

WYNIKI BADAŃ MATERII ORGANICZNEJ I OBJAWY WĘGLOWODORÓW

Izabella GROTEK

CHARAKTERYSTYKA PETROLOGICZNA ORAZ DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA MATERII ORGANICZNEJ ROZPROSZONEJ W PROFILU UTWORÓW JURA GÓRNA–EDIAKAR

METODYKA BADAŃ

Podstawę analityczną pracy stanowią badania mikroskopowe wykonane w świetle odbitym białym oraz we fluorescencji (światło UV) umożliwiające identyfikację, nierozróżnialnych często w świetle białym, składników maceralnych grupy lipynitu (Teichmüller, 1982). Analizy zostały przeprowadzone 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 w przypadku osadów dolnego paleozoiku materiał wityrynitopodobny o cechach optycznych wityrynit (fitoklasty, zooklasty, stałe bituminy/bitumin), oraz na macerałach wityrynit w osadach młodszych. Składniki te charakteryzują się liniowym wzrostem zdolności

odbicia światła wraz ze wzrostem stopnia dojrzałości (Stach i in., 1982). Wymagana wielkość ziarn $>5\text{ }\mu\text{m}$ jest minimalną, niezbędną do uzyskania właściwego wyniku (Jacob, 1972).

Badania wykonano przy użyciu wzorców ze szkła optycznego o określonej, stałej refleksyjności 0,353; 0,595; 0,907% oraz 1,523%; filtru monochromatycznego o długości fali 546 nm; olejku imersyjnego o $n_D = 1,515$ w temp. 20–25°C.

Analizę ilościową przeprowadzono metodą planimetrywania powierzchni preparatów, przy skoku mikrośruby wynoszącym 0,2 mm.

Przy opisie składników petrograficznych stosowano nomenklaturę i klasyfikację przyjętą przez Międzynarodowy Komitet Petrologii Węgla (International..., 1994). Uzyskane wyniki zamieszczono w [tabelach 19 i 20](#).

CHARAKTERYSTYKA PETROLOGICZNA MATERII ORGANICZNEJ

Wykonano analizę mikroskopową 30 polerowanych próbek skalnych z interwału głębokości 503,0–2893,0 m. Reprezentują one utwory jura górna–ediakar.

Ediakar–kambr środkowy

W analizowanym profilu badaniom mikroskopowym poddano 2 próbki reprezentujące piaskowce ediakaru z głębokości 2844,0–2893,0 m oraz 5 próbek utworów piaszczystych kambru dolnego (4 próbki) i środkowego (1 próbka) z interwału głębokości 2351,1–2798,4 m.

Badane utwory są ubogie w materię organiczną, stanowiąc 0,1–0,3% planimetrywanej powierzchni próbki ([tab. 19](#)). Jej pochodzenie w utworach ediakaru może być częściowo abiogeniczne. Jednak w analizowanych próbkach występują również szczątki pochodzenia organicznego (glony) oraz

rozproszony detrytus organiczny w postaci fitoklastów ([fig. 30A](#)). Diessel i Offler już w 1975 r. mierzyli refleksyjność na takich fitoklastach pochodzących z niezbyt silnie zmetamorfizowanych facji.

W utworach kambru dolnego głównym źródłem materii organicznej są lipidy pochodzące od alg bentonicznych, redukcyjne bakterie siarkowe oraz zwitrynityzowane szczątki trylobitów uznawane za najstarsze zooklasty. Stanowią one wraz ze stałymi bituminami i fitoklastami grupę składników wityrynitopodobnych (McKirdy, Kantsler, 1980), będących podstawą mikrokomponentów organicznych analizowanych poziomów osadów kambru dolnego. Występują one w postaci ciał zróżnicowanej wielkości (5–20 μm), często są silnie rozdrobione i przemieszane z materiałem ilastym, tworząc asocjację organiczno-mineralną typu bitumicznego ([fig. 30B](#)). Obserwuje się również nieliczne impregnacje bituminami, fluoryzującymi słabo w kolorze pomarańczowobrunatnym.

Infiltrują one skałę, wypełniając częściowo pory lub szczeliny spękań.

W analizowanych utworach zaznacza się wyraźna, lecz zmienna ilość mineralizacji siarczkowej, wskazującej lokalnie na redukcyjne warunki sedimentacji. Jest ona reprezentowana głównie przez piryty występujący w postaci framboidalnych skupień, izolowanych masywnych ciał oraz epigenetycznego piryty impregnującego materiał organiczny.

Ordowik

Utwory ilaste ordowiku, przebadane w 3 próbkach z interwału głębokości 2131,5–2231,0 m, zawierają zmienną ilość materii organicznej (0,3–0,8% planimetrowanej powierzchni próbki). Najwyższe jej koncentracje związane są z osadami aszgilu, natomiast najniższe z utworami tremakoku (tab. 19). Zawierają one nieliczny, witynitopodobny materiał organiczny, zbudowany ze szczątków graptolitów występujących w formie okruchów o wielkości od 3 do 20 μm oraz pasemek o długości do 200 μm (fig. 30C). Ponadto obserwuje się

przeławicenia organiczno-ilaste z rozproszonymi homogenicznymi, drobnymi ciałami stałych bituminów (bituminu).

Utwory aszgilu charakteryzują się znaczną zawartością substancji organicznej. Jej głównym składnikiem są zwitrynitizowane fragmenty zooklastów, najczęściej graptolitów, występujących zazwyczaj w formie soczewek i pasemek o wielkości osiągającej często 100, a nawet 500 μm (fig. 30D). Dość licznie reprezentowane są stałe bituminy, mające postać żyłek oraz soczewkowatych ciał. Występują one również w formie drobnych ziaren rozproszonych w asocjacji organiczno-mineralnej typu bitumicznego. Lokalnie obserwuje się nieliczne impregnacje bituminami, tworzącymi rozmyte smugi fluoryzujące w kolorze pomarańczowym i brunatnym.

Sylur

Utwory syluru zostały przebadane w 9 próbkach pochodzących z głębokości 1592,5–2092,2 m (tab. 19).

Utwory ilaste ludlowu z głębokości 1900,3–2089,1 m zawierają dość liczny (0,7–0,9% planimetrowanej powierzchni

Tabela 19

Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej w utworach starszego paleozoiku

Microscopical analysis of organic matter dispersed in older Paleozoic sediments

Głębokość [m]	Stratygrafia	Refleksyjność R_o [%]			WTP [%]	Inertynit [%]	Liptynit [%]	MO [%]
		liczba pomiarów	zakres	średnia				
1592,5	sylur, przydol	31	0,81–1,12	0,90	0,3			0,3
1657,0		28	0,85–1,14	0,92	0,4	0,1	śl.	0,4
1795,3		50	0,82–1,18	1,02	0,5	0,1		0,6
1796,0		42	0,90–1,20	1,07	0,5			0,5
1900,3	sylur, ludlow	68	0,86–1,41	1,26	0,6	0,1		0,7
1901,1		73	0,85–1,37	1,25	0,8			0,8
1994,0		50	0,92–1,41	1,22	0,7		bituminy	0,7
2089,1		57	0,90–1,38	1,20	0,7	0,1		0,8
2092,2	sylur, wenlok	60	0,94–1,43	1,23	0,9			0,9
2131,5	ordowik, aszgil	47	0,97–1,40	1,32	0,8		bituminy	0,8
2178,0	ordowik, karadok	46	1,12–1,53	1,38	0,4		bituminy	0,4
2231,0	ordowik, tremadok	45	1,20–1,66	1,45	0,3			0,3
2351,1	kambr środkowy	44	1,30–1,85	1,70	0,2			0,2
2396,0	kambr dolny	36	1,30–1,83	1,72	0,3			0,3
2461,8		37	1,40–1,85	1,70	0,2			0,2
2593,0		42	1,40–1,93	1,75	0,2		bituminy	0,2
2798,4		39	1,36–1,85	1,70	0,1			0,1
2844,0	ediakar	27	1,40–1,97	1,76	0,2			0,2
2893,0		46	1,42–2,00	1,79	0,3			0,3

R_o – średnia refleksyjność materiału witynitopodobnego, WTP – materiał witynitopodobny (stałe bituminy, zooklasty, fitoklasty),
random reflectivity of vitrinite-like organic matter, vitrinite-like organic matter (solid bitumen, zooclasts, phytoclasts),

MO – materia organiczna, śl. – zawartość śladowa
organic matter, trace

Tabela 20

Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej w osadach dewonu, karbonu i jury
 Microscopical analysis of organic matter dispersed in Devonian, Carboniferous and Jurassic sediments

Głębokość [m]	Stratygrafia	Refleksyjność R_o [%]			Witrynit [%]	Inertynit [%]	Liptynit [%]	MO [%]
		liczba pomiarów	zakres	średnia				
503,0	jura górna	75	0,42–0,60	0,50	1,0	0,4	0,2	1,6
536,2	karbon, westfal A	63	0,46–0,84	0,65	0,7	0,2	0,3	1,2
685,6	karbon, namur	67	0,47–0,88	0,65	1,0	0,3	0,4	1,7
689,2		50	0,55–0,80	0,71	0,7	0,3	0,2	1,2
773,0		58	0,52–0,85	0,72	0,9	0,3	0,2	1,4
851,8	karbon, wizen	38	0,54–0,86	0,72	0,7	0,2	0,1	1,0
1019,2		58	0,60–0,95	0,75	0,6	0,2	0,1	0,9
1191,1	dewon dolny	34	0,69–0,98	0,87	0,3*	śl.	śl.	0,3
1335,0		40	0,80–1,19	1,00	0,3*	0,1	śl., bit.	0,4
1464,2		35	0,78–1,17	1,02	0,2*	0,1	bit.	0,3
1520,6		18	0,82–1,20	1,00	0,2*	0,1	śl.	0,3

R_o – średnia refleksyjność witrynitów, 0,3* – materiał witrynitopodobny, MO – materia organiczna, śl. – zawartość śladowa, śl.bit. – impregnacje bitumiczne
random reflectivity of vitrinite, vitrinite-like organic matter, organic matter, trace, bitumen impregnation

próbek) witrynitopodobny materiał organiczny, w skład którego wchodzi stale bituminy, fragmenty graptolitów, a także inne zwitrynizowane szczątki organizmów morskich i lądowych (fig. 30E, F). Materiał witrynitopodobny występuje najczęściej w formie wydłużonych soczewek i pasemek o grubości 10–30 μm , sporadycznie osiągających wielkość kilkuset μm (zooklasty), część z nich wykazuje wyraźną anizotropię. Obserwuje się również obecność asocjacji organiczno-mineralnej typu bitumicznego, tworzącej w osadzie smużyste, soczewkowate i gniazdowe skupienia. Związany jest z nią genetycznie homogeniczny bitumin, który występuje najczęściej w postaci drobnych ziaren i krótkich żyłek (3–6 μm).

Kompleks utworów najwyższego syluru (przydół) z głębokości 1592,5–1796,0 m jest nieco uboższy w materię organiczną (0,3–0,5% planimetrowanej powierzchni próbki), a jej ilość zmniejsza się ku stropowi syluru.

Głównym mikroskładnikiem organicznym w utworach przydołu jest autogeniczny materiał witrynitopodobny reprezentowany przez stale bituminy/bitumin oraz szczątki graptolitów (fig. 30G, H). Udział macerałów inertynitów (0,1%) wzrasta w stosunku do wyższych części syluru, zmniejsza się natomiast zawartość asocjacji organiczno-mineralnej typu bitumicznego.

W analizowanym profilu utworów syluru brak jest pierwotnych macerałów liptynitów (algi). Jedynie w warstwach stropowych występują śladowe ilości alginitu. Lokalnie obserwuje się materiał organiczny złożony z epigenetycznych bituminów infiltrujących skałę. Wypełniają one częściowo przestrzenie porowe lub tworzą smugi wzdłuż szczelin spękań. Bituminy fluoryzują ze zmienną intensywnością w kolorach żółtym i żółto-pomarańczowym.

Dewon

Utwory dewonu dolnego przeanalizowano w 4 próbkach węglanów z interwału głębokości 1191,1–1520,6 m. Są one ubogie w materię organiczną, której średnia zawartość wynosi około 0,3% planimetrowanej powierzchni próbek. Podwyższoną koncentrację składników organicznych (0,4%) zaobserwowano w próbce z głębokości 1335,0 m (tab. 20).

Dewońska materia organiczna jest słabo zróżnicowana pod względem genetycznym. Reprezentują ją mikrokomponenty witrynitopodobne o cechach optycznych witrynitów (bitumin oraz zooklasty). Ich obecność związana jest ze szczelinami oraz ilastymi przeławieniami węglanów. Najczęściej występują w formie pasemek, żyłek i soczewek o zmiennej grubości 5–20 μm , sporadycznie obserwuje się okruchy 30–40 μm . W niewielkiej ilości występują sfuzytynizowane szczątki organiczne. Śladowa ilość materiału lipidowego jest reprezentowana przez liptodetrynit oraz drobne ziarna bituminu rozproszone w asocjacji organiczno-mineralnej typu bitumicznego. W próbkach z głębokości 1335,0 oraz 1464,2 m obserwuje się nieliczne impregnacje bitumiczne (fig. 31A, B).

Karbon

Utwory karbonu przebadano w 6 próbkach reprezentujących ilowce i mułowce westfalu A, namuru i wizenu z interwału głębokości 536,2–1019,2 m. Zawierają one dość liczny materiał organiczny, głównie humusowy (namur) oraz humusowo-sapropelowy (wizen). Stanowi on 1,2–1,7% planime-

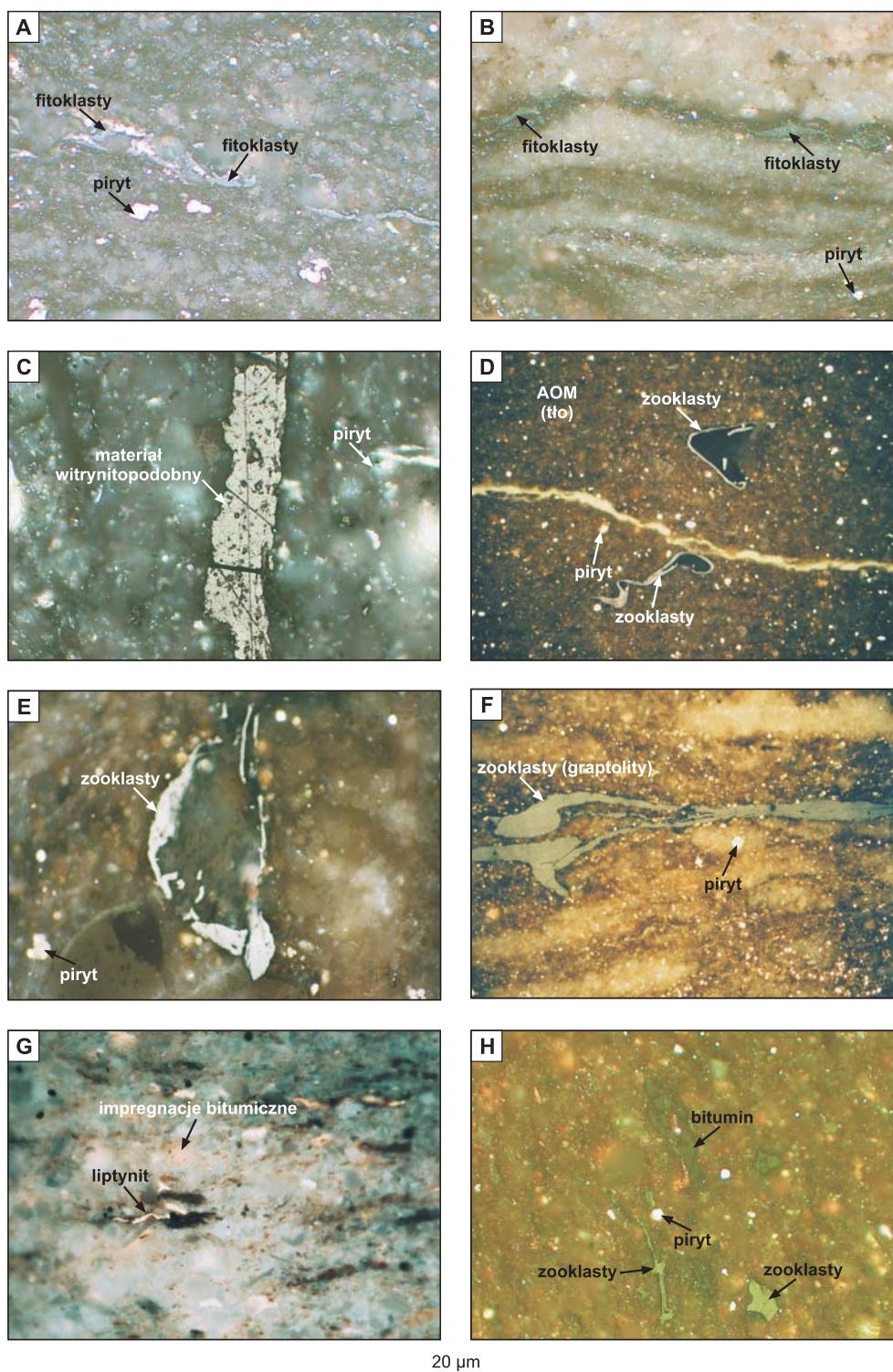


Fig. 30. Materia organiczna w profilu utworów starszego paleozoiku

A – ediacar, głęb. 2893,0 m, R_o 1,79%, światło białe, imersja; B – kambr dolny, głęb. 2396,0 m, R_o 1,72%, światło białe, imersja; C – ordowik (tremadok), głęb. 2231,0 m, R_o 1,45%, światło białe, imersja; D – ordowik (aszgil), głęb. 2128,5 m, R_o 1,32%, światło białe, imersja; E – sylur (ludlow), głęb. 1901,1 m, R_o 1,25%, światło białe, imersja; F – sylur (ludlow), głęb. 2089,1 m, R_o 1,20%, światło białe, imersja; G – sylur (przydol), głęb. 1585,2 m, R_o 0,90%, światło UV, imersja; H – sylur (przydol), głęb. 1657,0 m, R_o 0,92%, światło białe, imersja

Organic matter in the older Palaeozoic section

A – Ediacaran, depth 2893.0 m, R_o 1.79%, white light, immersion; B – Lower Cambrian, depth 2396.0 m, R_o 1.72%, white light, immersion; C – Ordovician, depth 2231.0 m, R_o 1.45%, white light, immersion; D – Ordovician, depth 2128.5 m, R_o 1.32%, white light, immersion; E – Silurian (Ludlow), depth 1901.1 m, R_o 1.25%, white light, immersion; F – Silurian (Ludlow), depth 2089.1 m, R_o 1.20%, white light, immersion; G – Silurian (Pridoli), depth 1585.2 m, R_o 0.90%, UV light, immersion; H – Silurian (Pridoli), depth 1657.0 m, R_o 0.92%, white light, immersion

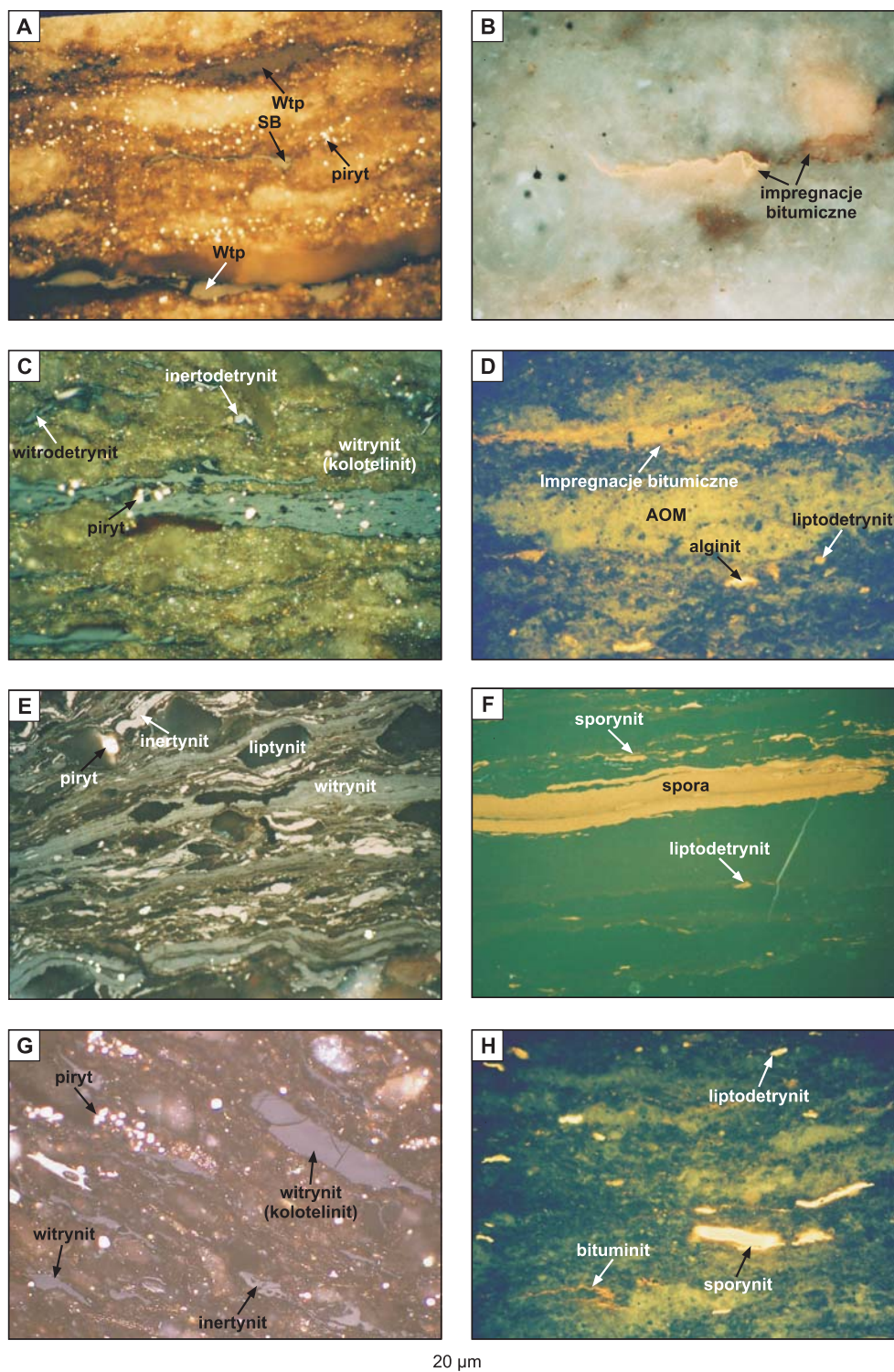
20 μ m

Fig. 31. Materia organiczna w profilu utworów dewonu, karbonu i jury górnej

A – dewon dolny, głęb. 1335,0 m, R_o 1,00%, światło białe, imersja; **B** – dewon dolny, głęb. 1464,2 m, R_o 1,02%, światło UV, imersja; **C** – karbon (wizen), głęb. 1019,2 m, R_o 0,75%, światło białe, imersja; **D** – karbon (wizen), głęb. 1019,2 m, R_o 0,75%, światło UV, imersja; **E** – karbon (namur), głęb. 685,6 m, R_o 0,65%, światło białe, imersja; **F** – karbon (namur), głęb. 685,6 m, R_o 0,65%, światło UV, imersja; **G** – jura górna, głęb. 503,0 m, R_o 0,50%, światło białe, imersja; **H** – jura górna, głęb. 503,0 m, R_o 0,50%, światło UV, imersja; AOM – asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego (tło), Wtp – materiał wityrynitopodobny, SB – stałe bituminy

Organic matter in the Devonian, Carboniferous and Upper Jurassic sections

A – Lower Devonian, depth 1335.0 m, R_o 1.00%, white light, immersion; **B** – Lower Devonian, depth 1464.2 m, R_o 1.02%, UV light, immersion; **C** – Carboniferous, depth 1019.2 m, R_o 0.75%, white light, immersion; **D** – Carboniferous, depth 1019.2 m, R_o 0.75%, UV light, immersion; **E** – Carboniferous, depth 685.6 m, R_o 0.65%, white light, immersion; **F** – Carboniferous, depth 685.6 m, R_o 0.65%, UV light, immersion; **G** – Upper Jurassic, depth 503.0 m, R_o 0.50%, white light, immersion; **H** – Upper Jurassic, depth 503.0 m, R_o 0.50%, UV light, immersion; AOM – organo-mineral association of bituminous type, Wtp – vitrinite-like components, SB – solid bitumens

trowanej powierzchni próbek (namur) oraz 0,9–1,0% (wizen) (tab. 20).

Najliczniej reprezentowanym składnikiem materii organicznej w analizowanym kompleksie karbońskim jest wityrynit, występujący prawie wyłącznie jako kolotelinit. Wityrynit „*in situ*” tworzy zazwyczaj wydłużone soczewki oraz laminy różnej grubości (8–30 μm) i długości (50–300 μm), czasami ma postać gniazdowych skupień w porach skały. Obserwuje się również okruchy wityrynitów o wielkości dochodzącej do 200 μm (wityryt) oraz drobne ziarna (3–10 μm) wityrodetrynitów, pochodzące zazwyczaj z redepozycji. Materiał wityrynitowy stanowi często masę podstawową zawierającą macerały liptynitów ułożone równolegle do warstwowania skały (klaryt) lub liptynitów i inertynitów (trimaceryt) (fig. 31C–E). Sporadycznie występuje telinit o różnym stopniu zachowania budowy komórkowej. Światła komórek wypełnione są najczęściej rezy-nitem lub minerałami ilastymi. Lokalnie, w różnych częściach namuru występuje detrytus wityrynitowy, wykazujący słabe właściwości fluorescencyjne.

Macerały grupy inertynitów reprezentowane są najliczniej przez fuzynit, semifuzynit oraz inertodetrynit, tworzący niewielkie okruchy (do 10–15 μm). Fuzynity występują zarówno jako macerały „*in situ*”, jak i redeponowane. Tworzą zróżnicowanej wielkości okruchy, soczewki i laminy o grubości od kilku do kilkudziesięciu mikrometrów. Najczęściej są to pokruszone i sprasowane komórki roślinne. Semifuzynit ma zazwyczaj formę masywną, rzadko z zachowaną strukturą komórkową.

Macerały liptynitów występują najczęściej jako liptodetrynit, fluoryzujący w kolorach od żółtego do pomarańczowobrunatnego. Tworzy on (lokalnie w masie ilasto-organicznej typu sapropelowego) drobne ziarna, strzępki i soczewki. Obok liptodetrynitów najliczniej reprezentowanymi macerałami liptynitowymi są sporynit i kutynit. Sporynit zbudowany jest z fragmentów oraz dobrze zachowanych mikro- i makrospor. Pokruszone fragmenty spor układają się często w laminy. Ob-

serwuje się również obecność pojedynczych osobników. Barwy fluorescencyjne sporynitów zmieniają się od jasnożółtej po pomarańczowobrunatną (fig. 31F). Kutynit występuje najczęściej w formie falistych lamin i wstążek różnej długości. Charakteryzuje się wyraźnymi barwami fluorescencyjnymi w różnych odmianach koloru żółtego. W utworach wizenu w niewielkiej ilości, występuje również alginit i bituminit.

W badanym kompleksie skał karbońskich obserwuje się dość powszechną obecność asocjacji ilasto-organicznej typu bitumicznego czy sapropelowego. Występuje ona najczęściej w postaci przemazów, lamin, soczewek i gniazdowych wypełnień wolnych przestrzeni w skałach. Matriks sapropelowy fluoryzuje z różną intensywnością w kolorze oliwkowożółtym. Jego podwyższoną koncentrację obserwuje się w mułowcach wizenu.

Jura

Utwory mułowcowe jury górnej przeanalizowano w próbkach z głębokości 503,0 m. Zawierają one dość liczny materiał organiczny (1,60% planimetrowanej powierzchni próbki), którego głównym składnikiem (1,0%) są komponenty humusowe reprezentowane przez macerały grupy wityrynitów (kolotelinit, wityrodetrynit) oraz nieliczny huminit (żelinit). Te mikrokomponenty występują w formie soczewek i lamin o zmiennej grubości od 10 do 30 μm oraz redeponowanych okruchów w różnym stopniu obtoczonych (3–15 μm).

Z wityrynitami współwystępują macerały grupy inertynitów o składzie inertodetrynit, fuzynit oraz semifuzynit. Ich ilość osiąga około 0,4% planimetrowanej powierzchni próbki (tab. 20).

Macerały grupy liptynitów występują w nieco niższej koncentracji (0,2%) i są reprezentowane głównie przez sporynit, kutynit oraz liptodetrynit i nieliczne ciała alginitu fluoryzujące w kolorze żółtym (fig. 31G, H).

DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA MATERII ORGANICZNEJ

Dojrzałość termiczna materii organicznej została określona metodą pomiaru zdolności odbicia światła syngenetycznych składników wityrynitopodobnych w utworach ediakar-sylur oraz dewon, a także macerałów wityrynitów „*in situ*” w osadach młodszych (karbon, jura).

Oznaczona tą metodą średnia wartość współczynnika refleksyjności (% R_o) wzrasta dość regularnie wraz z głębokością pograżenia osadów, od 0,50% na głębokości 503,0 m (jura górna) do 1,79% na głębokości 2893,0 m (ediakar), wskazując na przejście od stadium dojrzałości odpowiadające wczesnej fazie generowania ropy naftowej po główną fazę generowania gazów (tab. 19, 20; fig. 32). Dane te świadczą o wzrastającej maksymalnej paleotemperaturze diagenety osadów w analizowanym profilu od 60 do 190°C (Bostic, 1973; Gaupp, Batten, 1985).

Stopień dojrzałości termicznej utworów ediakaru i kambru z głębokości 2351,1–2893,0 m odpowiada głównej fazie

generowania gazów. Średnia wartość współczynnika refleksyjności syngenetycznego materiału wityrynitopodobnego zmienia się w bardzo niewielkim zakresie 1,70–1,79% R_o . Rozrzut pomierzonych, skrajnych wartości jest znaczny (1,30–2,00% R_o), co związane jest niewątpliwie z anizotropią badanego materiału (fig. 33). Uzyskane dane wskazują na maksymalne paleotemperatury diagenety najstarszych analizowanych utworów rzędu 180–190°C.

Utwory ordowiku z głębokości 2131,5–2231,0 m są słabiej przeobrażone od poprzednio omawianych. Skrajne wartości refleksyjności wynoszą 0,97–1,66% R_o (fig. 34). Średnia wartość współczynnika refleksyjności zmienia się w tak niewielkim interwale głębokości od 1,32 do 1,45% R_o , wskazując na wczesną i główną fazę generowania gazów i maksymalne paleotemperatury diagenety 120–150°C.

Materia organiczna występująca w utworach syluru w interwale głębokości 1592,5–2092,2 m wykazuje wyraźny

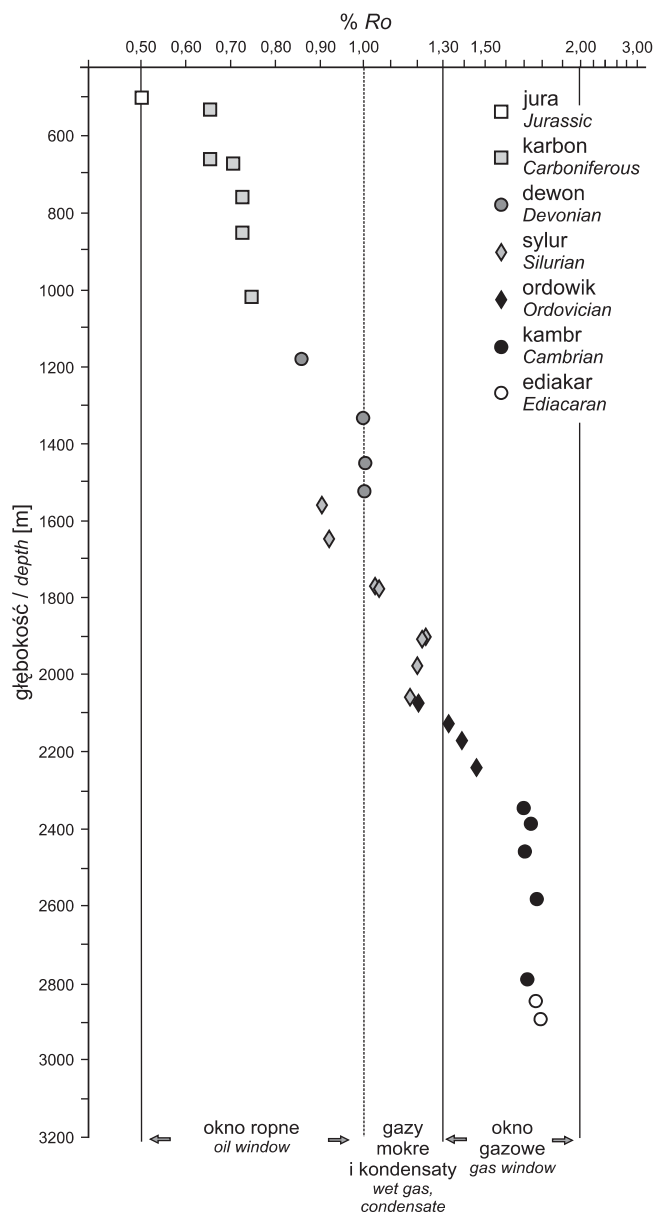


Fig. 32. Zmienność stopnia dojrzałości materii organicznej w profilu utworów jura–ediakar

Values of vitrinite reflectance index versus depth in the Jurassic–Ediacaran section

wzrost dojrzałości wraz z głębokością pograżenia, od 0,90% do 1,23% R_o , przy czym najwyższe wartości współczynnika R_o (1,25–1,26%) zarejestrowano w warstwach osadów na głębokości 1900,3–1901,1 m (tab. 19, fig. 32, 34). Zakres pomiarów zmienia się w dość szerokich granicach 0,81–1,43% R_o , a maksymalne paleotemperatury diagenety osadów sylurskich wynosiły najprawdopodobniej 90–130°C.

Utwory dewonu dolnego z głębokości 1191,1–1520,6 m znajdują się w głównej i późnej fazie generowania ropy naftowej. Materia organiczna w nich rozproszona charakteryzuje się zbliżonym, średnim współczynnikiem refleksyjności

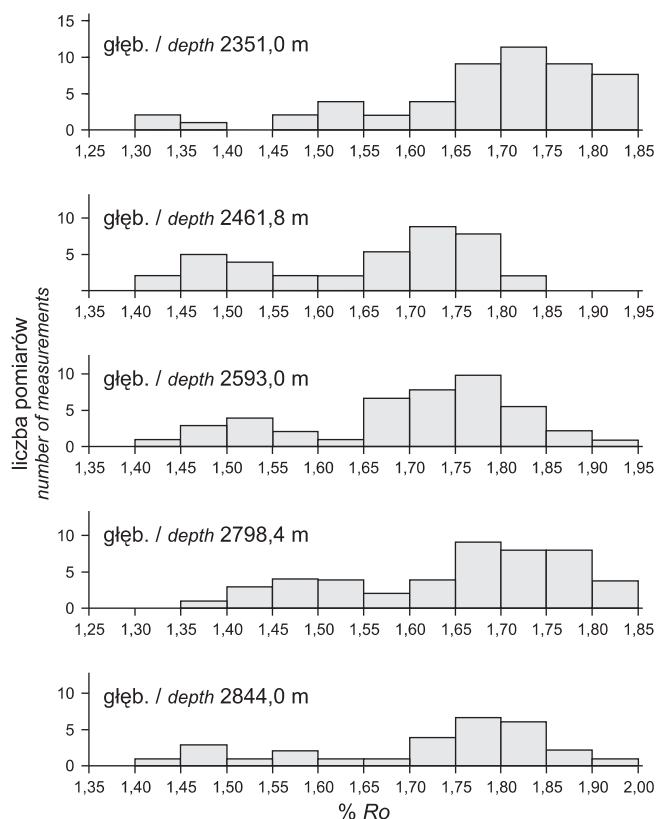


Fig. 33. Refleksogramy materii organicznej z utworów kambr dolny–ediakar

Reflectograms of organic matter from the Lower Cambrian–Ediacaran deposits

0,87–1,02% R_o , podczas gdy zakres pomiarów zmienia się w szerokich granicach 0,69–1,20% R_o (tab. 20, fig. 32, 35). Związane jest to, podobnie jak w utworach starszych, ze zjawiskiem anizotropii. Powyższe dane wskazują na maksymalne paleotemperatury diagenety utworów dolnodewońskich 90–110°C.

Utwory karbonu z interwału głębokości 536,2–1019,2 m zawierają bogaty materiał witynitowy w stadium dojrzałości odpowiadającym głównej fazie generowania ropy naftowej i średnim współczynnikiem refleksyjności wzrastającym wraz z głębokością pograżenia od 0,67 do 0,75% R_o (tab. 20). Pomierzone skrajne wartości współczynnika R_o zmieniają się w granicach 0,47–0,85% w osadach namuru oraz 0,54–0,95% w utworach wizenu (fig. 32, 35), świadcząc o maksymalnych paleotemperaturach diagenety 70–90°C.

Najmłodsze w analizowanym profilu, utwory jury górnej zbadane w jednostkowej próbce z głębokości 503,0 m są słabo dojrzałe, we wczesnej fazie generowania ropy naftowej. Zarejestrowane wartości refleksyjności wynoszą 0,42–0,60% R_o , przy średniej 0,50% R_o , wskazując na maksymalne paleotemperatury diagenety rzędu 60°C (tab. 20, fig. 32).

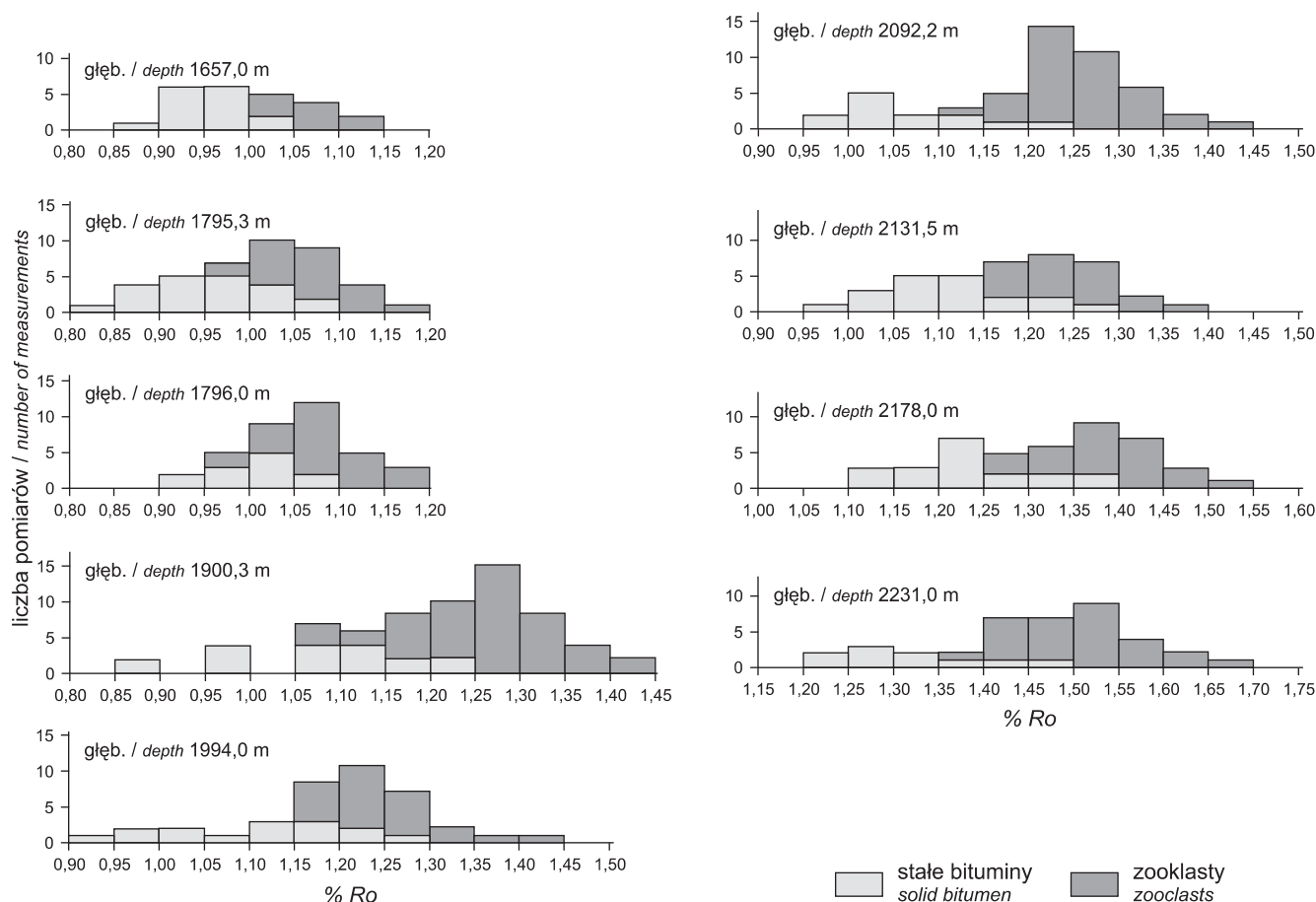


Fig. 34. Refleksogramy materii organicznej z utworów sylur–ordowik

Reflectograms of organic matter from the Silurian–Ordovician deposits

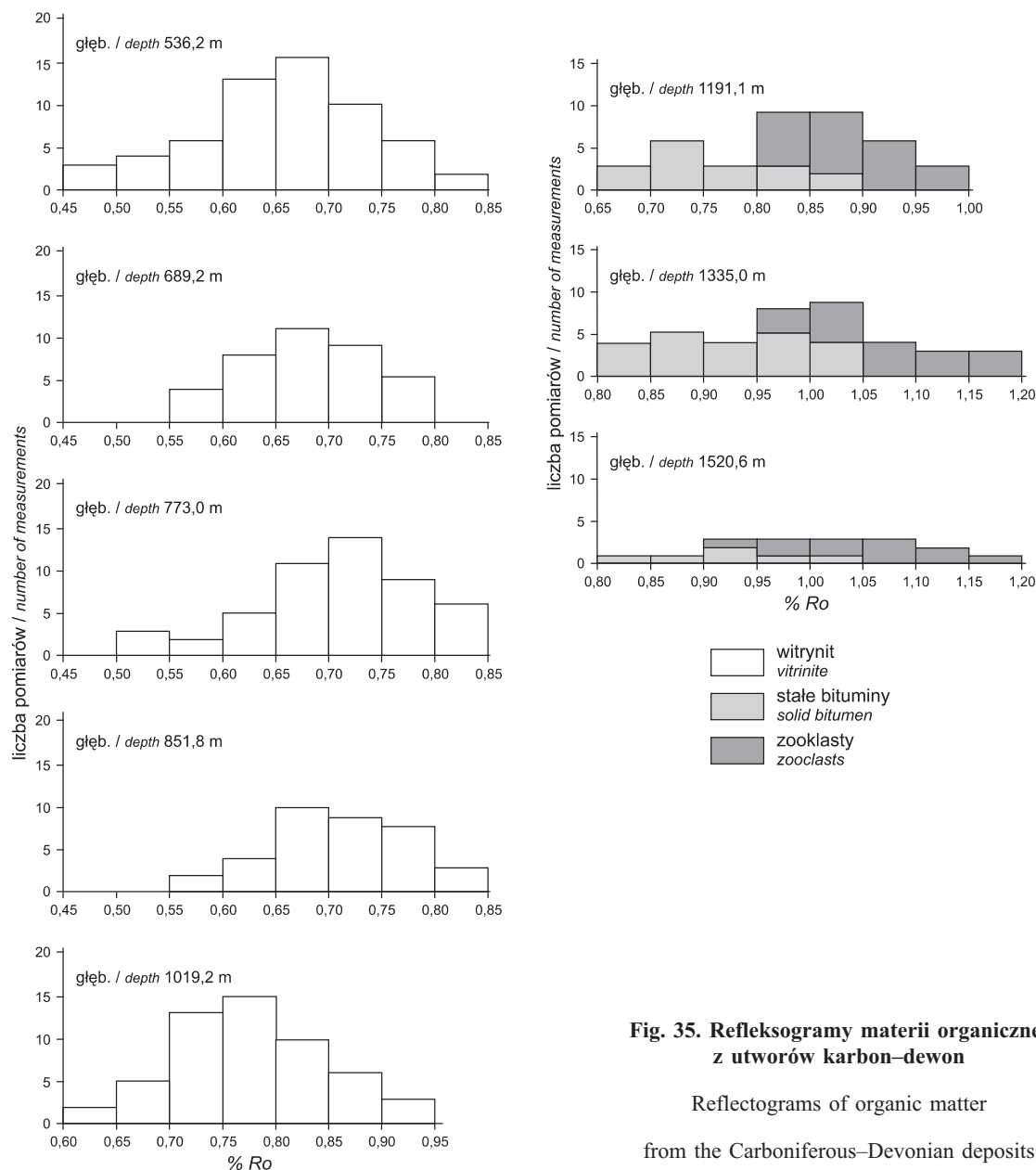
PODSUMOWANIE

Analizowany kompleks utworów wieku jura górna–ediakar zawiera zmienną, najczęściej ubogą ilość materiału organicznego, rzędu 0,1–0,3%. Podwyższone jego koncentracje (0,9–1,7%) obserwuje się w utworach karbonu oraz jury górnej, a także w pojedynczych poziomach utworów ludlowu, wenloku i aszgilu (0,8–0,9%).

Dolnopaleozoiczna oraz dolnodewońska materia organiczna jest bardzo słabo zróżnicowana pod względem typu genetycznego oraz formy występowania. Reprezentowana jest przez materiał wityrynitopodobny (stałe bituminy i zooklasty). Materiał liptynitowy występuje w ilości śladowej, głównie w utworach syluru. Powszechnie obserwuje się dość liczne impregnacje bitumiczne.

W utworach młodszych (karbon–jura) występuje liczny humusowy oraz humusowo-sapropelowy materiał organiczny, którego głównym mikrokomponentem są macerały wityrynit, przy wyraźnym współudziale inertynit i liptynit.

Dojrzałość termiczna materii organicznej, określona na podstawie wielkości współczynnika refleksyjności wityrynit i/lub materiału wityrynitopodobnego, wzrasta dość regularnie w profilu pionowym badanego kompleksu utworów od 0,50% R_o na głębokości 503,0 m (jura górna) do 1,79% R_o na głębokości 2893,0 m (ediakar). Odpowiada to przejściu od stadium dojrzałości wczesnej fazy generowania ciekłych węglowodorów (jura górna), przez główną (namur, wizen 0,65–0,75% R_o) i późną fazę generowania ropy naftowej (dewon dolny 0,87–1,02% R_o oraz przydol 0,9–1,07% R_o), fazę mokrych gazów i kondensatów (sylur – ludlow, wenlok 1,20–1,26% R_o), po główną fazę generowania gazów (ordowik: aszgil–tremadok 1,32–1,45% R_o i kambr dolny, ediakar 1,70–1,79% R_o). Wartości te świadczą o wzrastającej maksymalnej paleotemperaturze diagenetyzacji utworów w analizowanym profilu od 60 do 190°C.



Ewa KLIMUSZKO

CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA BADANYCH UTWORÓW

Podstawowe badania geochemiczne materii organicznej w otworze Białopole IG 1 przeprowadzono dla utworów edia-karu, wczesnego i późnego paleozoiku i jury górnej.

Wykonano oznaczenia zawartości węgla organicznego, ilościowe oznaczenie bituminów, podział bituminów na poszczególne frakcje (węglowodory nasycone, aromatyczne, asfaltyny i żywice), a także oznaczenie potencjału oksydacyjno-redukcyjnego skały Eh (tab. 21, fig. 36, 37). Szczegółowe badania frakcji węglowodórów nasyconych metodą chroma-

tografii gazowej, pozwalające na oznaczenie zawartości poszczególnych n-alkanów i węglowodorów izoprenoidowych, były przeprowadzone dla wytypowanych próbek z badanych utworów (fig. 39, tab. 22).

Badania biomarkerów, określające typ genetyczny, stopień przeobrażenia i środowisko depozycji materii organicznej w rozszerzonym zakresie, były przeprowadzone jedynie dla nielicznych próbek z utworów karbonu (namur) i syluru (ludlow) – tabela 23.

Tabela 21

Dane geochemiczne z materii organicznej
Geochemical data for organic matter

Głębokość [m]	Stratygrafia	Litologia	Bituminy [%]	TOC [%]	Eh [mV]	Węglowodory w bituminach [%]	Węglowodory w skale [%]	Węglowodory nasycone w bituminach [%]	Węglowodory aromatyczne w bituminach [%]	Żywiec i asfalteny w bituminach [%]	Współczynnik migracji
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
503,0	jura górna	MLC+PS	0,005	0,70	615						
515,0		MLC	0,019	0,70	650	34	0,006	28	6	66	0,008
517,1	karbon westfal	MLC	0,024	0,90	623	14	0,003	8	6	86	0,003
521,5		MLC	0,034	0,90	612	29	0,010	15	14	71	0,011
522,5		MLC	0,024	0,80	622	34	0,008	15	19	66	0,010
522,8		MLC	0,008	0,30	620	29	0,002	20	9	71	0,007
527,0		MLC	0,022	0,40	596	9	0,002	8	1	91	0,005
531,0		MLC	0,017	0,30	598	13	0,002	10	3	87	0,007
533,0		MLC	0,009	0,90	608	22	0,001	13	9	78	0,001
539,0		MLC	0,014	0,90	598	35	0,005	22	13	65	0,006
608,0	karbon namur	MLC+PS	0,008	0,70	606	21	0,002	14	7	79	0,003
611,0		MLC	0,003	0,80	604						
687,0		MLC	0,023	1,20	634	14	0,003	8	6	86	0,0025
689,1		MLC	0,238	0,87		28,9	0,069	5,1	23,8	71,1	0,079
691,0		MLC	0,023	0,60	591	9	0,002	6	3	91	0,003
773,0		MLC	0,023	1,20	611	25	0,006	14	11	75	0,050
774,0		WAP	0,012	1,00	569	12	0,001	10	2	88	0,001
842,6		MLC	0,042	1,00	587						
851,4	karbon wizen	MLC	0,039	1,80		17	0,007	47	8	9	0,004
853,6		MLC	0,070	4,00	606	19	0,013	8	11	81	0,003
943,0		WAP	0,052	1,10	607	23	0,012	6	17	77	0,011
946,3		WAP	0,020	0,40	621	22	0,004	6	16	78	0,010
1019,2		MLC	0,017	0,80	629	24	0,003	11	13	76	0,004

Tabela 21 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1025,7	karbon wizen	MLC	0,105	1,40	676						
1028,0		MLC	0,035	0,90	639	5	0,002	3	2	95	0,002
1029,0		MLC	0,013	0,90	630	10	0,001	7	3	90	0,001
1031,7	dewon dolny	MLC	0,027	0,50	625	7	0,002	3	4	93	0,004
1032,3		MLC	0,006	0,50	612						
1033,7		MLC	0,012	0,20	625	18	0,002	14	4	82	0,004
1036,2		MLC	0,027	0,30	626	9	0,003	7	2	91	0,010
1038,2		MLC	0,010	0,60	614	17	0,002	15	2	83	0,003
1094,3		MLC	0,003	0,60	627						
1098,4		MLC	0,003	0,20	594						
1100,0		MLC	0,001	0,20	615						
1101,0		MLC	0,005	0,20	598						
1196,0		MLC	0,013	0,20	657	11	0,001	10	1	89	0,005
1268,6		PSC	0,012	0,10	597	19	0,002	16	3	81	0,020
1270,5		PSC	0,009	0,10	658	9	0,001	9	0,001	91	0,010
1271,8		MLC+PS	0,002	0,20	622						
1275,0		MLC	0,008	0,20	609	10	0,001	10	0,001	90	0,005
1333,9		ILC	0,007	0,40	629	4	0,001	3	1	96	0,0025
1340,5		ILC	0,006	0,40	623	7	0,001	7	0,001	93	0,0025
1401,8		ILC	0,004	0,10	626	24	0,001	19	5	76	0,010
1406,1		ILC	0,004	0,10	626						
1412,7		ILC	0,010	0,20	623	3	0,001	3	0,001	97	0,005
1459,1		ILC	0,010	0,20	620	7	0,001	6	1	93	0,005
1465,7		ILC	0,004	0,20	625						
1516,5		ILC	0,013	0,20	616	7	0,001	2	5	93	0,005
1523,0		ILC	0,022	0,20	622	25	0,006	22	3	75	0,030
1583,1		ILC	0,047	0,20	619	53	0,025	49	4	47	0,125
1589,7		ILC	0,003	0,20	621	54	0,002	49	5	46	0,010

Tabela 21 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1640,0	sylv przydol	ILC	0,034	0,20	631	45	0,015	42	3	55	0,075
1646,6		ILC	0,057	0,20	631	30	0,017	28	2	70	0,085
1652,6		ILC	0,039	0,20	628	42	0,016	38	4	58	0,080
1657,0		MLC	0,051	0,30		53	0,027	36	17	47	0,090
1658,8		ILC	0,072	0,50	624	43	0,031	40	3	57	0,062
1676,0		ILC	0,087	0,60	622	44	0,038	41	3	56	0,063
1725,5		ILC	0,058	0,60	641	52	0,030	48	4	48	0,050
1728,0		ILC		0,70	610						
1732,0		ILC	0,078	0,70	637	50	0,039	46	4	50	0,056
1791,8		ILC	0,046	0,50	620	56	0,026	52	4	44	0,052
1795,3	sylv ludlow	ILC	0,049	0,50	618	50	0,025	48	2	50	0,050
1798,4		ILC	0,055	0,60	611	50	0,028	46	4	50	0,047
1895,9		ILC	0,089	0,60	622	55	0,049	51	4	45	0,082
1902,2		ILC	0,096	0,60	612	60	0,058	56	4	40	0,097
1908,9		ILC	0,113	0,60	609						
1969,5		ILC	0,148	0,60	622	62	0,092	58	6	38	0,153
1989,1		ILC	0,214	0,60	626	61	0,131	56	5	39	0,218
1992,6		ILC	0,180	0,60		71,3	0,092	56	6	38	0,153
1993,0		ILC	0,120	0,60	607	62	0,074	57	5	38	0,123
1994,0		WAP	0,297	0,40		69	0,205	55	14	31	0,512
2033,1	sylv wenlok	ILC	0,094	0,60	588	63	0,059	60	3	37	0,098
2089,3		ILC	0,216	1,05		77,6	0,168	62,2	15,4	22,4	0,160
2090,0		ILC	0,035	0,60	615	54	0,019	50	4	46	0,032
2095,0		ILC	0,138	0,60	601						
2128,3		WAP	0,153	0,68		74,2	0,114	60,2	14	25,8	0,168
2128,5		WAP	0,169	0,60		22	0,037	10	12	78	0,062
2131,0		ILC	0,256	0,20	609	65	0,167	60	5	35	0,835

Tabela 21 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2174,7	ordowik karadok	MLC	0,006	0,60	612	25	0,002	23	2	75	0,003
2178,0		MLC	0,005	0,10		27	0,001	15	12	73	0,010
2180,7		ILC	0,009	0,60	613	25	0,002	23	2	75	0,003
2216,4	ordowik tremadok	PSC	0,009	0,20	580						
2218,6		PSC+ILC	0,288	0,20	525	68	0,196	50	18	32	0,980
2222,7		PSC	0,012	0,60	534	25	0,003	23	2	75	0,005
2224,2		PSC	0,005	0,30	578						
2226,3		ILC+PSC	0,040	0,40	612	53	0,022	48	5	47	0,055
2228,5		ILC	0,051	0,40	596	47	0,024	45	2	53	0,060
2231,0		MLC	0,040	0,20		75	0,030	62	13	25	0,150
2233,4		ILC	0,085	0,50	588	59	0,050	54	5	41	0,100
2239,0		PSC	0,052	0,14		67,4	0,035	52,8	14,6	32,6	0,250
2240,7		PSC	0,045	0,50	606	59	0,027	55	4	41	0,054
2243,5	kambryjśródkowy	PSC	0,015	0,50	598	63	0,009	58	5	37	0,018
2247,0		PSC	0,023	0,50	603	49	0,011	47	2	51	0,022
2250,4		PSC	0,011	0,30	588	38	0,004	32	6	62	0,013
2254,5		PSC	0,007	0,20	624	36	0,003	31	5	64	0,015
2261,2		PSC	0,002	0,20	644						
2262,3		PSC	0,014	0,30	619	40	0,006	37	3	60	0,020
2265,0		PSC	0,020	0,20	588	32	0,006	30	2	68	0,030
2271,5		PSC+ILC	0,018	0,20	609	44	0,008	38	6	56	0,040
2274,9		PSC	0,015	0,30	629	49	0,007	44	5	51	0,023
2280,4		PSC	0,009	0,20	632	24	0,002	19	5	76	0,010
2287,0		PSC	0,003	0,10	644						
2292,9		PSC	0,010	0,10	623						
2296,0		PSC	0,004	0,10	601						
2306,4		PSC	0,020	0,10	590	47	0,009	39	8	53	0,090
2317,6		PSC+ML	0,007	0,10	564						

Tabela 21 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2325,0	kambr środkowy	PSC	0,003	0,10	618						
2333,0		PSC	0,014	0,10	576	54	0,008	50	4	46	0,080
2346,0		PSC	0,001	0,10	590						
2358,0		PSC	0,006	0,10	622	46	0,003	44	2	54	0,030
2365,9	kambr dolny	PSC	0,006	0,10	572	46	0,003	44	2	54	0,030
2377,5		PSC	0,014	0,20	675	50	0,007	46	4	50	0,035
2381,8		PSC+ML	0,003	0,20	597						
2395,1		ILC+PSC	0,011	0,20	590	33	0,004	31	2	67	0,020
2403,2		ILC+PSC	0,004	0,20	579						
2414,5		ILC+PSC	0,010	0,20	559	30	0,003	28	2	70	0,015
2418,8		ILC	0,005	0,20	489	30	0,002	28	2	70	0,010
2423,0		PSC+ML	0,006	0,10	589	30	0,002	28	2	70	0,020
2428,5		ILC+PSC	0,012	0,10	559	30	0,004	28	2	70	0,040
2428,5		ILC+PSC	0,012	0,10	559	30	0,004	28	2	70	0,040
2432,9		ILC+PSC	0,005	0,10	552						
2440,0		ILC	0,005	0,10	604						
2446,0		PSC+ML	0,006	0,20	582	20	0,001	18	2	80	0,005
2448,0		PSC+ML	0,004	0,01		37	0,001	25	10	63	0,100
2452,0		ILC	0,005	0,20	599	20	0,001	18	2	80	0,005
2455,3		ILC+PSC	0,008	0,20	601	20	0,002	18	2	80	0,010
2461,8		ILC+PSC	0,009	0,20	585	24	0,002	22	2	76	0,010
2466,3		ILC+PSC	0,004	0,10	581	24	0,001	22	2	76	0,010
2470,0		ILC+PSC	0,004	0,10	597	29	0,001	28	1	71	0,010
2473,5		MLC	0,004	0,20	591	29	0,001	28	1	71	0,005
2477,3		MLC+PS	0,004	0,20	584	29	0,001	28	1	71	0,005
2480,1		PSC+ILC	0,006	0,20	579	20	0,001	19	1	80	0,005
2481,5		PSC	0,016	0,20	574	20	0,003	19	1	80	0,015
2494,5		ILC+PSC	0,006	0,10	568	20	0,001	19	1	80	0,010

Tabela 21 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2495,2	kambryjski dolny	ILC+PSC	0,003	0,10	611	20	0,001	19	1	80	0,010
2496,0		PSC+ML	0,009	0,10	589	20	0,002	19	1	80	0,020
2499,9		PSC+ILC	0,003	0,10	589						
2508,5		PSC+ILC	0,006	0,10	515	22	0,001	22	0,01	78	0,010
2515,3		PSC+ILC	0,003	0,10	582	22	0,001	22	0,01	78	0,010
2518,8		PSC+ML	0,007	0,20	604	22	0,002	22	0,01	78	0,010
2529,8		PSC+ILC	0,005	0,10	576						
2539,7		PSC	0,006	0,10	621	21	0,001	20	1	79	0,010
2549,7		PSC	0,002	0,10	603	21	0,001	20	1	79	0,010
2554,8		PSC	0,009	0,10	588	21	0,002	20	1	79	0,020
2557,5		PSC+ML	0,006	0,10	591	21	0,001	20	1	79	0,010
2566,7		PSC+ILC	0,005	0,20	612	26	0,001	25	1	74	0,005
2573,6		ILC	0,005	0,20	602	26	0,001	25	1	74	0,005
2581,5		PSC+ILC	0,006	0,20	590	26	0,002	25	1	74	0,010
2587,5		PSC+ILC	0,005	0,20	583	26	0,002	25	1	74	0,010
2593,0		MLC	0,004	0,10		34	0,001	19	15	66	0,010
2594,0		MLC+PS	0,006	0,20	554	26	0,002	25	1	74	0,010
2601,4		PSC	0,006	0,20	566						
2612,5		PSC	0,007	0,10	633	19	0,001	18	1	81	0,010
2626,7		PSC+ILC	0,008	0,20	569	19	0,002	18	1	81	0,010
2634,4		PSC+ILC	0,007	0,20	619	26	0,002	21	5	74	0,010
2638,8		PSC+ILC	0,009	0,20	547	26	0,003	21	5	74	0,015
2760,0	ediacar	ILC	0,003	0,10		41	0,001	16	25	59	0,010
2893,5		PSC	0,004	0,10		45	0,002	22	11	55	0,020

Objaśnienia do tabeli 21 (str. 120)

Litologia: PSC – piaskowiec, MLC – mułowiec, PSC + ML – piaskowiec i mułowiec, MLC+PS – mułowiec i piaskowiec, ILC – iłowiec, WAP – wapień
 Lithology: PSC – sandstone, MLC – mudstone, PSC + ML – sandstone + mudstone, MLC+PS – mudstone and sandstone, ILC – claystone, WAP – limestone

Bituminy – zawartość bituminów wydzielonych z próbki skały podana w % wagowych

Bitumens – content of bitumens witch was produced with rock

TOC – zawartość całkowitego węgla organicznego oznaczonego w próbce skalnej podana w % wagowych

TOC – content of total organic carbon in rock

Eh – potencjał oksydacyjno-redukcyjny skały

Eh – redox potential

Węglowodory w bituminach – udział procentowy węglowodorów w całej masie bituminów wydzielonych z próbki skalnej

Hydrocarbons in bitumens – composition of hydrocarbons in total bitumens extracted with rock

Węglowodory w skale – udział procentowy węglowodorów w przeliczeniu na masę skały wg Gondek (1980)

Hydrocarbons in rock – composition of the hydrocarbons in total analyzed rock in Gondek, 1980

Węglowodory nasycone w bituminach – udział procentowy węglowodorów nasyconych w bituminach wydzielonych z próbki skalnej

Hydrocarbons saturated in bitumens – composition of the hydrocarbons saturated in bitumens

Węglowodory aromatycznych w bituminach – udział procentowy węglowodorów aromatycznych w bituminach wydzielonych z próbki skalnej

Hydrocarbons aromatic in bitumens – composition of the hydrocarbons aromatic in bitumens

Żywice i asfalteny w bituminach – udział procentowy żywicy i asfaltenów w bituminach wydzielonych z próbki skalnej

Resins and asphaltenes in bitumens – composition resins and asphaltenes in bitumens

Współczynnik migracji – stosunek zawartości węglowodorów w skale do zawartości węgla organicznego w badanej skale (Gondek, 1980)

Index of migration – ratio of contents the hydrocarbons and TOC in analyzed rock (Gondek, 1980)

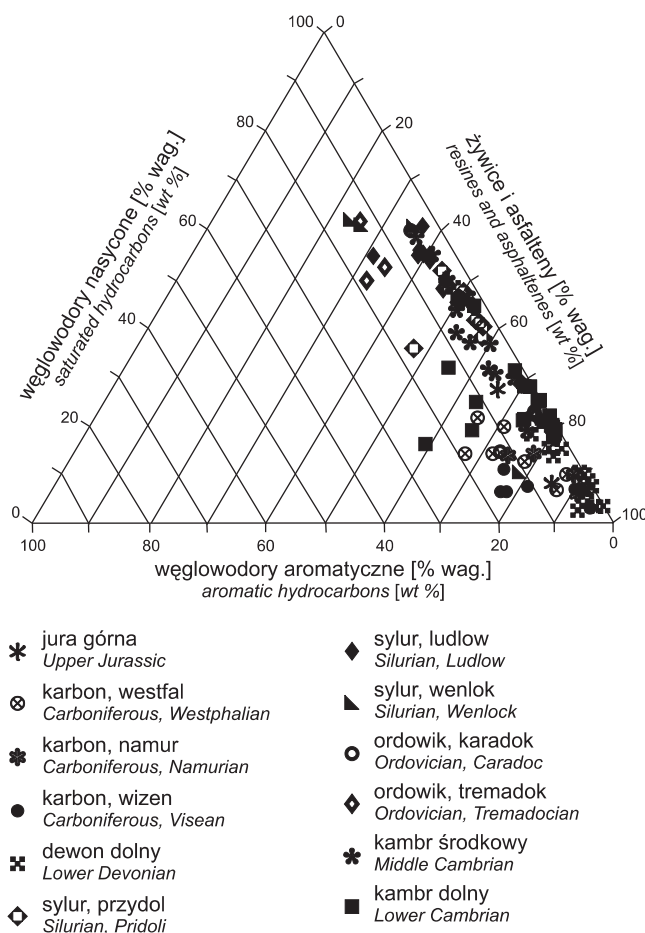


Fig. 36. Diagram trójkątny składu grupowego bituminów z utworów mezozoiku i paleozoiku

Triangular diagram showing proportions of the fractions of saturated hydrocarbons, aromatic hydrocarbons and asphaltenes or resins in the bitumens extracted from the Mesozoic and Paleozoic deposits

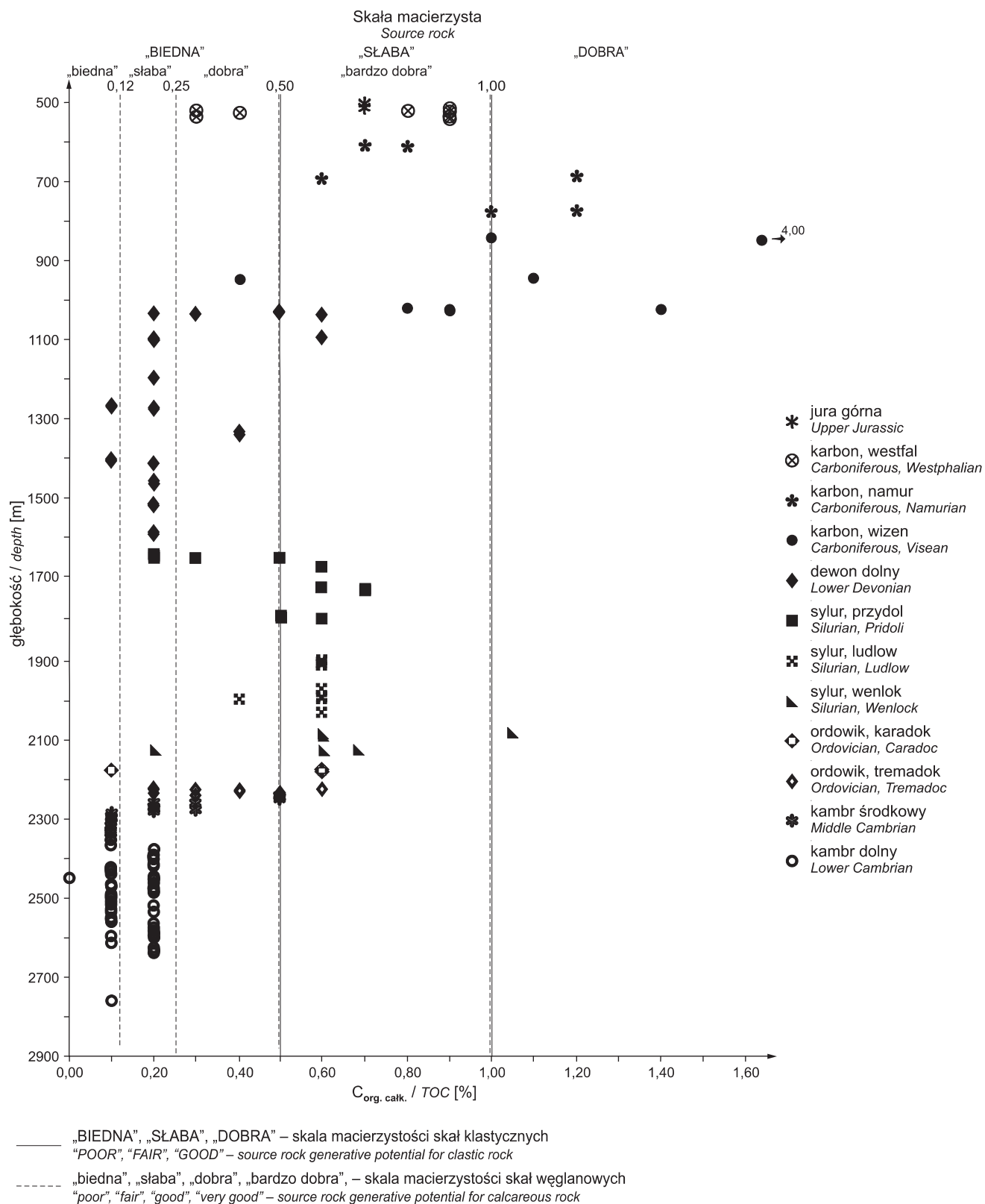


Fig. 37. Zawartość procentowa węgla organicznego w utworach mezozoiku i paleozoiku w zależności od głębokości; ocena macierzystości skał wg Petersa (1986)

TOC content in the Mesozoic and Paleozoic deposits versus depth;
assessment of quality source rocks after Peters (1986)

ILOŚĆ OZNACZONEJ MATERII ORGANICZNEJ

W utworach ediakaru oznaczono bardzo małą ilość węgla organicznego i bituminów (tab. 21). Bituminy wydzielone z tych utworów zawierają niewielką ilość węglowodorów (33%), a większą ilość żywic i asfaltenów.

W utworach kambru dolnego zawartość węgla organicznego, podobnie jak utworach podległych, jest mała 0,1–0,2%, co sugeruje, że są one „biednymi” skałami dla generowania węglowodorów. Bardzo mała jest też w tych utworach zawartość bituminów, w których udział węglowodorów waha się od 19 do 41%. W węglowodorach znacznie przeważa ilość węglowodorów nasyconych nad ilością węglowodorów aromatycznych. Uwzględniając układ danych geochemicznych można przypuszczać, że składniki labilne obecne w tych utworach są pozostałościami po wygenerowaniu węglowodorów i ich migracji. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego określa środowisko sedymentacji jako silnie redukcyjne, jego wartość waha się od 515 do 619 mV (wartość graniczna 670 mV).

W profilu utworów kambru środkowego zawartość węgla organicznego jest niska, ale zróżnicowana, gdyż w spągu utworów węgiel organiczny jest w śladowej ilości, natomiast w stropie jest go nieznacznie więcej. Generalnie należy przyjąć, że utwory kambru środkowego w tym otworze są „biednymi” skałami macierzystymi dla generowania węglowodorów. Zawartość bituminów w tych utworach jest także mała, a udział w nich węglowodorów jest wyższy niż w utworach kambru dolnego. Najwyższa ilość węglowodorów w bituminach występuje w dolnych i górnych częściach utworów, w centralnej części profilu kambru środkowego zawartość węglowodorów jest mniejsza, a zawartość żywic i asfaltenów jest największa. Stosunek węglowodorów nasyconych do aromatycznych jest wysoki na korzyść węglowodorów nasyconych. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego określa środowisko sedymentacji jako silnie redukcyjne, jego wartość waha się od 588 do 644 mV.

W utworach ordowiku dolnego (tremadok) występuje niewielka ilość całkowitego węgla organicznego (0,20–0,60%). Zawartość bituminów w tych utworach jest bardzo zróżnicowana od 0,0095 do 0,288%, a także udział węglowodorów tych bituminach – od 25 do 75%. W składzie węglowodorów ilościowo przeważają węglowodory nasycone nad węglowodorami aromatycznymi. Wartość współczynnika migracji (tzn. stosunek zawartości węglowodorów występujących w skałach do ilości węgla organicznego obecnego w danych skałach wg Gondek, 1980) pozwala przypuszczać, że podwyższona ilość bituminów jest epigenetyczna z osadem.

Utwory wyższych partii ordowiku (karadok) zawierają niewielki procent węgla organicznego (0,10–0,60%), co pozwala określić te utwory jako „biedne” i „słabe” skały dla generowania węglowodorów. Zawartość bituminów w tych utworach jest zróżnicowana, od 0,005 do 0,009%. Udział węglowodorów w małych zawartościach bituminów jest niski, natomiast duża zawartość bituminów zawiera dużą ilość węglowodorów. W składzie węglowodorów, niezależnie od ich ilości w bituminach, węglowodory nasycone przeważają nad węglowodorami aromatycznym. Wartość potencjału oksyda-

cyjno-redukcyjnego określa środowisko sedymentacji osadów ordowiku jako silnie redukcyjne.

W profilu utworów syluru oznaczona ilość węgla wynosi około 0,6% (wenlok, ludlow i dolna część przydolu). W stropie utworów przydolu zawartość węgla organicznego zmniejsza się. Oznaczona zawartość węgla organicznego pozwala stwierdzić, że są to „słabe” skały macierzyste dla generowania węglowodorów, natomiast zawartość węgla organicznego oznaczona w górnej części utworów przydolu kwalifikuje je jako „biedne” skały macierzyste dla tworzenia się węglowodorów. Zawartość składników labilnych występujących w utworach syluru jest zróżnicowana, waha się od 0,003 do 0,297%. Generalnie w tych utworach występuje duża ilość bituminów. Udział węglowodorów w bituminach jest duży (42–69%). W składzie węglowodorów związki nasycone przeważają znacznie nad związkami aromatycznymi. Wartość współczynnika migracji pozwala przypuszczać, że wysoka ilość bituminów jest epigenetyczna z osadem. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego określa środowisko sedymentacji osadów syluru jako silnie redukcyjne.

W utworach dewonu dolnego średnia zawartość całkowitego węgla organicznego jest niska (0,10–0,60%). Mułowce te można określić jako „biedne” skały macierzyste dla generowania węglowodorów. Mała jest też ilość bituminów występujących w tych utworach. W składzie bituminów zawartość węglowodorów jest bardzo mała, od 3 do 24%, natomiast bardzo duży jest udział żywic i asfaltenów. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego określa środowisko sedymentacji osadów dewonu dolnego jako redukcyjne.

Utwory karbonu dolnego (wizen) zawierają od 0,40% (wapienie) do 4,00% węgla organicznego, co pozwala określić je jako „dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodorów. Ilość bituminów wydzielonych z tych utworów jest zróżnicowana, waha się od 0,013 do 0,105%, a udział węglowodorów w tych bituminach jest niewielki. Wysoki w nich jest udział żywic i asfaltenów. Węglowodory nasycone dominują ilościowo nad węglowodorami aromatycznymi. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego dla tych skał pozwala sądzić, że osadzały się one w środowisku redukcyjnym.

Utwory namuru zawierają mniejszą ilość węgla organicznego niż utwory wizeny. Maksymalna zawartość węgla występuje w dolnych częściach utworów namuru (1,20%). Ilość bituminów wydzielonych z tych utworów jest niska (0,003–0,034%). Udział węglowodorów w bituminach jest zróżnicowany, ale generalnie niewielki (9–34%), wysoki jest udział żywic i asfaltenów. Węglowodory nasycone procentowo przeważają nad węglowodorami aromatycznymi. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego dla tych skał pozwala sądzić, że osadzały się one w środowisku silnie redukcyjnym.

W utworach jury górnej zawartość węgla organicznego jest niska. Oznaczona ilość węgla organicznego w tych utworach określa te osady jako „słabe” skały macierzyste dla generowania węglowodorów. Ilość bituminów wydzielonych z tych skał jest mała. Wartość współczynnika migracji pozwala

sądzić, że składniki labilne w tych utworach są syngenetyczne. Udział węglowodorów w bituminach jest niewielki (34%), a wysoki jest udział żywic i asfaltenów. W składzie węglowodorów przeważa ilość węglowodorów nasyconych nad wę-

lowodorami aromatycznymi. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego dla tych skał pozwala sądzić, że osadzały się w środowisku redukcyjnym.

ŚRODOWISKO DEPOZYCJI MATERII ORGANICZNEJ, JEJ TYP GENETYCZNY I STOPIEŃ DOJRZAŁOŚCI

Dystrybucję n-alkanów wydzielonych z materii organicznej występującej w badanych utworach przedstawiono na [figurze 38](#). Wskaźniki geochemiczne odwzorowujące stopień przeobrażenia materii organicznej zawiera [tabela 22](#).

Analiza n-alkanów wydzielonych z utworów ediakaru wykazała, że w materii organicznej w dużej ilości występują n-alkany: C_{21} , C_{20} i C_{19} , ale również obecny jest w znacznej ilości n-alkan C_{25} , który w przypadku utworów dolnego paleozoiku jest wynikiem przetworzenia szczątków organizmów o innym składzie niż lipidy. W materii organicznej z utworów ediakaru nie oznaczono węglowodorów izoprenoidowych. Stopień przeobrażenia badanej materii organicznej pozwala określić wskaźnik CPI wyliczony z dystrybucji n-alkanów. Wartość wskaźników CPI_{Tot} , CPI_{17-23} i CPI_{25-31} wskazuje na zróżnicowany stopień przeobrażenia tej materii. Wartość wskaźnika CPI_{Tot} jest zbliżona do jedności, co sugeruje, że materia ta jest przeobrażona.

Krzywa dystrybucji n-alkanów wydzielonych z materii organicznej ze spągu utworów kambru dolnego ma przebieg bardzo zbliżony do krzywej otrzymanej z materii organicznej z utworów ediakaru. W materii organicznej z utworów kambru dolnego oznaczono jedynie śladową ilość węglowodorów izoprenoidowych, co uniemożliwia ocenę środowiska sedymentacji osadów.

Wartość wskaźników CPI_{Tot} , CPI_{17-23} i CPI_{25-31} wskazuje, że materia organiczna jest przeobrażona. Wartość CPI_{Tot} zbliżona jest do jedności, pozostałe wskaźniki przedstawiają bardzo różniące się wartości.

Krzywa dystrybucji n-alkanów z materii organicznej z górnej części utworów kambru dolnego ma bardzo regularny przebieg. Maksimum zawartości osiąga n-alkan C_{23} , jednocześnie duża jest zawartość n-alkanów, mających od 19 do 24 węgli w łańcuchu. Materia organiczna występująca w tych utworach pochodzi z rozpadu alg i sinic. Stosunek ilości węglowodorów izoprenoidowych pristanu do fitanu określa środowisko sedymentacji jako utleniające (Didyk i in., 1978).

Źródło znacznej ilości pristanu w materii organicznej może pochodzić z rozkładu zooplanktonu, jak również może być związane z obecnością w osadzie tokoferoli, związków organicznych syntetyzowanych przez rośliny (Prahla i in., 1980). Możliwość pochodzenia pristanu z różnych źródeł utrudnia interpretację warunków osadzania się pierwotnej materii organicznej. Wartość wskaźników CPI_{Tot} , CPI_{17-23} i CPI_{25-31} wskazuje, że materia organiczna w tych utworach jest przeobrażona.

Analiza n-alkanów wydzielonych z utworów kambru środkowego wykazała głównie udział związków o krótkich łańcuchach węglowych, z maksymalną zawartością n-alkanu C_{17} . Obecność tych związków charakteryzuje materię organiczną jako genetyczny typ sapropelowy. Stosunek ilości wę-

lowodorów izoprenoidowych pristanu do fitanu, który w utworach na głębokości 2239,5 m wynosi $Pr/Ph = 2,03$, określa środowisko sedymentacji jako utleniające. Badana materia jest w znacznym stopniu przeobrażona, o czym świadczą wartości wskaźników CPI_{Tot} , CPI_{17-23} i CPI_{25-31} . Wartość tych wskaźników zbliżona jest do jedności. Według Moldowna i in. (1985) wartość współczynnika CPI zbliżona do jedności świadczy o wysokim stopniu przeobrażenia macierzystej materii organicznej.

Dystrybucja n-alkanów występujących w materii organicznej z utworów ordowiku ma zbliżony obraz do krzywej przedstawionej z utworów kambru środkowego. Rozmieszczenie n-alkanów w pionowym profilu utworów ordowiku jest regularne, obserwuje się, że w największej ilości występują związki o krótkich łańcuchach węglowych, mające 17, 18, i 19 węgli w łańcuchu. Związki te są charakterystyczne dla materii organicznej typu sapropelowego dobrze dojrzałej. Pozostałe n-alkany w tej materii organicznej występują w niewielkiej ilości.

Stosunek ilości węglowodorów izoprenoidowych pristanu do fitanu określa środowisko sedymentacji jako utleniające. Wartość wskaźników CPI_{Tot} , CPI_{17-23} i CPI_{25-31} wskazuje, że materia organiczna jest przeobrażona. Wartość CPI_{Tot} waha się od 0,98 w spągu utworów, co sugeruje udział związków o parzystej liczbie węgli w cząsteczce pochodzących z rozpadu sinic i bakterii (Maliński, Witkowski, 1988), do 1,01 w wyższych częściach profilu. Można więc uznać, że wartość tego wskaźnika jest zbliżona do jedności, podobne wartości przedstawiają pozostałe wskaźniki, co określa wysoki stopień dojrzałości tej materii.

Materia organiczna w utworach syluru wykazuje cechy materii typu sapropelowego. W skład n-alkanów wchodzi głównie związki o krótkich łańcuchach węglowych, a maksymalną zawartość osiąga związek n- C_{17} . Częsteczki o długich łańcuchach węglowych, zawierające więcej niż 25 węgli w łańcuchu, występują w ilości śladowej. Mała zawartość n-alkanów w całej masie materii organicznej została stwierdzona w przydolu na głębokości 1795,3 i 1657,0 m, co pozwala przypuszczać, że w materii tej zachodziło zjawisko biodegradacji. Stosunek ilości węglowodorów izoprenoidowych pristanu i fitanu (Pr/Ph) sugeruje, że środowisko sedymentacji było utleniające. Wartość wskaźników CPI_{Tot} , CPI_{17-23} i CPI_{25-31} w badanej materii organicznej wskazuje, że jest ona przeobrażona. Większe od jedności wartości wskaźników CPI zostały wyliczone jedynie dla materii organicznej z utworów przydolu z głębokości 1657,0 m, na co może mieć wpływ zjawisko biodegradacji, jakie przypuszczalnie zachodziło w tej materii.

Dystrybucja biomarkerów z grupy steraanów w wytypowanych próbkach z profilu utworów syluru ([tab. 23](#)) wykazuje,

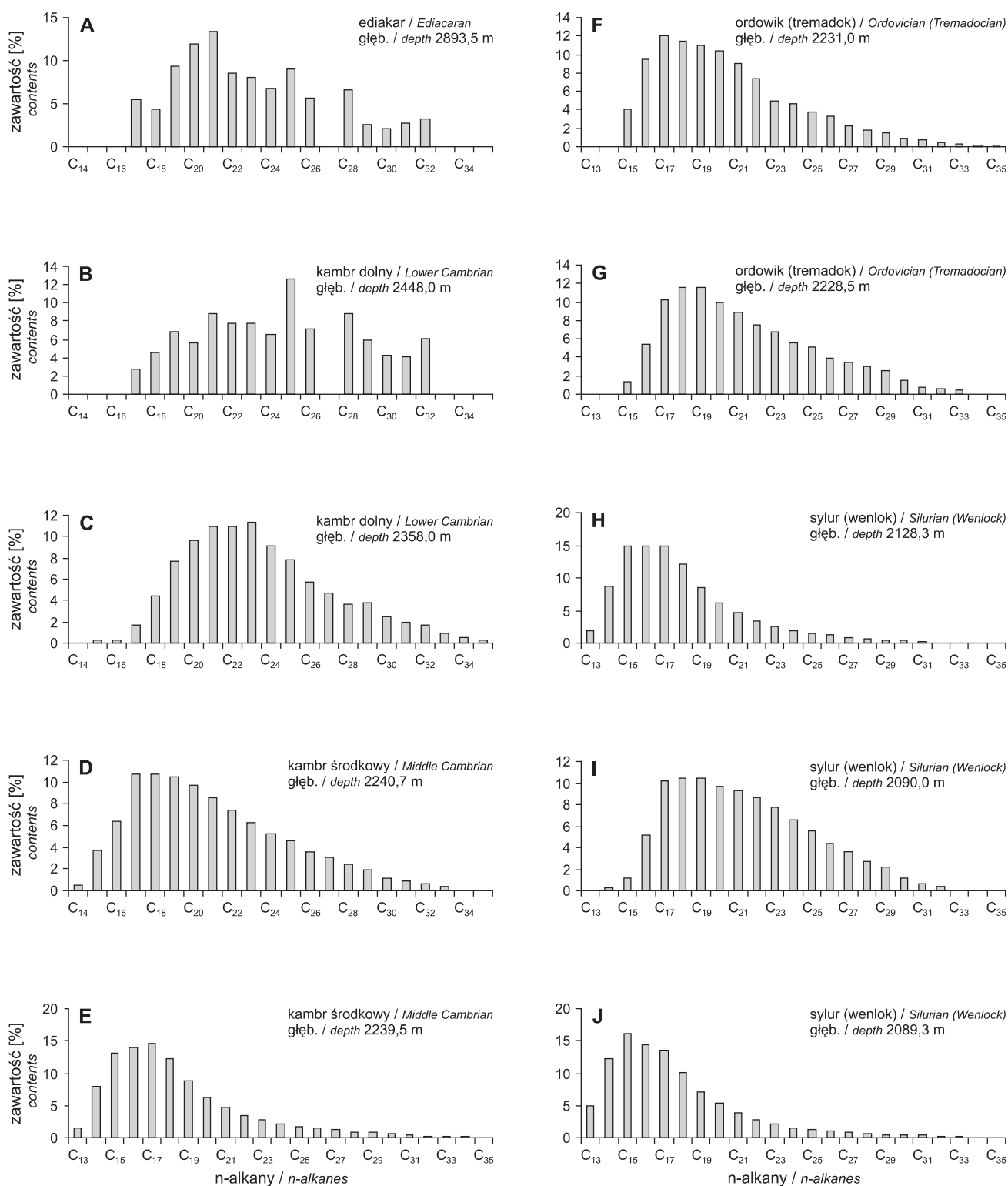
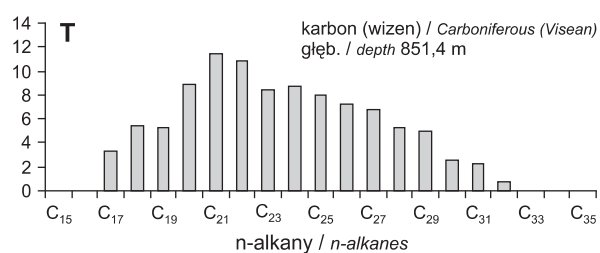
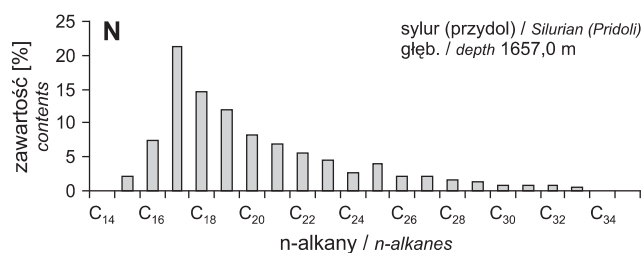
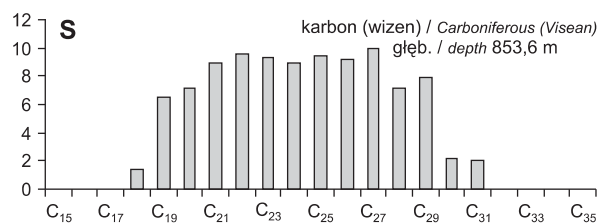
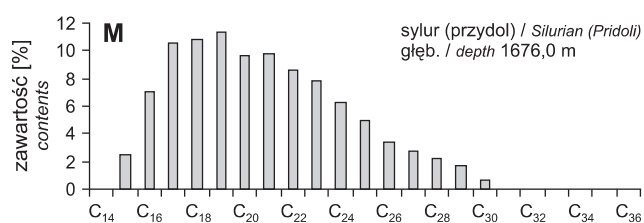
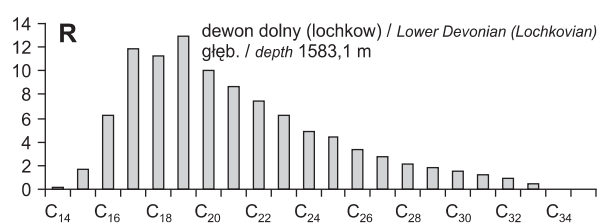
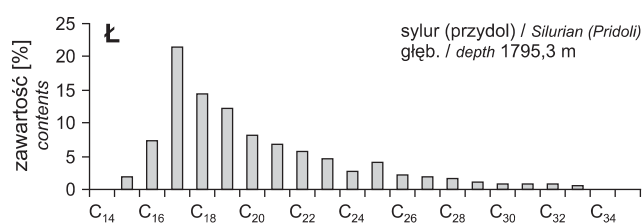
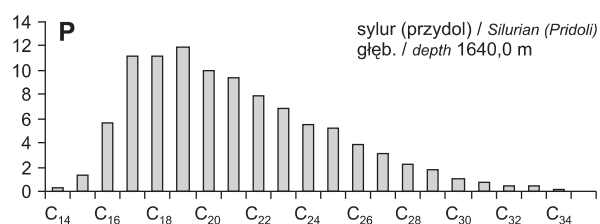
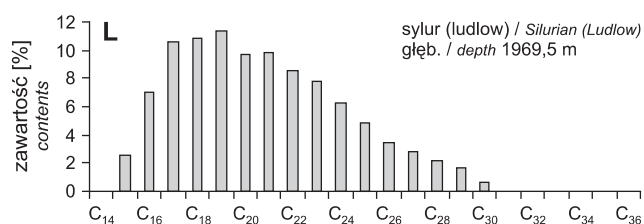
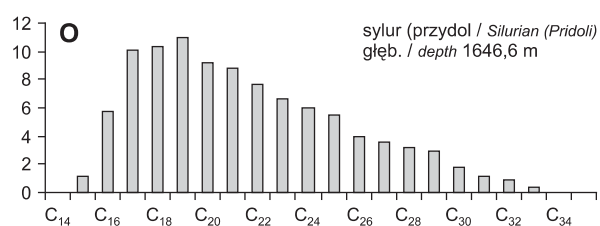
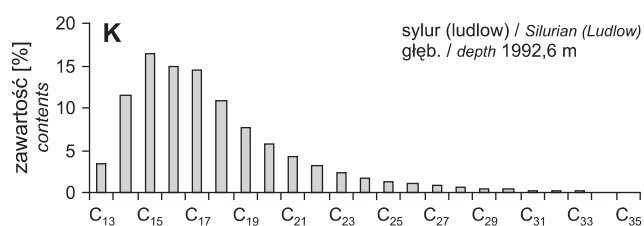


Fig. 38. Dystrybucja n-alkanów

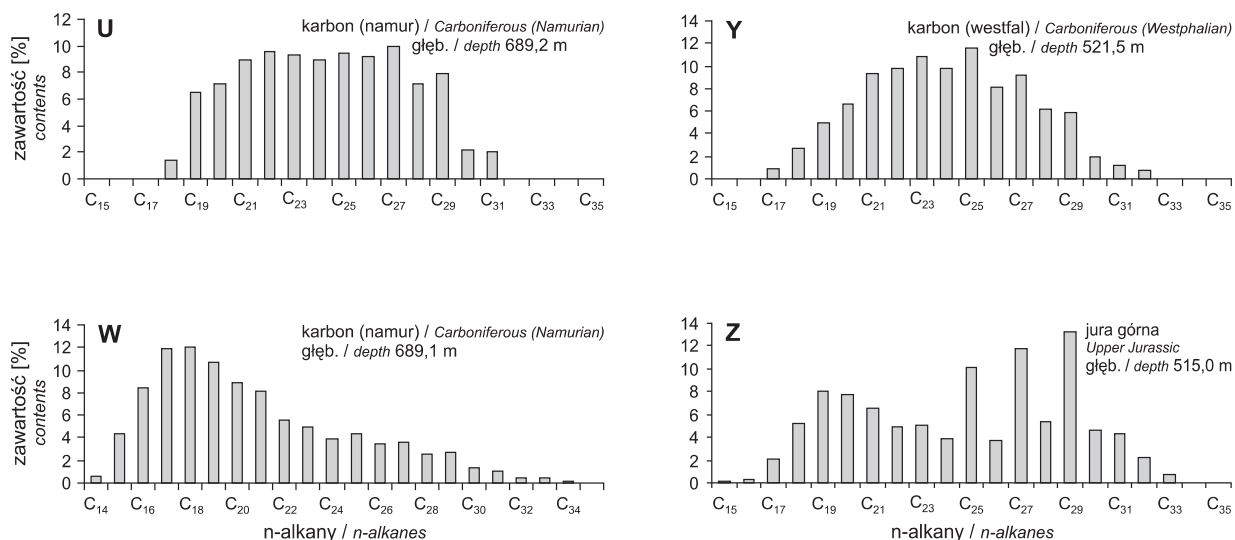
Distribution of n-alkanes



w badanych utworach

in the study deposits

Fig. 38 cd.



że wśród oznaczonych związków najobficiej występuje C_{27} (cholestan), czyli że wyjściowa materia organiczna była pochodzenia morskiego. Stwierdzono także obecność w mniejszej ilości steranów C_{28} (ergostan) i C_{29} (stigmastan) (Peters, Moldowan, 1993). Zaznacza się duży udział diasteranów w stosunku do steranów regularnych, co pozwala sądzić, że materia organiczna jest znacznie przeobrażona, a diageniza zachodziła w środowisku skał ilastych (Mello i in., 1988). W grupie triterpanów stwierdza się niewielką przewagę związków trycyklicznych nad związkami pentacyklicznymi. Uwzględniając fakt, że związki pentacykliczne są związkami charakterystycznymi dla materii, w której materiałem wyjściowym były bakterie i algi, organizmy, które tworzyły materię organiczną w utworach syluru, można sądzić, że przewaga ilościowa związków trycyklicznych nad pentacyklicznymi jest wynikiem przeobrażenia badanej materii organicznej. Wartość wskaźnika $Ts/(Ts+Tm)$ jest dość wysoka, co sugeruje niewysoki stopień przeobrażenia materii organicznej. Jest to sprzeczne z innymi wskaźnikami dojrzałości biomarkerów (Klimuszko, 2002). Należy przypuszczać, że na wartość wskaźnika $Ts/(Ts+Tm)$ miały wpływ warunki analityczne. Przedstawiane w literaturze przypadki potwierdzają, że możliwe są zniekształcenia danych w wyniku nakładania się związków w trakcie analizy chromatograficznej (Rullkötter, Wendisch, 1982). Brak obecności moretanu w tych utworach świadczy o przeobrażeniu materii organicznej (Seifert, Moldowan, 1980).

Analiza n-alkanów z utworów karbonu dolnego (wizen) pozwala stwierdzić, że współwystępują tu związki pochodzące z rozkładu alg i sinic, a także z rozpadu roślin wyższych. Krzywa dystrybucji wykazuje podobną zawartość związków o krótkich i długich łańcuchach węglowych, posiadających od 19 do 27 węgli w cząsteczce. Wartość wskaźników CPI jest odbiciem zawartości n-alkanów w tej materii, w niższych częściach profilu większy udział mają związki nieparzystowęglowe, w wyższych częściach przeważają związki parzystowęglowe.

Ogólnie można stwierdzić, że materia organiczna w utworach wizeny nie jest dobrze przeobrażona.

W utworach namuru stwierdzono zróżnicowanie w składzie materii organicznej. W utworach na głębokości 689,2 m i stropie utworów w badanej materii przeważa typ humusowy. W spagu maksymalną ilość osiąga n-alkan C_{27} , charakteryzujący słabo przeobrażony humus, natomiast w stropie utworów (głęb. 521,5 m) w maksymalnej ilości występuje związek mający 25 węgli w łańcuchu, reprezentujący dobrze przeobrażoną materię humusową. W utworach położonych nieznacznie wyżej spagowej części utworów w materii organicznej występują związki mające 17 i 19 węgli w cząsteczce, a także osiągający maksymalną zawartość związek C_{18} . Można więc stwierdzić, że w tej warstwie utworów namuru występuje głównie materia typu sapropelowego. Stopień przeobrażenia materii organicznej w tych utworach jest także zróżnicowany. Materia organiczna zawierająca duży udział humusu jest słabo przeobrażona, natomiast materia organiczna zawierająca głównie materię typu sapropelowego jest dobrze przeobrażona.

Analiza biomarkerów z grupy terpanów w materii organicznej pochodzącej z utworów namuru wykazała, że istnieje w jej składzie wyraźna przewaga terpanów pentacyklicznych nad trycyklicznymi. Zawartość związku $C_{24}TET$ jest niewielka, chociaż zauważalna na tle braku związków trycyklicznych. Wartość stosunku związków $Ts/(Ts+Tm)$ – 0,83 wskazuje na znaczną przewagę związku trisnorhopanu-II (Ts) nad związkiem trisnorhopanem (Tm), co sugeruje, że materia organiczna jest przeobrażona. W badanych utworach stwierdzono przewagę hopanu $C_{30}H$ nad norhopanem $C_{29}H$, co wskazuje, że osady powstawały w facji skał klastycznych. W grupie związków pentacyklicznych stwierdzono znaczną ilość moretanu, świadczącą o słabej dojrzałości materii organicznej. Uwzględniając pozostałe dane otrzymane z analizy n-alkanów i terpanów można przypuszczać, że w utworach tych współwystępują dwie generacje węglowodorów.

Tabela 22

Wskaźniki geochemiczne dla bituminów z badanych utworów

Geochemical data for bitumens

Stratygrafia	Głębokość pobrania próbki [m]	Pr/Ph	CPI _{Tot}	CPI ₁₇₋₂₃	CPI ₂₅₋₃₁	n-C max.
Ediakar	2893,5	b.d.	1,01	1,18	0,59	C ₂₁
Kambr dolny	2448,0	b.d.	1,02	1,17	0,70	C ₂₅
	2358,0	1,67	1,04	1,00	1,11	C ₂₃ , C ₂₂
Kambr środkowy	2239,0	2,03	1,02	1,02	1,03	C ₁₇ , C ₁₆ , C ₁₅
Ordowik, tremadok	2231,0	n. oz.	0,98	0,98	1,00	C ₁₇ , C ₁₈
	2228,5	1,25	1,01	0,99	1,05	C ₁₈ , C ₁₉
Ordowik, aszgil	2128,3	2,16	1,01	1,00	0,99	C ₁₇ , C ₁₅ , C ₁₆
Sylur, wenlok	2090,0	2,04	1,01	1,00	1,07	C ₁₈ , C ₁₉
	2089,3	2,22	1,02	1,03	0,96	C ₁₅ , C ₁₇ , C ₁₆
Sylur, ludlow	1992,6	2,38	1,02	1,02	1,00	C ₁₅ , C ₁₆
	1969,5	2,00	1,03	1,02	1,09	C ₁₇
Sylur, przydol	1795,3	2,00	1,07	1,07	1,09	C ₁₇ , C ₁₈
	1676,0	2,17	1,05	1,04	1,10	C ₁₉ , C ₁₈ , C ₁₇
	1657,0	1,43	1,14	1,13	1,21	C ₁₇
	1646,6	2,08	1,04	1,03	1,09	C ₁₉ , C ₁₈
	1640,0	2,00	1,06	1,04	1,11	C ₁₉ , C ₁₈ , C ₁₇
Dewon dolny	1583,1	2,04	1,07	1,07	1,07	C ₁₉ , C ₁₈ , C ₁₇
Karbon, wizen	853,6	b.d.	1,10	1,03	1,20	C ₂₁ , C ₂₃
	851,4	b.d.	0,97	0,88	1,12	C ₂₁ , C ₂₂
Karbon, namur	689,2	b.d.	1,16	1,11	1,27	C ₂₇ , C ₂₂
	521,5	b.d.	1,17	1,05	1,32	C ₂₅ , C ₂₃
Jura górna	515,0	b.d.	1,64	1,02	2,37	C ₂₉ , C ₂₇

Pr/Ph – stosunek pristanu (Pr) do fitanu (Ph)
pristane (Pr) and phytane (Ph) ratio

CPI_{Tot} – wartość współczynnika CPI (Carbon Preference Index) dla n-alkanów zawierających od 17 do 31 węgli (Kotarba i in., 1994)
the value of CPI (Carbon Preference Index) coefficient for the n-alkanes C₁₇–C₃₁ (after Kotarba et al., 1994)

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

CPI₁₇₋₂₃ – wartość współczynnika CPI wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 17 do 23 węgli (Kotarba i in., 1994)
the value of CPI coefficient for the n-alkanes C₁₇–C₂₃ (after Kotarba et al., 1994)

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

CPI₂₅₋₃₁ – wartość współczynnika CPI wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 25 do 31 węgli (Kotarba i in., 1994)
the value of CPI coefficient for the n-alkanes C₂₅–C₃₁ (after Kotarba et al., 1994)

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

n-C max. – n-alkan z maksymalną zawartością węgla
n-alkane of maximum carbon contents

b.d. – brak danych
no data

Tabela 23

Biomarkery grupy triterpanów (m/z 191) oraz steranów (m/z 217) z materii organicznej w utworach karbonu i syluru

Biomarkers of the triterpanes group (m/z 191) and steranes (m/z 217) from organic matter in the Carboniferous and Silurian deposits

Stratygrafia	Głębokość [m]	$T_s / (T_s + T_m)$	$T / (T + P)$	$C_{30}H / (C_{30}H + C_{29}H)$	$C_{30}M / (C_{30}H + C_{30}M)$	$C_{31}H_{22}S / (22S + 22R)$	$C_{24}TET / C_{23}T$	$C_{31}H / (C_{31}H + C_{35}H)$	Hopany / sterany	Disterany / sterany reg.	$C_{27}S / C_{28}S / C_{29}S$ [%]
Karbon, namur	689,1	0,83	0,05	0,53	0,36	0,55	9,86	0,03	17,3	0,42	16,0/17,2/66,8
Sylur, wenlok, ludlow	2089,3	0,58	0,63	0,43	–	–	–	–	0,40	0,47	51,8/23,6/24,6
	1992,6	0,57	0,66	0,52	–	–	0,24	–	0,45	0,42	41,6/28,2/30,2

$T_s / (T_s + T_m)$	– stosunek zawartości 22,29,30-trisnorhopanu-II (T_s) do sumy zawartości 22,29,30-trisnorhopanu-II (T_s) i 22,29,30-trisnorhopanu (T_m) <i>the ratio of the abundance 22,29,30-Trisnorhopane-II (T_s) to sum the abundances 22,29,30-Trisnorhopane-II (T_s) and 22,29,30-Trisnorhopane (T_m)</i>
$T / (T + P)$	– stosunek zawartości związków tricyklicznych do sumy zawartości związków tricyklicznych i związków pentacyklicznych <i>the ratio of the abundance Tricyclic terpanes to sum of the abundances Tricyclic terpanes and Pentacyclic terpanes</i>
$C_{30}H / (C_{30}H + C_{29}H)$	– stosunek zawartości 17 α 21 β (H) hopanu do sumy zawartości hopanu i zawartości 17 α 21 β (H)30 norhopanu <i>the ratio of the abundance 17α21β(H) hopane to sum of the abundances 17α21β(H) hopane and 17α21β(H)30 norhopane</i>
$C_{30}M / (C_{30}H + C_{30}M)$	– stosunek zawartości 17 β 21 α (H) moretanu do sumy zawartości 17 α 21 β (H) hopanu i zawartości 17 β 21 α (H) moretanu <i>the ratio of the abundance 17β21α(H) moretane to sum of the abundances 17α21β(H) hopane and 17β21α(H) moretane</i>
$C_{31}H_{22}S / (22S + 22R)$	– stosunek zawartości 17 α 21 β (H) homohopanu (epimer 22S) do sumy zawartości 17 α 21 β (H) homohopanu (epimery 22S i 22R) <i>the ratio of the abundance 17α21β(H) homohopane (epimer 22S) to sum the abundances 17α21β(H) homohopane (epimer 22S + 22R)</i>
$C_{24}TET / C_{23}T$	– stosunek zawartości C_{24} tetracyklicznego do zawartości C_{23} tricyklicznego <i>the ratio of the abundances Tetracyclic (C_{24}) and Tricyclic (C_{23})</i>
$C_{31} / (C_{31} + C_{35})$	– stosunek zawartości 17 α 21 β (H) homohopanu (epimer 22S + 22R) do sumy zawartości homohopanów C_{31} i C_{35} <i>the ratio of the abundance of 17α21β(H) homohopane (epimer 22S + 22R) to sum of the abundances of homohopanes C_{31} and C_{35}</i>
Hopany/sterany	– stosunek zawartości związków z grupy hopanów do zawartości związków z grupy steranów regularnych <i>the hopanes / regular steranes ratio</i>
Disterany/sterany reg.	– stosunek zawartości disteranów do zawartości steranów regularnych <i>the disteranes / regular steranes ratio</i>
$C_{27} / C_{28} / C_{29} S$	– zawartość związków z grupy steranów <i>the abundances of regular steranes</i>

Objaśnienia do tabeli 24

TOC	– zawartość całkowitego węgla organicznego <i>total organic carbon content</i>	S_3	– zawartość CO_2 <i>CO_2 content</i>
T_{max}	– temperatura maksymalnego krakingu związków węgla <i>temperature of maximum cracking of carbon compounds</i>	PI	– wskaźnik generowania = $S_1 / (S_1 + S_2)$ <i>Production Index</i>
S_1	– zawartość wolnych węglowodorów <i>content of free hydrocarbons</i>	HI	– wskaźnik wodorowy <i>Hydrogen Index</i>
S_2	– szczytkowy potencjał genetyczny <i>residual generative potential</i>	OI	– wskaźnik tlenowy <i>Oxygen Index</i>

Tabela 24

Wyniki analizy materii organicznej metodą pirolityczną Rock-Eval

Results of Rock-Eval pyrolysis of organic matter

Stratygrafia	Głębokość [m]	TOC [%]	$T_{\max}$ [°C]	S ₁ [mgHC/g skały]	S ₂ [mg HC/g skały]	S ₃ [mg CO ₂ /g skały]	PI	S ₂ /S ₃	HI [mg CH/g TOC]	OI [mg CO ₂ /g TOC]
Jura górna	482,0	0,48	416	0,01	0,10	0,13	0,10	0,76	20	27
	515,1	1,24	435	0,03	0,40	0,30	0,07	1,33	32	24
Karbon, westfal, namur	533,1	0,37	436	0,01	0,21	0,31	0,05	0,67	56	83
	608,5	0,56	445	0,02	0,08	0,17	0,20	0,47	14	30
	684,5	0,82	430	0,04	0,69	0,17	0,06	4,05	84	20
	771,6	1,09	432	4,82	0,53	0,13	0,90	4,07	48	11
Karbon, wizen	847,6	0,96	429	0,05	0,68	0,08	0,07	8,50	69	8
	943,0	0,13	434	0,07	0,07	0,01	0,50	7,00	53	7
	1019,2	0,75	435	0,07	0,27	0,05	0,21	5,40	36	6
Dewon dolny	1036,2	0,02		0,02	0,00	0,03	1,00	0,00	0	150
	1333,9	0,11	432	0,02	0,04	0,03	0,33	1,33	36	27
	1401,8	0,09	378	0,01	0,03	0,05	0,25	0,60	33	55
	1459,1	0,06	372	0,00	0,02	0,06	0,00	0,33	33	100
	1516,5	0,19	435	0,03	0,08	0,09	0,30	0,88	42	47
	1583,1	0,18	441	0,17	0,67	0,13	0,20	5,15	372	72
Sylur, przydol	1640,0	0,30	443	0,07	0,21	0,20	0,25	1,05	70	66
	1664,3	0,38	442	0,12	0,35	0,19	0,26	1,84	92	50
	1725,5	0,42	443	0,14	0,45	0,32	0,24	1,40	107	76
	1791,8	0,38	444	0,12	0,29	0,32	0,30	0,90	76	84
Sylur, ludlow	1895,9	0,50	442	0,24	0,46	0,29	0,34	10,58	92	58
	1969,5	0,31	436	0,26	0,43	0,29	0,38	1,48	138	93
	1989,1	0,51	436	0,50	0,61	0,20	0,45	3,05	119	39
	2033,1	0,45	441	0,48	0,61	0,21	0,44	2,90	135	46
Sylur, wenlok	2089,1	1,05	447	0,94	1,70	0,22	0,36	7,72	161	20
	2128,0	0,68	444	0,65	0,83	0,20	0,44	4,15	122	29
Ordowik, karadok	2174,7	0,04	360	0,03	0,03	0,15	0,50	0,20	75	375
Ordowik, tremadok	2233,1	0,14	452	0,25	0,40	0,21	0,39	1,90	205	150
Kambr dolny	2377,5	0,00	433	0,02	0,03	0,13	0,50	0,23	50	210
	2396,0	0,03	435	0,01	0,02	0,13	0,50	0,15	66	433
	2470,1	0,02	325	0,01	0,02	0,09	0,50	0,22	100	450
	2557,3	0,03	324	0,01	0,01	0,09	0,50	0,11	33	300
	2755,5	0,00		0,01	0,01	0,11	0,50	0,09		
	2782,3	0,01	327	0,00	0,01	0,12		0,00	100	1200
Ediakar	2816,0	0,04	469	0,01	0,04	0,01	0,25	4,00	100	25
	2841,8	0,06	402	0,04	0,04	0,02	0,50	2,00	66	33
	2891,5	0,05	375	0,03	0,08	0,02	0,30	4,00	160	40
	2906,2	0,02		0,00	0,02	0,00	0,00		100	0
	2941,5	0,01	333	0,00	0,01	0,00			100	0
	2955,1	0,20	474	3,50	70	0,04	0,12	3,50	70	20

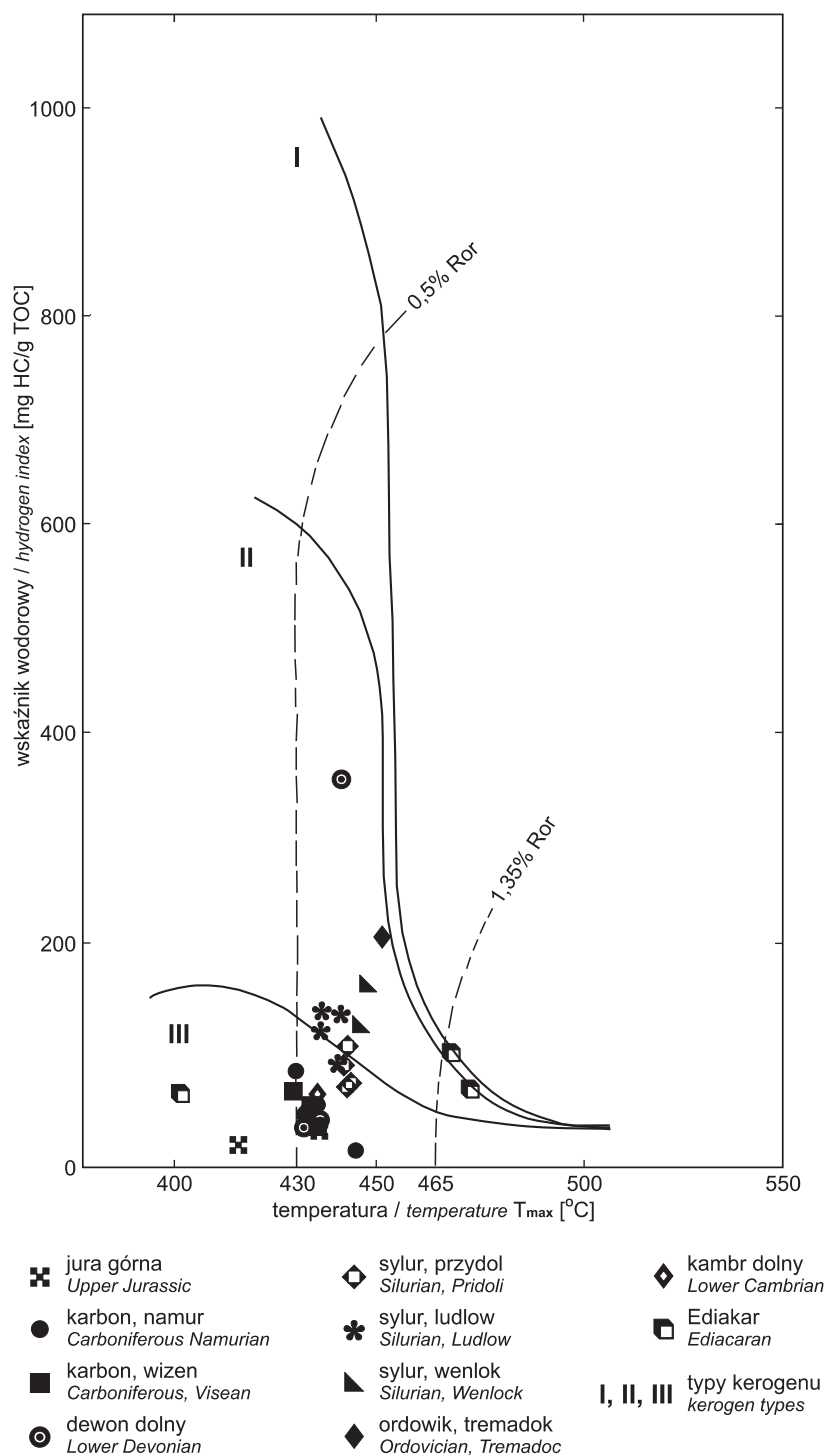


Fig. 39. Zależność pomiędzy wskaźnikiem wodorowym a temperaturą

Relationship between the hydrogen index and temperature in organic matter

Dystrybucja biomarkerów z grupy steranów w tej próbce wykazuje, że wśród oznaczonych związków najobficiej występuje C_{29} (stigmastan), czyli że wyjściowa materia organiczna była pochodzenia lądowego, stwierdzono także obecność steranów C_{27} i C_{28} .

Dystrybucja n-alkanów w utworach jury górnej wykazała obecność w materii organicznej głównie związków charakte-

rystycznych dla materii typu humusowego. Materia ta jest na różnym stopniu przeobrażenia. W rozmieszczeniu n-alkanów występuje w maksymalnej ilości n-alkan C_{29} i duża ilość związku C_{27} , co pozwala sądzić, że materiał jest słabo przeobrażony, ale jest też duża ilość n- C_{25} , który jest charakterystyczny dla dobrze przeobrażonej materii humusowej. Można więc sądzić, że w utworach tych współwystępuje materiał hu-

musowy autochtoniczny i allochtoniczny. W mniejszej ilości obecne są w tej materii związki powstające z rozpadu alg i bakterii n-C₁₉ i n-C₂₀.

Wartość wskaźników CPI_{Tot}, CPI_{17–23} i CPI_{25–31} wskazuje, że materia organiczna jest słabo przeobrażona.

Próbki z utworów ediakaru, paleozoiku i jury górnej zostały dodatkowo przebadane przy zastosowaniu metody Rock-Eval (tab. 24). Za pomocą tej metody oznaczono zawartość węgla organicznego i wstępnie określono typ i stopień przeobrażenia rozproszonej materii organicznej (Espitalié i in., 1977). Jednym z parametrów zastosowanym do określenia stopnia przeobrażenia materii organicznej jest temperatura T_{max} , odpowiadająca maksymalnej ilości wydzielania się składników węglowodorowych podczas pirolizy badanej próbki. Na figurze 39 przedstawiono zależności pomiędzy wartością T_{max} uzyskaną dla materii organicznej pochodzącej z badanych utworów a wskaźnikiem wodorym. Dane te wykazują, że materia organiczna w badanych utworach jest w stadium generowania węglowodorów ciekłych. Jedynie materia organiczna pochodząca z utworów ediakaru jest w stadium tworzenia gazów, natomiast pojedyncza próbka z tych utworów jest przypuszczalnie wypad-

kową wtórnych zmian. Materia organiczna w utworach jury górnej jest słabo przeobrażona.

Podsumowując przedstawione wyniki badań geochemicznych należy stwierdzić, że w profilu otworu Białopole IG 1 jedynie stropowe części utworów karbonu dolnego (wizen) i dolne części namuru zawierają ilość węgla organicznego pozwalającą uznać te skały za „dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodorów. Pozostałe przebadane utwory w pionowym profilu tego otworu są „biednymi” lub „słabymi” skałami macierzystymi. W utworach kambru zawartość składników labilnych jest bardzo mała, natomiast w utworach ordowiku i syluru (bez jego górnych części – przydol) ilość bituminów jest duża i mają one charakter epigenetycznych z osadem. W bogatych w węgiel organiczny utworach karbonu występują wyższe zawartości bituminów syngenetycznych z osadem. Materia organiczna w utworach dolnego paleozoiku jest typu sapropelowego i jest dobrze przeobrażona. Materia organiczna w utworach karbonu jest typu sapropelowego i humusowego i nie jest na wysokim stopniu przeobrażenia. W utworach jury górnej materia organiczna jest głównie typu humusowego i jest słabo przeobrażona.

Lech MIŁACZEWSKI

OBJAWY WĘGLOWODORÓW

W czasie głębinienia otworu był zainstalowany metanomierz, a próbki okruchowe i rdzenie były badane lampą Wooda w świetle ultrafioletowym.

W trakcie przewiercania utworów mezozoiku oraz karbonu i dewonu nie zaobserwowano żadnych objawów węglowodorów.

Na głębokości 1942,0–1970,0 m zaobserwowano niewielkie zgazowanie płuczki na metanomierzu, który wskazał 1–1,2% CH₄. W utworach ordowiku w interwale 2213,7–2214,1 m

stwierdzono niewielki wysięk ropy żółto-niebieskiej. Próbnik napięty w interwale 2202,8 – 2216,4 m wykazał jedynie przepływ 10 l płuczki ze śladami ropy naftowej. W ciągu dalszego głębinienia otwór badano systematycznie próbnikami rurowymi, uzyskując przypływy solanki z gazem palnym.

Na głębokości 2245,4–2253,9 m stwierdzono w rdzeniu niewielki wysięk ropy naftowej. Poniżej wspomnianego interwału nie stwierdzono zgazowania płuczki ani też śladów ropy naftowej w rdzeniu.