
1160,0		ilc	0,010	0,30	653	–	–	–	–	–	–
1190,8		ilc	0,006	0,30	646	66	0,004	59	7	34	0,013
1193,8		ilc	0,003	0,60	647	–	–	–	–	–	–
1203,2		ilc	0,008	0,50	644	–	–	–	–	–	–
1267,0		ilc	0,013	0,20	645	32	0,004	27	5	68	0,020
1272,6		ilc	0,004	0,30	638	–	–	–	–	–	–
1280,1		ilc	0,014	0,20	641	27	0,004	23	4	73	0,020
1345,0		ilc	0,013	0,20	643	–	–	–	–	–	–
1352,9		ilc	0,014	0,30	641	28	0,004	26	2	72	0,013
1416,0		ilc	0,013	0,50	641	–	–	–	–	–	–
1424,5		ilc	0,011	0,50	641	31	0,003	26	5	69	0,006
1485,4		ilc	0,023	0,50	641	29	0,007	17	12	71	0,014
1494,2		ilc	0,005	0,50	643	–	–	–	–	–	–

Tabela 20 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1495,4	Sp	ilc	0,023	0,50	–	29	0,007	17	12	71	0,014
1553,6		ilc	0,009	0,70	641	52	0,005	48	4	48	0,007
1563,5		ilc	0,007	0,60	641	–	–	–	–	–	–
1619,5	Sld	ilc	0,006	0,60	641	–	–	–	–	–	–
1628,2		ilc	0,005	0,50	640	–	–	–	–	–	–
1830,8		ilc	0,006	0,50	634	36	0,002	31	5	64	0,004
2018,2		ilc	0,019	0,50	629	19	0,004	17	2	81	0,008
2216,5		ilc	0,029	0,50	628	33	0,010	28	5	67	0,020
2221,5		ilc	0,006	0,50	623	51	0,003	44	7	49	0,006
2440,0		ilc	0,023	0,50	628	49	0,011	45	4	51	0,002
2516,6		mlc	0,017	0,30	626	52	0,009	42	10	48	0,030
2523,9		mlc	0,027	0,30	614	52	0,014	47	5	48	0,047
2624,2		ilc	0,060	0,42	–	66	0,039	50	16	34	0,093
2710,6		ilc	0,139	0,80	640	62	0,087	58	4	38	0,109
2713,0		ilc	0,098	0,47	–	78,3	0,077	64,3	14	21,7	0,164
2719,4		ilc	0,108	0,90	630	54	0,058	48	6	46	0,064
2795,3	Sw	ilc	0,132	0,80	635	43	0,059	41	2	57	0,074
2804,0		ilc	0,250	0,73	–	79,6	0,199	69,5	10,1	20,4	0,273
2858,0		ilc	0,169	1,00	634	67	0,114	60	7	33	0,114
2862,0		ilc	0,154	1,04	–	81,3	0,125	69,3	12,0	18,7	0,120
2912,6		ilc	0,376	6,10	–	64	0,241	50	14	36	0,040
2918,7	Sla	ilc	0,004	0,50	625	–	–	–	–	–	–
2919,0		ilc	0,008	0,13	–	–	–	–	–	–	–
2926,2		ilc	0,013	0,60	629	–	–	–	–	–	–
2935,0		ilc	0,056	0,70	615	21	0,012	19	2	79	0,017
2942,0	Ok Os	il+ml	0,047	1,10	632	49	0,023	46	3	51	0,021
2953,5		ilc	0,178	2,60	–	58	0,103	52	6	42	0,040
2954,6		ilc	0,566	3,10	654	65	0,367	59	6	35	0,118
2962,9		ilc	0,016	0,50	640	58	0,009	55	3	42	0,018
2963,6		ilc	0,009	0,50	629	39	0,004	37	2	61	0,008
2967,9		ilc	0,034	0,30	626	49	0,017	44	5	51	0,057
2973,0		ilc	0,199	1,20	645	73	0,138	64	9	27	0,115
2977,2	Od	wap	0,008	0,60	626	–	–	–	–	–	–
2997,5	Of	ilc	0,005	0,30	632	–	–	–	–	–	–
3004,5		ilc	0,012	0,20	–	33	0,004	22	11	67	0,020
3010,8		ilc	0,006	0,30	621	–	–	–	–	–	–
3011,5	Є ₂	wap	0,007	0,30	625	–	–	–	–	–	–

Tabela 20 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3017,0	E ₂	ilc	0,098	3,60	639	58	0,057	46	12	42	0,016
3019,0		psc	0,022	0,60	625	66	0,015	61	5	34	0,025
3020,7		ilc	0,003	0,20	643	–	–	–	–	–	–
3031,4		ilc	0,052	0,20	637	43	0,022	41	2	57	0,110
3034,0		mlc	0,056	0,60	–	73	0,041	63	10	27	0,068
3038,8		psc	0,003	0,20	621	–	–	–	–	–	–
3046,6		mlc	0,029	0,30	605	52	0,015	46	6	48	0,050
3050,7		psc	0,008	0,20	647	–	–	–	–	–	–
3064,4		psc	0,003	0,20	630	–	–	–	–	–	–
3074,2		psc	0,022	0,30	601	44	0,010	40	4	56	0,033
3079,7		psc	0,014	0,10	632	61	0,009	58	3	39	0,090
3090,7		psc	0,034	0,10	628	68	0,023	64	4	32	0,230
3101,6		psc	0,003	0,10	646	–	–	–	–	–	–
3117,4		ilc	0,024	0,60	602	56	0,013	52	4	44	0,022
3137,3		ilc	0,015	0,70	605	44	0,007	42	2	56	0,010
3152,6		ilc	0,014	0,70	609	42	0,006	38	4	58	0,009
3164,3		il+ml	0,010	0,70	608	56	0,006	47	9	44	0,009
3179,0		ilc	0,010	0,70	610	28	0,003	19	9	72	0,004
3191,1		ilc	0,006	0,70	616	–	–	–	–	–	–
3204,1		ilc	0,003	0,60	619	–	–	–	–	–	–
3215,1		ilc	0,003	0,60	614	–	–	–	–	–	–
3225,8		mlc	0,027	0,60	619	8	0,002	7	1	92	0,003
3251,4		mlc	0,008	0,60	621	31	0,002	11	20	69	0,003
3258,8		mlc	0,004	0,30	615	–	–	–	–	–	–
3261,4		psc	0,010	0,30	620	–	–	–	–	–	–
3264,9		ilc	0,018	0,70	620	50	0,009	31	19	50	0,013
3273,6	E ₁	ilc	0,007	0,70	617	–	–	–	–	–	–
3282,1		psc	0,005	0,20	652	–	–	–	–	–	–
3300,9		mlc	0,016	0,50	611	11	0,002	7	4	89	0,004
3308,9		mlc	0,020	0,60	640	34	0,007	32	2	66	0,012
3315,6		ilc	0,019	0,60	623	17	0,003	16	1	83	0,005
3319,2		psc	0,012	0,50	640	–	–	–	–	–	–
3322,3		ilc	0,016	0,20	616	29	0,005	27	2	71	0,025
3327,8		psc	0,001	0,20	650	–	–	–	–	–	–
3342,5		psc	0,013	0,20	617	17	0,002	13	4	83	0,010
3352,5		psc	0,008	0,20	678	24	0,002	22	2	76	0,010
3370,7		mlc	0,007	0,20	615						

Tabela 20 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3383,3	C ₁	mlc	0,003	0,20	666	–	–	–	–	–	–
3387,0		mlc	0,005	0,20	616	–	–	–	–	–	–
3394,3		mlc	0,004	0,20	518	–	–	–	–	–	–
3402,9		psc	0,005	0,20	633	–	–	–	–	–	–
3416,1		psc	0,007	0,20	652	56	0,004	52	4	44	0,035
3420,8		mlc	0,008	0,10	622	56	0,004	52	4	44	0,040
3431,5		psc	0,005	0,10	677	–	–	–	–	–	–
3440,0		psc	0,003	0,10	684	–	–	–	–	–	–
3445,5		psc	0,004	0,10	665	–	–	–	–	–	–
3460,7		mlc	0,031	0,30	600	16	0,005	12	4	84	0,017
3476,0		psc	0,014	0,20	673	74	0,010	64	10	26	0,050
3492,2		psc	0,001	0,10	644	–	–	–	–	–	–
3499,4		psc	0,010	0,10	618	15	0,002	12	3	85	0,020
3502,3		psc	0,001	0,10	677	–	–	–	–	–	–
3509,0		psc	0,002	0,10	691	–	–	–	–	–	–

Litologia: psc – piaskowiec, mlc – mułowiec, ilc – iłowiec, il+ml – iłowiec i mułowiec, wap – wapień; **stratygrafia:** kambr (C₁ – dolny, C₂ – środkowy), ordowik (Of – flo, Od – darriwil, Os – sandb, Ok – kat), sylur (Sla – landower, Sw – wenlok, Sld – ludlow, Sp – przydol)

Lithology: psc – sandstone, mlc – mudstone, ilc – claystone, il+ml – claystone and mudstone, wap – limestone; **stratigraphy:** Cambrian (C₁ – Lower, C₂ – Middle), Ordovician (Of – Floian, Od – Darriwilian, Os – Sandbian, Ok – Katian), Silurian (Sla – Llandovery, Sw – Wenlock, Sld – Ludlow, Sp – Pridoli)

Utwory ordowiku w profilu pionowym są zróżnicowane pod względem występującej w nich ilości węgla organicznego. W dolnej części kompleksu, w utworach flo, zawartość węgla organicznego i bituminów jest niewielka (tab. 20). W pojedynczym wystąpieniu w wapieniach lanwimu zawartość węgla jest nieznacznie podwyższona, ale ilość bituminów jest bardzo mała.

W utworach sandbu–katu ilość materii organicznej jest natomiast zróżnicowana, a w pewnych interwałach zawartość węgla organicznego pozwala uznać te utwory za „dobre skały macierzyste” do generowania węglowodorów (fig. 42). Ilość bituminów występująca w tych interwałach skalnych jest także duża (tab. 20).

W utworach syluru dolnego (landoweru) maksymalna zawartość węgla organicznego wynosi 0,7%, ilość bituminów jest nieznacznie podwyższona, a wartość współczynnika migracji wskazuje, że składniki labilne obecne w osadzie są z nimi syngenetyczne (tab. 20). Uzyskane z utworów syluru dolnego (landoweru) próbki zawierają ilość węgla organicznego określającą te osady jako „słabe” skały macierzyste do generowania węglowodorów (tab. 20, fig. 42).

Zawartość węgla organicznego w utworach wenloku jest zróżnicowana. W przystopowej części utwory te zawierają ilość materii organicznej klasyfikującą je jako „słabe” skały

macierzyste do generowania węglowodorów. Utwory występujące w przyspągowej części profilu są natomiast bogate w węgiel organiczny (tab. 20, fig. 42), a zawartość składników labilnych znajdująca się w tych utworach jest duża.

Utwory przydolu zawierają mniejszą ilość węgla organicznego niż utwory ludlowu. Osady ludlowu i przydolu są słabymi skałami macierzystymi do generowania węglowodorów (tab. 20, fig. 42). Utwory te są uboższe w bituminy niż leżące niżej utwory wenloku. Ilość bituminów waha się od 0,139% w spągu utworów do 0,003% w ich stropie (tab. 20).

Udział węglowodorów w wydzielonych bituminach jest także zróżnicowany.

W utworach kambru dolnego waha się od 74% w piaskowcach w spągowej części pionowego profilu do 11% w utworach z części górnej (tab. 20, fig. 43). Zróżnicowana jest także zawartość żywic i asfaltenów w tych utworach (fig. 43).

W bituminach wydzielonych z utworów kambru środkowego udział węglowodorów jest duży, jedynie w spągu na głęb. 3225,8 m stwierdzono bardzo niewielki udział węglowodorów w bituminach (8%) (tab. 20).

Utwory ordowiku zawierają taką samą ilość węglowodorów i produktów ciężkich (asfaltenów i żywic) w bituminach w całym profilu.

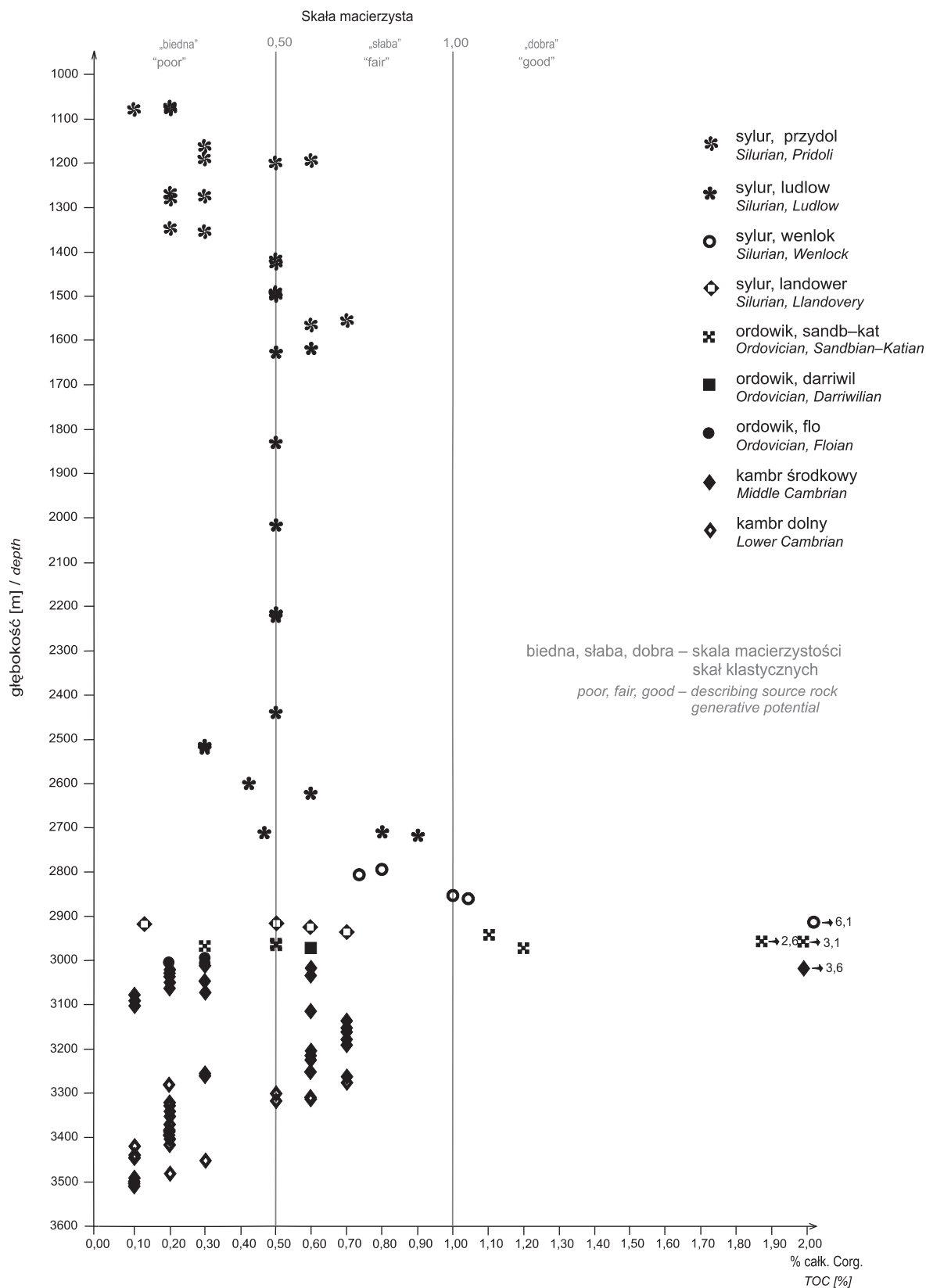


Fig. 42. Zawartość procentowa węgla organicznego w utworach dolnego paleozoiku w zależności od głębokości (ocena macierzystości skał wg Petersa, 1986)

TOC (%) content in the Lower Paleozoic deposits versus depth
(assessment of source rocks quality after Peters, 1986)

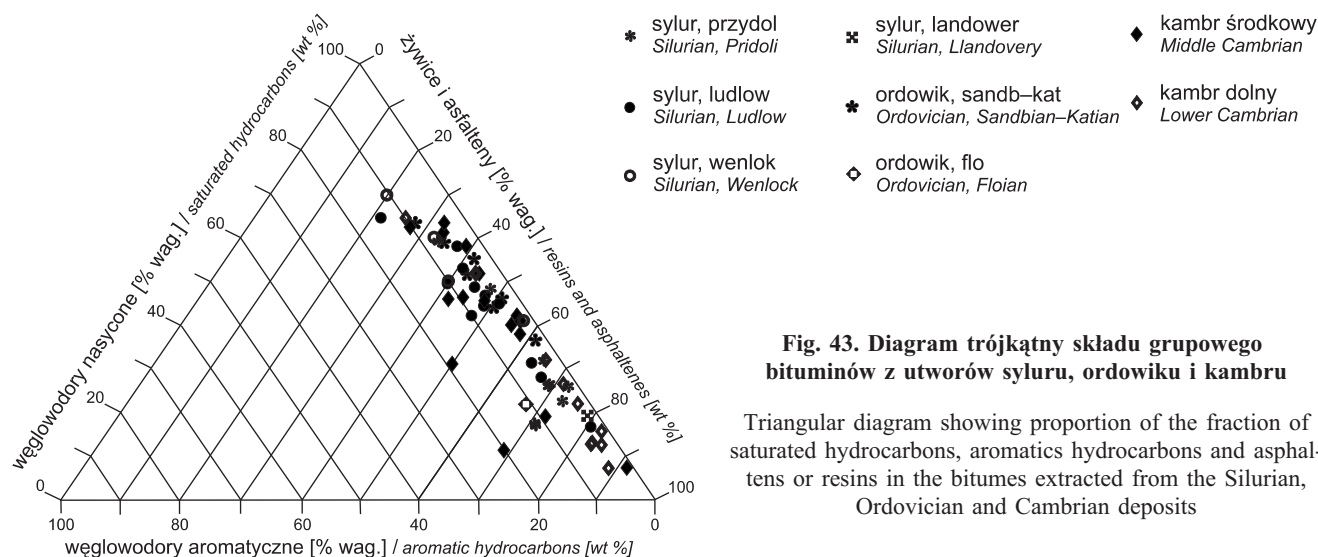


Fig. 43. Diagram trójkątny składu grupowego bituminów z utworów syluru, ordowiku i kambru

Triangular diagram showing proportion of the fraction of saturated hydrocarbons, aromatics hydrocarbons and asphaltens or resins in the bitumes extracted from the Silurian, Ordovician and Cambrian deposits

Udział węglowodorów w wydzielonych bituminach z utworów syluru jest zróżnicowany, ale w stosunkowo niewielkim zakresie. W utworach wenloku i ludlowu zawartość węglowodorów w bituminach wynosi ok. 50–60%, w utworach przydolu zawartość frakcji węglowodorowej zmniejsza się, natomiast zwiększa się udział żywicy i asfaltenów (tab. 20, fig. 43).

W składzie węglowodorów w całym profilu pionowym dominują węglowodory nasycone nad aromatycznymi

(fig. 43). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego dla utworów kambru dolnego wskazuje znaczne zróżnicowanie środowiska sedymentacji od utleniającego w ich dolnych partiach, przez punktowo silnie redukcyjne w części środkowej profilu (518 mV), do słabo redukcyjnego w części stropowej tego kompleksu skalnego. Utwory ordowiku i syluru ogólnie osiągają wartości potencjału oksydacyjno-redukcyjnego, które pozwalają sądzić, że osadzały się w środowisku redukcyjnym (tab. 20).

ŚRODOWISKO DEPOZYCJI MATERII ORGANICZNEJ, JEJ TYP GENETYCZNY I STOPIEŃ DOJRZAŁOŚCI

Analiza n-alkanów wykazała, że materia organiczna występująca w utworach kambru środkowego zawiera znaczną ilość związków o liczbie węgla w cząsteczce równej 19 i 21, a także związków o parzystej liczbie węgla, co sugeruje, że materiałem wyjściowym były algi i bakterie (Maliński, Witkowski, 1988) (fig. 44A, B).

Warunki środowiska, w jakich osadzała się materia organiczna w tych utworach, były zmienne – od silnie utleniających do redukcyjnych, co sugerują wartości Pr/Ph wahające się od 0,42 do 1,92 (Didyk i in., 1978). Wartości wskaźników dojrzałości materii organicznej CPI_{Tot} , CPI_{17-23} i CPI_{25-31} są poniżej jedności z uwagi na duży udział n-alkanów parzystowęglowych pochodzących z rozkładu bakterii, co uniemożliwia jednoznaczne określenie stopnia przeobrażenia badanej materii (tab. 21).

Materia organiczna występująca w dolnych partiach utworów ordowiku zawiera związki z grupy n-alkanów o parzystej liczbie węgla w cząsteczce (fig. 45). W wyższych partiach utworów karadoku maksymalną zawartość osiąga natomiast n-alkan C_{19} , co sugeruje większy udział alg morskich niż bakterii w wyjściowej materii organicznej (fig. 45A). W utworach flo środowisko w basenie sedymentacyjnym było redukcyjne. Warunki środowiska przy osadzaniu się materii organicznej w utworach sandbu–katu, podobnie jak w przypadku utworów kambru środkowego, były natomiast zróżnicowane

– od utleniających w spągu profilu, poprzez redukcyjne w partiach wyższych. W stropie utworów karadoku śladowa ilość węglowodorów izoprenoidowych uniemożliwia wykorzystanie ich do określenia warunków osadzania się materii organicznej w tych utworach. Wartości wskaźników dojrzałości materii organicznej CPI_{Tot} i CPI_{17-23} wynoszą poniżej jednego, więc nie pozwala to oznaczyć ich stopnia przeobrażenia na podstawie tych wskaźników (tab. 21).

W n-alkanach oznaczonych w materii organicznej z utworów syluru zaznacza się większy udział związków zawierających n-alkan C_{17} , szczególnie w spągowych partiach utworów. Jednocześnie został stwierdzony znaczny udział związków o parzystej liczbie atomów węgla (fig. 46A). W pionowym profilu kompleksu skalnego w wenloku górnym i ludlowie zwiększa się udział n-alkanu C_{19} , a w górnej części kompleksu n-alkanu C_{21} , co sugeruje niższy stopień przeobrażenia badanej materii organicznej (fig. 46B–E). W utworach ludlowu na głęb. 2713,0 m dominującym związkiem w badanej materii organicznej jest n-alkan C_{17} , jednocześnie w grupie n-alkanów w tej materii organicznej w znaczącej ilości występuje n-alkan C_{15} , a także C_{16} , C_{18} i C_{19} . Można więc przypuszczać, że w tej materii organicznej występują dwie generacje ciekłych węglowodorów. Jednocześnie znaczna ilość n-alkanów o liczbie węgla w łańcuchu w zakresie od n- C_{26} do n- C_{28} z maksimum zawartości

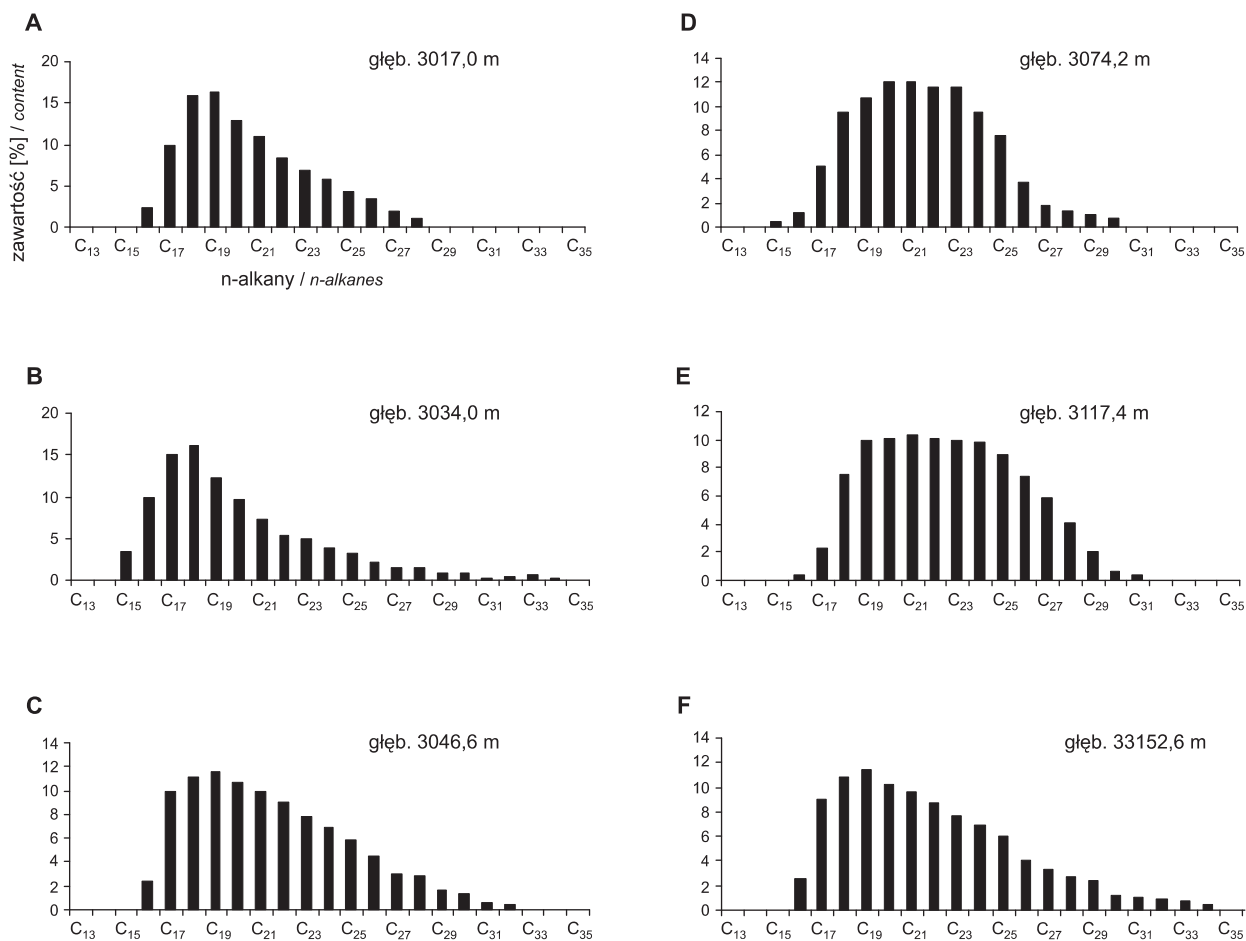


Fig. 44. Dystrybucja n-alkanów w utworach kambru

Distribution of n-alkanes in the Cambrian deposits

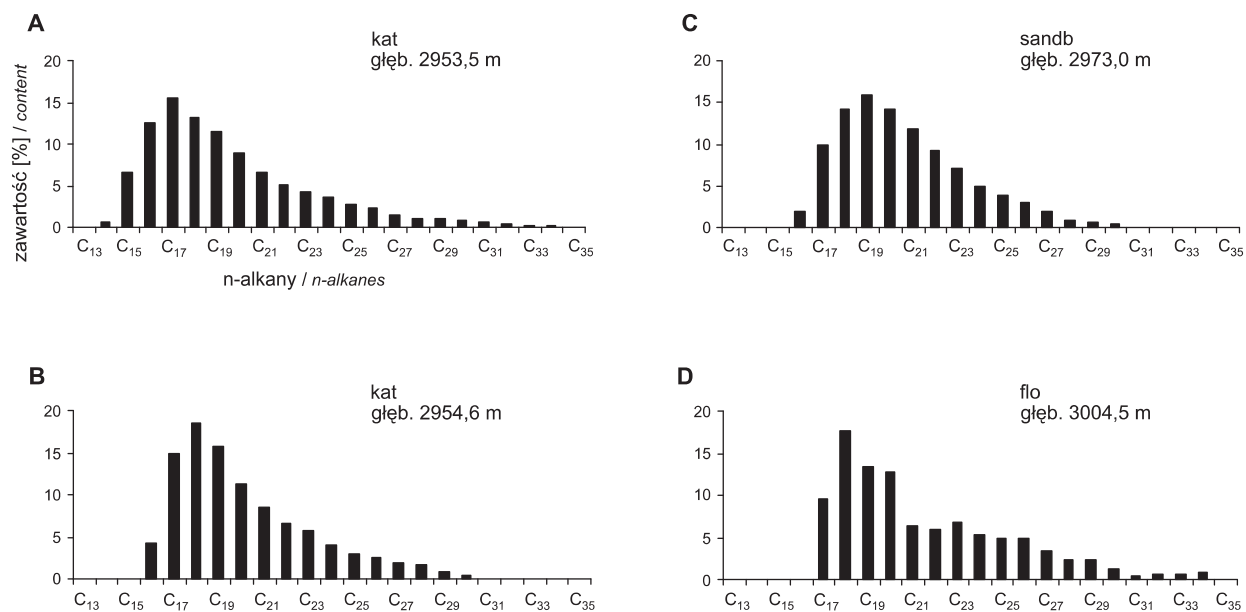


Fig. 45. Dystrybucja n-alkanów w utworach ordowiku

Distribution of n-alkanes in the Ordovician deposits

Tabela 21

Wskaźniki geochemiczne bituminów z utworów dolnego paleozoiku

Geochemical indices for bitumens from the Lower Paleozoic deposits

Głębokość pobrania próbki [m]	Stratygrafia		Pr/Ph	CPI _{Tot}	CPI ₁₇₋₂₃	CPI ₂₅₋₃₁	n-C _{max}
1075,0	sylur	ludlow	bd	0,95	0,90	1,00	C ₂₁
1553,6			bd	0,91	0,98	0,84	C ₂₇
2216,5			bd	1,00	1,00	0,89	C ₂₁
2623,0			1,11	1,00	1,00	0,92	C ₁₉
2710,6			1,11	1,02	0,99	1,13	C ₁₈ , C ₁₉
2713,0			1,82	1,07	1,14	1,01	C ₁₇
2719,4			1,00	1,01	1,00	0,93	C ₁₉
2795,3		wenlok	1,25	1,29	1,01	0,99	C ₁₈ , C ₁₉
2804,0			1,74	1,03	1,00	1,12	C ₁₇
2858,0			0,91	0,96	0,94	1,02	C ₁₈
2862,0			1,69	0,98	0,96	1,00	C ₁₇
2926,0		landower	bd	0,99	1,00	0,81	C ₁₇
2953,5	ordowik	kat	bd	0,96	0,93	1,05	C ₁₉
2954,6			0,53	0,99	0,97	1,05	C ₁₆
2973,0		sandb	1,67	0,93	0,95	0,73	C ₁₈
3004,5			0,77	0,86	0,78	1,02	C ₁₈
3017,0	kambr środkowy		0,42	bd	bd	bd	C ₁₉
3034,0			1,92	0,95	0,94	0,88	C ₁₈
3046,6			0,71	0,97	0,98	0,91	C ₁₉
3074,2			bd	0,99	0,94	1,16	C ₂₁
3117,4			1,11	0,98	0,95	1,04	C ₂₁
3152,6			1,11	1,02	0,99	1,16	C ₁₉

Pr/Ph – stosunek zawartości węglowodoru izoprenoidowego pristanu (Pr) do węglowodoru izoprenoidowego fitanu (Ph) w badanej próbce;

CPI_{Tot} – wartość współczynnika CPI (*Carbon Preference Index*), wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 17 do 31 węgli w cząsteczce (wg Kotarby i in., 1994):

$$CPI_{Tot} = \frac{(C_{17} + C_{19} + \dots + C_{27} + C_{29}) + (C_{19} + C_{21} + \dots + C_{29} + C_{31})}{2 \cdot (C_{18} + C_{20} + \dots + C_{28} + C_{30})};$$

CPI₁₇₋₂₃ – wartość współczynnika CPI, wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 17 do 23 węgli w cząsteczce (wg Kotarby i in., 1994):

$$CPI_{17-23} = \frac{(C_{17} + C_{19} + C_{21}) + (C_{19} + C_{21} + C_{23})}{2 \cdot (C_{18} + C_{20} + C_{22})};$$

CPI₂₅₋₃₁ – wartość współczynnika CPI, wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 25 do 31 węgli w cząsteczce (wg Kotarby i in., 1994):

$$CPI_{25-31} = \frac{(C_{25} + C_{27} + C_{29}) + (C_{27} + C_{29} + C_{31})}{2 \cdot (C_{26} + C_{28} + C_{30})};$$

n-C_{max} – n-alkan, którego zawartość jest największa w całej masie oznaczonych n-alkanów w badanej próbce; bd – brak danychPr/Ph – pristane (Pr) and phytane (Ph) ratio; n-C_{max} – n-alkane maximum contents; bd – no dataCPI_{Tot} – the value of coefficient CPI (*Carbon Preference Index*) for the n-alkanes C₁₇–C₃₁ (after Kotarba *et al.*, 1994):

$$CPI_{Tot} = \frac{(C_{17} + C_{19} + \dots + C_{27} + C_{29}) + (C_{19} + C_{21} + \dots + C_{29} + C_{31})}{2 \cdot (C_{18} + C_{20} + \dots + C_{28} + C_{30})};$$

CPI₁₇₋₂₃ – CPI coefficient value for the n-alkanes C₁₇–C₂₃ (after Kotarba *et al.*, 1994): $CPI_{17-23} = \frac{(C_{17} + C_{19} + C_{21}) + (C_{19} + C_{21} + C_{23})}{2 \cdot (C_{18} + C_{20} + C_{22})};$ CPI₂₅₋₃₁ – CPI coefficient value for the n-alkanes C₂₅–C₃₁ (after Kotarba *et al.*, 1994): $CPI_{25-31} = \frac{(C_{25} + C_{27} + C_{29}) + (C_{27} + C_{29} + C_{31})}{2 \cdot (C_{26} + C_{28} + C_{30})};$

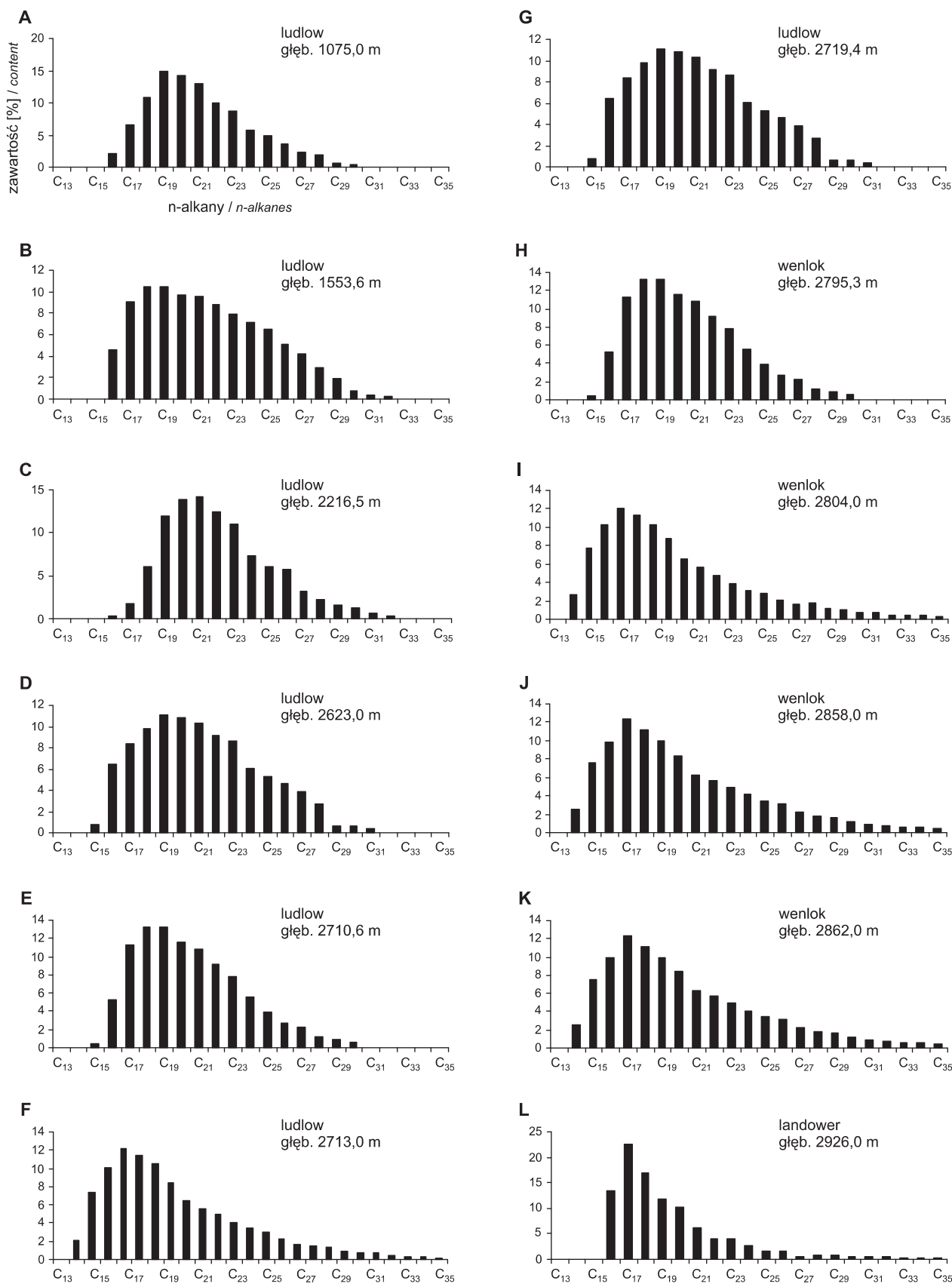


Fig. 46. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru

Distribution of n-alkanes in the Silurian deposits

n-alkanu C_{27} pozwala przypuszczać, że w utworach przydołu (głęb. 1553,6 m) zachodziło zjawisko biodegradacji szczątków sinic (fig. 46E).

Stosunek węglowodorów izoprenoidowych przistanu i fitanu sugeruje, że materia organiczna pochodząca z utworów wenloku i ludlowu tworzyła się w silnie utleniającym środowisku (tab. 21). Obserwowane zjawisko biodegradacji, które miało miejsce w badanych osadach, nie pozwala jednoznacznie oznaczyć stopnia przeobrażenia materii organicznej obecnej w utworach syluru – ludlowu i przydołu.

Podsumowując omawiane dane, należy stwierdzić, że w otworze wiertniczym Darżlubie IG 1 w kompleksie skalnym wczesnego paleozoiku za „dobre” skały macierzyste do generowania węglowodorów można uznać pewne interwały utworów ordowiku – sandbu i katu. Pozostałe przebadane utwory są „słabymi” lub „biednymi” skałami macierzystymi, a wyższe zawartości węgla organicznego występują w nich jedynie punktowo. Źródłem wyjściowej materii organicznej obecnej w utworach wczesnego paleozoiku w tym otworze są bakterie i algi morskie. Stopień przeobrażenia materii organicznej jest niewielki.

Dojrzałość badanej materii zmienia się wraz z głębokością: najsilniej przeobrażona jest materia organiczna w utworach kambru, najsłabiej natomiast w utworach syluru w ludlowie i przydołu. Ogólnie stopień przeobrażenia materii organicznej w tych utworach odpowiada stadium „okna ropnego”.

Analizując występowanie wysokich zawartości składników labilnych w utworach syluru i ordowiku dolnego, należy podkreślić, że bituminy te mają charakter epigenetycznych z osadem. Obecność dwóch generacji węglowodorów w utworach syluru została potwierdzona szczegółową analizą chromatograficzną n-alkanów.

Odmienny charakter środowiska w basenie sedimentacyjnym, jaki został oznaczony potencjałem utleniająco-redukcyjnym w profilu pionowym tych utworów od danych uzyskanych z badań węglowodorów izoprenoidowych w materii organicznej, przypuszczalnie wynika z bardziej szczegółowej rejestracji zmian, jakie zachodzą w materii organicznej w trakcie jej przeobrażenia, niż to wynika z mało dokładnego, lecz bardziej powszechnego oznaczenia redukcyjno-utleniającego potencjału skał.

Zdzisław MODLIŃSKI

OBJAWY WĘGLOWODORÓW ZAREJESTROWANE W TRAKCIE GŁĘBIENIA OTWORU WIERTNICZEGO

Laboratorium polowe Przedsiębiorstwa Geologicznego w Warszawie prowadziło obserwacje objawów węglowodorów podczas całego głębienia otworu wiertniczego Darżlubie IG 1. W trakcie przewiercania interwału głęb. 2862,5–3512,0 m dodatkowo zainstalowane było laboratorium Geoservices. Zare-

jestrowane objawy węglowodorów w rdzeniach wiertniczych, w płuczce oraz skład węglowodorów stwierdzony w mieszaninie powietrzno-gazowej degazatora przedstawiono w tabelach 22–24.

Tabela 22

Objawy węglowodorów w rdzeniach wiertniczych

Hydrocarbon show in drill cores

Głębokość [m]	Stratygrafia	Objawy
3010,0–3032,0	ordowik, kambr górny, kambr środkowy	w ilowcach „pocenie się ropą”, w piaskowcach pod lampą UV fluorescencja barwy zielonożółtej, próba chloroformowa dodatnia
3032,0–3040,0	kambr środkowy	bitumiczny zapach rdzeni, pod lampą UV punktowa fluorescencja barwy zielonożółtej, próba chloroformowa dodatnia
3071,6–3083,0	kambr środkowy	bitumiczny zapach rdzeni, pod lampą UV punktowa fluorescencja barwy zielonożółtej, próba chloroformowa dodatnia
3092,5–3100,6	kambr środkowy	bitumiczny zapach rdzeni, pod lampą UV punktowa fluorescencja barwy zielonożółtej, próba chloroformowa dodatnia

Tabela 23

**Zawartość węglowodorów w mieszaninie powietrzno-gazowej degazatora
w momentach maksymalnego zgazowania płuczki**

Hydrocarbons content in degasser's air/gas mix at times of maximum concentration of gas in the mud

Głębokość [m]	Stratygrafia	Zawartość węglowodorów [%]	Głębokość [m]	Stratygrafia	Zawartość węglowodorów [%]
2875,0	sylur	2,82	3101,0	kambr	15,55
2893,5		9,43	3125,6		22,33
2904,0		6,71	3130,5		20,44
2961,0	ordowik	5,05	3162,5		18,85
2978,3		1,33	3179,0		11,1
2999,0		0,83	3232,0		6,94
3017,0	kambr	0,94	3265,0		2,1
3051,0		25,0	3344,5		2,64
3076,0		35,0	3469,0		2,35

Tabela 24

Skład węglowodorów w mieszaninie powietrzno-gazowej degazatora

Composition of hydrocarbons in degasser's air/gas mix

Głębokość [m]	Stratygrafia	C ₁	C ₂	C ₃	iC ₄	nC ₄
2875,0	sylur	1,80	0,54	0,34	0,06	0,08
2893,5		6,50	1,70	0,80	0,13	0,30
2904,0		4,25	1,15	0,85	0,16	0,30
2961,0	ordowik	3,25	1,00	0,64	0,16	śl.
2978,5		1,05	0,18	0,10	śl.	–
2999,0		0,62	0,11	0,07	0,03	–
3017,0	kambr	0,73	0,14	0,07	–	–
3051,0		25,0	?	?	?	?
3076,5		35,0	?	?	?	?
3101,0		13,50	1,75	0,30	–	–
3125,6		21,50	0,63	0,20	–	–
3130,5		18,50	1,40	0,38	0,16	–
3162,5		17,70	1,05	0,10	–	–
3179,0		10,25	0,85	0,10	–	–
3232,0		6,12	0,60	0,12	–	–
3265,0		1,80	0,20	0,10	–	–
3344,5		2,25	0,30	0,09	–	–
3469,0		2,10	0,25	–	–	–