

CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA ORAZ DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA MATERII ORGANICZNEJ ROZPROSZONEJ W OSADACH PALEOZOIKU I MEZOZOIKU

WSTĘP

Wykonano charakterystykę petrologiczną wraz z oceną dojrzałości termicznej materii organicznej rozproszonej w profilu osadów paleozoiku i mezozoiku z otworu wiertniczego Bydgoszcz IG 1 z interwału głębokości 1813,3–5606,0 m. Badania przeprowadzono na 24 próbkach reprezentujących osady syluru, dewonu środkowego i górnego, permu górnego, triasu dolnego, środkowego i górnego oraz jury dolnej.

Podstawę analityczną pracy stanowią badania mikroskopowe wykonane w świetle odbitym białym oraz we fluorescencji umożliwiającej identyfikację, nierozróżnialnych często w świetle białym, składników maceralnych grupy liptynitów oraz impregnacji bitumicznych (Teichmüller, 1982). Analizy przeprowadzone zostały 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 macerały wityrinitu

(utwory permomezozoiku) oraz materiału wityrinitopodobny reprezentowany przez stałe bituminy i zooklasty (osady paleozoiku). 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.

Badania wykonano przy użyciu: wzorców ze szkła optycznego, o określonej, stałej refleksyjności 0,595, 0,907 oraz 1,722%; filtru monochromatycznego o długości fali 546 nm; olejku imersyjnego o $n_D = 1,515$ w temperaturze 20–25°C.

Analizę ilościową przeprowadzono metodą planimetryczną powierzchni preparatów, przy skoku mikrośruby = 0,2 mm.

Przy opisie składników petrograficznych stosowano nomenklaturę i klasyfikację przyjętą przez Międzynarodowy Komitet Petrologii Węgla (ICCP). Uzyskane wyniki zamieszczone zostały w tabeli.

CHARAKTERYSTYKA PETROLOGICZNA MATERII ORGANICZNEJ

PALEOZOIK

Sylur

Próbka iłowca sylurskiego z głębokości 5606,0 m zawiera dość liczną materię organiczną stanowiącą 0,9% planimetrycznej powierzchni próbki. Zbudowana jest ona z materiału wityrinitopodobnego reprezentowanego przez zooklasty będące głównie szczątkami graptolitów (fig. 38 F) oraz stałe bituminy (bitumin) mające najczęściej formy bardzo cienkich żyłek oraz soczewek. Występują one także często w postaci drobnych ($<2 \mu\text{m}$) ciał bituminu przemieszanych z materiałem ilastym, stanowiąc asocjacje organiczno-mineralną typu bitumicznego (tab. 9).

Dewon

Osady klastyczne i węglanowe dewonu środkowego przeanalizowane w 7 próbkach z interwału głębokości 5114,5–5541,0 m zawierają zmienną ilość materiału organicznego. Utwory ilasto-

-mułowcowe partii stropowych i spągowych są wyraźnie wzbogacone w substancję organiczną. Stanowi ona 0,70–1,20% planimetrycznej powierzchni próbki, podczas gdy w utworach węglanowych osiąga ona jedynie 0,20–0,30% (tab. 9).

Głównym składnikiem organicznym badanych osadów jest materiał wityrinitopodobny (bitumin i szczątki graptolitów) stanowiący w większości próbek 100% materii organicznej (fig. 38 E). Jedynie w próbce stropowej i spągowej obserwuje się niezbyt liczne skupienia asocjacji organiczno-mineralnej typu bitumicznego, w której skład wchodzi drobne (1–2 μm) ziarna, strzępki i żyłki bituminu przemieszane z ilem.

Iłowce, mułowce oraz osady margliste dewonu górnego przebadane w 5 próbkach z interwału głębokości 4853,0–5099,0 m są zdecydowanie uboższe w materię organiczną od poprzednio omawianych. Jej ilość wynosi 0,10–0,20%, osiągając jedynie w próbce stropowej 0,90% planimetrycznej powierzchni. Skład petrograficzny materiału organicznego

Tabela 9

Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej w utworach paleozoiku i mezozoiku w profilu Bydgoszcz IG 1

Microscopical analysis of organic matter dispersed in the Palaeozoic and Mesozoic sediments from the Bydgoszcz IG 1 section

Głębokość	Wiek	Litologia	R_o średnie [%]	Zakres pomiarów	Liczba pomiarów	WTP SB [%]	Inertynit [%]	Liptynit [%]	AOM [%]	MO [%]
1813,3	J ₁	psc	0,61	0,52–0,65	65	70	20	10	–	0,50
1926,0	T ₃	psc	0,57	0,53–0,64	87	50	30	20	–	2,00
2024,0	T ₂	młc	0,71	0,56–0,80	82	60	10	30	–	2,20
2101,0		wap	0,71	0,54–0,83	43	75	25	śl	–	0,10
2168,0	T ₁	młc	0,74	0,57–0,85	41	70	20	5	–	0,10
2303,0		młc	1,00	0,71–1,12	22	85	10	5	–	0,05
2849,0		młc	1,00	0,83–1,31	35	80	20	–	–	0,10
4005,0	P _{3cech.}	anh	–	–	–	śl	–	–	–	śl
4220,0		anh	1,67	1,52–1,78	12	100	–	–	–	0,10
4251,0		dol	1,72	1,53–1,88	14	5	95	–	–	0,05
4501,0	P _{3cz.sp.}	wap	1,70	1,58–1,82	83	60	10	–	30	0,70
4853,0	D ₃	wap	1,82	1,55–1,94	77	–	–	–	–	0,90
4863,0		młc	1,89	1,64–2,06	90	60	–	–	40	0,20
4890,0		młc	2,00	1,68–2,19	35	60	–	–	40	0,10
4994,0		młc	1,93	1,64–2,20	40	80	–	–	20	0,15
5099,0		iłc	1,92	1,70–2,13	43	80	–	–	20	0,20
5114,5		iłc	2,05	1,84–2,28	70	90	–	–	10	1,10
5218,0	D ₂	młc	2,33	2,03–2,45	64	100	–	–	–	0,70
5286,0		młc	2,49	2,18–2,63	42	100	–	–	–	0,20
5378,0		wap	2,46	2,20–2,80	26	100	–	–	–	0,30
5421,0		wap	2,33	2,17–2,58	56	100	–	–	–	0,30
5490,0		iłc	2,64	2,28–2,92	74	100	–	–	–	1,00
5541,0		młc	2,48	2,12–2,96	75	80	–	–	20	1,20
5606,0		S	iłc	2,73	2,32–3,06	67	80	–	–	20

Objaśnienia, explanations: J₁ – jura dolna, Lower Jurassic; T₃ – trias górny, Upper Triassic; T₂ – trias środkowy, Middle Triassic; T₁ – trias dolny, Lower Triassic; P_{3cech.} – perm górny, cechsztyń, Upper Permian, Zechstein; P_{3cz.sp.} – perm górny, czerwony spagowiec, Upper Permian, Rotliegend; D₃ – dewon górny, Upper Devonian; D₂ – dewon środkowy, Middle Devonian; S – sylur, Silurian; iłc – iłowiec, claystone; młc – mułowiec, mudstone; psc – piaskowiec, siltstone; wap – wapień, limestone;

jest analogiczny jak w osadach środkowodewońskich reprezentowany przez stałe bituminy i zooklasty współwystępujące z asocjacją organiczno-mineralną typu bitumicznego, której ilość wzrasta ku stropowi kompleksu dewońskiego (tab. 9; fig. 38C, D).

Perm

Osady węglanowe czerwonego spagowca z głębokości 4501,0 m zawierają podwyższoną koncentrację materii organicznej (0,70% planimetrowanej powierzchni próbki) reprezentowanej głównie przez skupienia stałych bituminów (bituminu) w porach i szczelinach spekań (fig. 38B). Ponadto w ila-

stych przelawieniach węglanów występują również ciała bitumiczne o cechach optycznych wityrynytu mające postać soczewek i cienkich laminek o grubości do 15 µm. Towarzyszy im nieliczny inertodetrynit oraz asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego zawierająca drobne, silnie zdyspergowane ziarna bituminu przemieszane ze składnikami ilastymi.

Utwory cechsztyńskie przeanalizowane w 3 próbkach anhydrytu i dolomitu z głębokości 4005,0–4251,0 m są bardzo ubogie w materię organiczną (maksymalnie 0,10% planimetrowanej powierzchni próbki). W jej skład wchodzi zwityrytyzowane i sfuzynityzowane szczątki organiczne (fig. 38A), amorficzne ciała bituminu, bezpostaciowy wityrynit, a także liczny materiał inertynitowy.

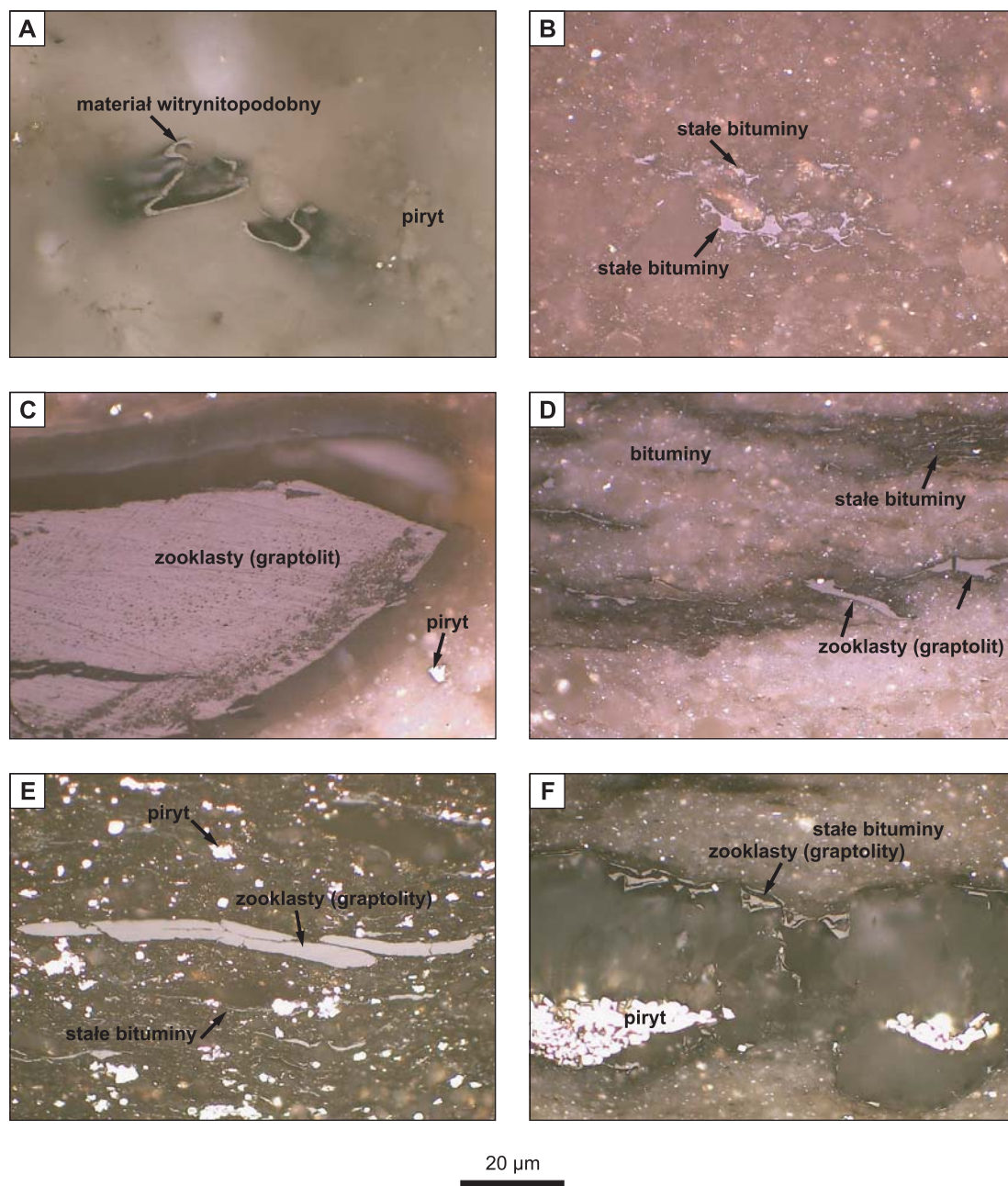


Fig. 38. Materia organiczna w profilu osadów paleozoicznych

A – cechsztyń, głęb. 4220,0 m; **B** – czerwony spagowiec, głęb. 4501,0; **C** – dewon górny, głęb. 4853,0 m; **D** – dewon górny, głęb. 4863,0 m, światło białe, imersja; **E** – dewon środkowy, głęb. 5114,5 m; **F** – sylur, głęb. 5606,0 m; A–F – światło białe, imersja

Organic matter in the Paleozoic sediments

A – Upper Permian (Zechstein), depth 4220.0 m; **B** – Upper Permian (Rotliegend), depth 4501.0 m; **C** – Upper Devonian, depth 4853.0 m; **D** – Upper Devonian, depth 4863.0 m; **E** – Middle Devonian, depth 5114.5 m; **F** – Silurian, depth 5606.0 m; A–F – white light, imersion

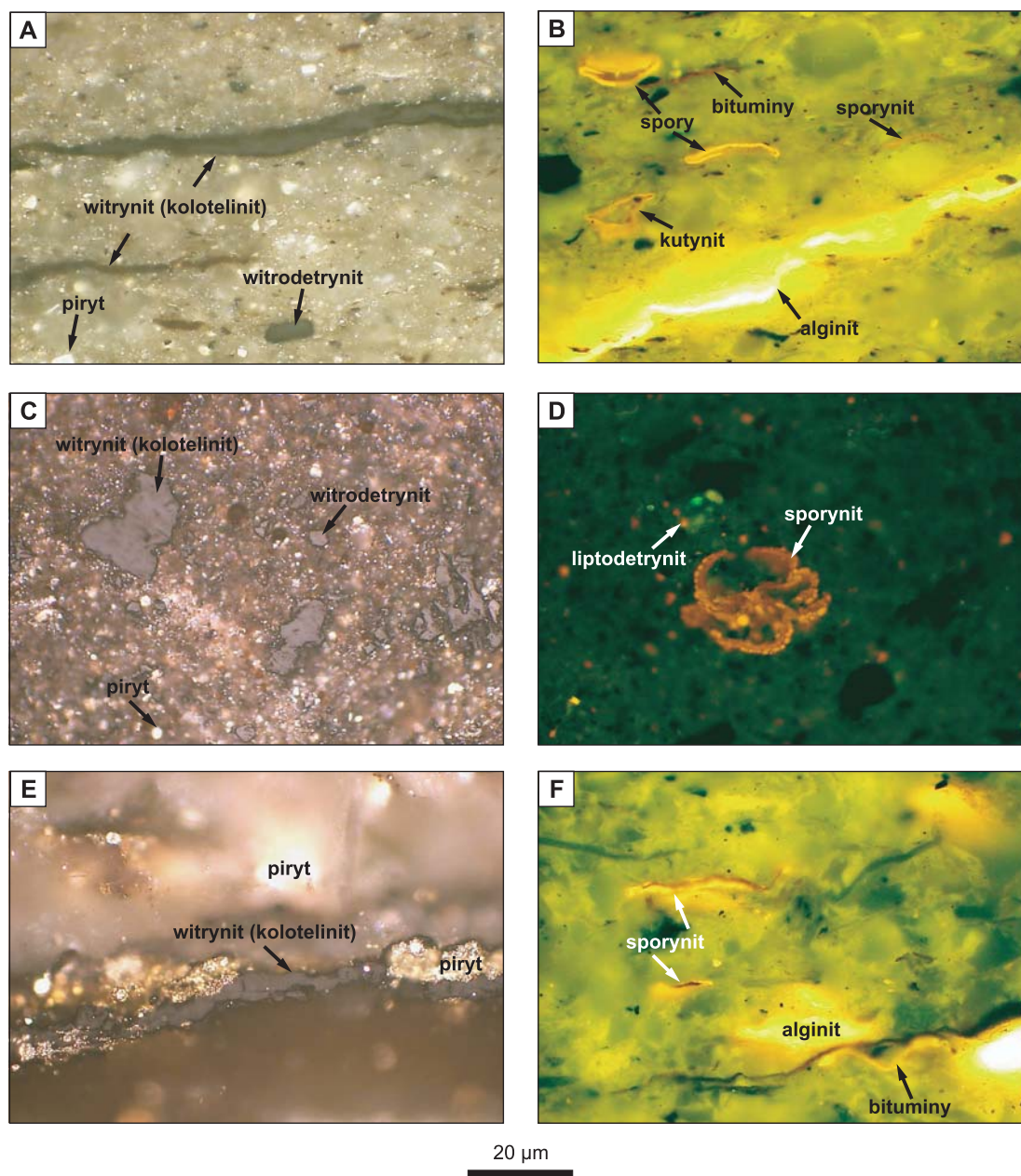


Fig. 39. Materia organiczna w profilu osadów mezozoicznych

A – jura dolna, głęb. 1813,3 m; światło białe, imersja; **B** – jura dolna, głęb. 1813,3 m; światło UV, imersja; **C** – trias górny, głęb. 1926,0 m; światło białe, imersja; **D** – trias górny, głęb. 1926,0 m; światło UV, imersja; **E** – trias środkowy, głęb. 2024,0 m; światło białe, imersja; **F** – trias środkowy, głęb. 2024,0 m; światło UV, imersja

Organic matter in the profile of the Mesozoic sediments

A – Lower Jurassic, depth 1813.3 m; white light, imersion; **B** – Lower Jurassic, depth 1813.3 m; UV light, imersion; **C** – Upper Triassic, depth 1926.0 m; white light, imersion; **D** – Upper Triassic, depth 1926.0 m; UV light, imersion; **E** – Middle Triassic, depth 2024.0 m; white light, imersion; **F** – Middle Triassic, depth 2024.0 m; UV light, imersion

MEZOZOIK

Trias

Mułowce dolnego triasu, przeanalizowane w 3 próbkach z głębokości 2168,0–2849,0 m, zawierają bardzo ubogi materiał organiczny (od ilości śladowej po 0,10% planimetrowanej powierzchni próbki). Jego głównym mikroskładnikiem jest drobny wtro- i inertodetrynit oraz pojedyncze ziarna liptodetrynit.

Utwory węglanowe triasu środkowego zbadane w 2 próbkach z głębokości 2024,0 i 2101,0 m charakteryzują się bardzo zmienną zawartością materii organicznej (odpowiednio 2,20 i 0,10% planimetrowanej powierzchni). Bogaty materiał organiczny występujący w utworach z głębokości 2024,0 m reprezentowany jest głównie przez macerały grupy wityrnytu (kolotelinit) stanowiące około 60% substancji organicznej w osadzie oraz liczne macerały liptynit (30%) przy niewielkiej zawartości składników inertynitu (10%) (tab. 9).

Wityrnyty występują najczęściej w formie kolotelinitu tworzącego pasemka oraz soczewkowate ciała, rzadziej w postaci wtrodetrynit (fig. 39E). Grupę liptynit stanowią fragmenty pyłków i spor (sporynit), a także kutynit, alginit oraz liptodetrynit (fig. 39F). Macerały inertynitu tworzą głównie sfuzynityzowane fragmenty organiczne, semifuzynit oraz inertodetrynit.

Piaskowce górnego triasu z głębokości 1926,0 m zawierają bogaty materiał organiczny (2,0% planimetrowanej powierzchni próbki) o składzie wityrnytu (kolotelinit, wtrodetrynit – 50%), inertynitu (fuzynit, inertodetrynit – 30%) oraz liptynit (sporynit, kutynit, rezynit, alginit, liptodetrynit – 20%). W niewielkiej ilości obserwuje się również impregnacje bitumiczne (fig. 39C, D).

Jura

Utwory piaszczyste jury dolnej z głębokości 1813,3 m charakteryzują się niezbyt wysoką koncentracją materii organicznej (0,50% planimetrowanej powierzchni próbki) zarówno *in situ*, jak i redeponowanej.

Reprezentowana jest ona głównie przez materiał humusowy, którego głównym składnikiem są macerały grupy wityrnytu (kolotelinit, rzadziej telinit z zachowaną strukturą tkankową) stanowiące około 70% materii organicznej w osadzie. Współwystępują z nimi, intensywnie fluoryzujące w kolorze żółtym i pomarańczowo-brunatnym, macerały liptynit (20%) zbudowane ze sporynit, kutynitu i liptodetrynit przy niewielkim udziale alginitu i bituminitu (fig. 39A, B). W niewielkiej ilości (10%) towarzyszy im inertodetrynit oraz fuzynit.

DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA ROZPROSZONEJ MATERII ORGANICZNEJ

Materia organiczna rozproszona w analizowanym profilu osadów paleozoiku i mezozoiku charakteryzuje się znaczną zmiennością dojrzałości termicznej.

Zaznacza się wyraźny wzrost stopnia przeobrażenia wraz z głębokością pograżenia od 0,61% R_o w utworach jury dolnej na głębokości 1813,3 m oraz 0,57% R_o w utworach triasu gór-

nego na głębokości 1926,0 m, po 2,73% R_o w osadach syluru na głębokości 5606,0 m.

Wartości te odpowiadają przejściu od głównej fazy generowania ropy naftowej (0,5–1,0% R_o) przez główną fazę generowania gazów (1,30–2,00% R_o) po fazę tzw. przejrzalą (>2% R_o) (Robert, 1988) (tab. 9; fig. 40).

PALEOZOIK

Sylur

Dojrzałość termiczna osadów syluru określona na podstawie zdolności refleksyjnej materiału wityrnytopodobnego (stałe bituminy i zooklasty) zawartego w próbce z głębokości 5606,0 m, odpowiada fazie tzw. przejrzalej, kiedy generowane być mogą jedynie gazy suche, wysokometanowe. Zakres pomiarów wykonanych na anizotropowym materiale organicznym zmienia się w granicach 2,32–3,06% R_o przy wyliczonej średniej wartości 2,73% R_o . Dane te wskazują na maksymalne paleotemperature diagenety osadu syluru powyżej 200°C (Lopatin, 1971; Bostic, 1973; Gaup, Batten, 1985).

(głównie stałych bituminów) wskazuje, podobnie jak w przypadku osadów syluru, na fazę przejrzalą. Zakres pomierzonych wartości refleksyjności zmienia się od 1,84 do 2,96% R_o , a wyliczone średnie od 2,05 do 2,64% R_o .

Utwory dewonu górnego zalegające na głębokości 4853,0–5099,0 m zawierają również wysokorefleksyjny, autogeniczny materiał organiczny, którego skrajne wartości współczynnika R_o wynoszą 1,55–2,20%, przy wartościach średnich zmieniających się od 1,82 do 2,00% R_o , wskazując na główną fazę generowania gazów i nieco niższe niż w utworach syluru i dewonu środkowego maksymalne paleotemperature diagenety, rzędu 180–200°C.

Dewon

Stopień przeobrażenia utworów dewonu środkowego z interwału głębokości 5218,0–5541,0 m określony na podstawie współczynnika refleksyjności materiału wityrnytopodobnego

Perm

Utwory młodszego paleozoiku charakteryzują się dalszym spadkiem dojrzałości termicznej zawartego w nim materiału organicznego. Osady czerwonego spągowca i cechsztynu z in-

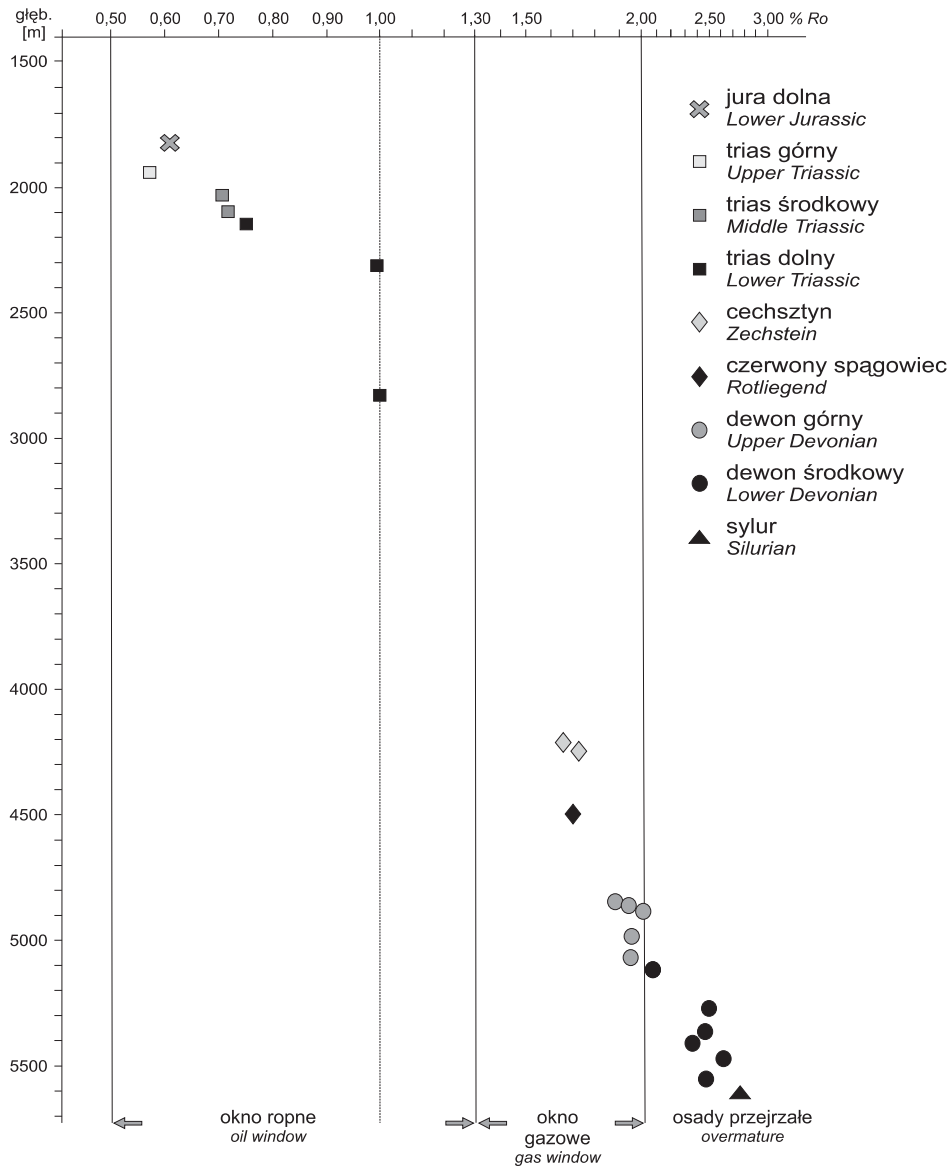


Fig. 40. Zmienność stopnia dojrzałości wityrynytu i materiału wityrynitopodobnego w profilu osadów paleozoiku i mezozoiku otworu Bydgoszcz IG 1

Values of vitrinite and vitrinite-like reflectance index versus depth in the Paleozoic and Mesozoic deposits from Bydgoszcz IG 1 borehole

terwału głębokości 4005,0–4501,0 m znajdują się w głównej fazie generowania gazów. Średnia zdolność odbicia światła macerałów wityrynytu i bituminu zmienia się w niewielkim

zakresie 1,67–1,72% R_o , a wartości skrajne pomierzonego współczynnika R_o wynoszą 1,52–1,88%, odpowiadając maksymalnym paleotemperaturom diagenety 160–180°C.

MEZOZOIK

Trias

Dojrzałość termiczna utworów triasu odpowiada głównej fazie generowania ropy naftowej. Zaznacza się, typowy dla całego profilu osadów zarówno paleozoicznych, jak i mezozoicznych, wzrost stopnia przeobrażenia wraz z wiekiem i głębokością pograżenia.

Słabo udokumentowany, ze względu na śladową ilość materiału badawczego, kompleks utworów dolnego triasu z głębokości 2303,0–2849,0 m zawiera pojedyncze fragmenty wityrynitów o refleksyjności rzędu 0,71–1,31% R_o (średnia = 1,0% R_o). Macerały wityrynitów *in situ* w warstwach stropowych z głębokości 2168,0 m wykazują zdecydowanie niższą zdolność refleksyjną 0,57–0,85% R_o (średnia = 0,74% R_o).

Analogicznym współczynnikiem refleksyjności wityrynitów *in situ* charakteryzują się osady środkowego triasu z głębokości 2024,0–2101,0 m. Zakres pomiarów wykonanych na jego powierzchni wynosi 0,54–0,83% R_o , przy średniej 0,71% R_o .

Próbka osadu górnego triasu z głębokości 1926,0 m zawiera niezbyt silnie dojrzały materiał organiczny. Pomiarzone na autogenicznym wityrynicie wartości R_o zmieniają się w niewielkim zakresie 0,53–0,64% (średnia = 0,57% R_o). Zdecydowanie bardziej przeobrażony jest liczny materiał pochodzący z redepozycji wykazujący refleksyjność rzędu 0,96–1,12% R_o .

Uzyskane dla utworów triasu dane wskazują na maksymalne paleotemperature diagenety w granicach 70–100°C.

Jura

Utwory dolnej jury z głębokości 1813,3 m wykazują podobny stopień dojrzałości do osadów górnego triasu. Zakres pomiarów jest analogiczny (0,52–0,65% R_o) nieco wyższą wartość ma jedynie wyliczona średnia, równa 0,61% R_o , wskazując na główną fazę generowania ropy naftowej i maksymalne paleotemperature diagenety rzędu 70–90°C.

PODSUMOWANIE

Analizowany kompleks osadów paleozoicznych i mezozoicznych charakteryzuje się generalnie ubogą zawartością materii organicznej reprezentowanej głównie przez materiał humusowy (wityrynit, inertynit, liptynit) w utworach permomezozoiku oraz wityrynitopodobny (stałe bituminy i zooklasty) w osadach syluru i dewonu.

Najbogatsze w substancję organiczną (>2,0% planimetrycznej powierzchni próbki) są mułowce stropowych partii triasu środkowego oraz piaskowce triasu górnego zawierające jednak głównie materiał pochodzący z redepozycji.

W kompleksie osadów paleozoiku podwyższoną koncentrację materii organicznej (>1,0%) obserwuje się w spągowych i stropowych partiach dewonu środkowego. Pewne wzbogacenie (0,70–0,90%) zaznacza się także w osadach

syluru, warstwie stropowej dewonu górnego oraz dolnym permie.

Dojrzałość termiczna analizowanego kompleksu osadów zmienia się w bardzo szerokich granicach wraz z głębokością pograżenia, od głównej fazy generowania ropy naftowej w utworach jury i triasu przy refleksyjności wityrynitów 0,57–1,00% R_o , przez główną fazę generowania gazów w utworach permu i dewonu górnego, przy refleksyjności rzędu 1,67–2,00% R_o , po fazę przejrzalą i współczynniki R_o wynoszącym 2,05–2,73% utworach dewonu środkowego i syluru.

Powyższe dane wskazują na zmienne warunki paleotermiczne diagenety badanego profilu osadów od 70°C w utworach dolnej jury do ponad 200°C w osadach dewonu środkowego i syluru.