

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

WSTĘP

Charakterystykę petrograficzną materii organicznej rozproszonej w profilu osadów paleozoiku i mezozoiku z otworów wiertniczych Jamno IG 1, IG 2 oraz IG 3 przeprowadzono na podstawie analizy 40 próbek reprezentujących osady kredy górnej (1 próbka), jury środkowej (1 próbka), triasu środkowego (1 próbka), permu górnego (5 próbek), dewonu górnego (9 próbek), dewonu środkowego (13 próbek), dewonu dolnego (1 próbka) oraz górnego ordowiku (9 próbek). W niniejszym opracowaniu wykorzystano dane analityczne zawarte w publikacji Grotek, 2006.

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 oraz stałe bituminy (bitumin) o cechach optycznych wityrinitu. 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%; 1,14130% oraz 1,6618%; – filtru monochromatycznego o długości fali 546 nm; – blendy pomiarowej o wielkości 0,16 mm; – olejku imersyjnego o $n_D = 1,515$ w temperaturze 20–25°C.

Analiza jakościowa macerałów grupy liptynitów wykonana została przy użyciu niebieskiego filtra wzbudzającego. Przy opisie składników petrograficznych stosowano nomenklaturę i klasyfikację przyjętą przez Międzynarodowy Komitet Petrologii Węgla (ICCP, International..., 1994). Uzyskane wyniki zamieszczone zostały w tabeli 26.

CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA MATERII ORGANICZNEJ

ORDOWIK

Osady górnego ordowiku zostały zbadane w 9 próbkach łupków ilastych pochodzących z otworu wiertniczego Jamno IG 1 oraz IG 2 z interwału głębokości 2150,2–2751,7 m.

Analizowany poziom osadów zawiera dość obfity materiał organiczny typu sapropelowego tworzący asocjację organiczno mineralną stanowiącą od 15 do 50% planimetrycznej powierzchni próbek. Zawiera ona ziarna homogenicznego bituminu oraz dość liczny liptodetrynit, którego źródłem są niewątpliwie algi i sinice. Fluoryzują one dość in-

tensywnie w kolorze żółtym i pomarańczowobrunatnym. Względna zawartość materiału liptynitowego zmienia się od 6 do 21%. Znaczny udział w składzie materii organicznej mają macerały wityrinitopodobne reprezentowane przez zwityrinityzowane szczątki organiczne – zooklasty (np. fragmenty graptolitów; 10–37%) oraz bitumin (27–40%) występujący w formie cienkich (3–6 μm) żyłek i wydłużonych soczewek o grubości rzędu 20–100 μm (tab. 26; fig. 46; fig. 47A, B).

DEWON

Osady dewonu ?dolnego przeanalizowane w jednej próbce piaskowców z głębokości 2746,5 m z otworu Jamno IG 1 zawierają jedynie śladową ilość amorficznej materii organicznej (bitumin).

Środkowodewońskie utwory klastyczne (głównie piaskowce) zbadane zostały w 13 próbkach skalnych pochodzących z interwału głębokości 1926–2501,7 m z otworów wiertniczych Jamno IG 1, IG 2 oraz IG 3. Zawierają one ubogi

Tabela 26

Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej w osadach z otworów Jamno IG 1, IG 2 i IG 3

Microscopical analysis of the organic matter dispersed in the sediments from Jamno IG 1, IG 2 and IG 3 boreholes

Otwory wiertnicze	Głębokość [m]	Stratygrafia	Litologia	R_o [%]	Zakres pomiarów	Liczba pomiarów	Witritnit * wtp [%]	Bitumin [%]	Liptynit [%]	Inertynit [%]	AOM [%]
Jamno IG 1	751,4	K ₂	młc	0,42	0,38–0,46	21	65	–	20	12	3
	822,0	J ₂	psc	0,48	0,39–0,54	62	52	–	19	13	16
	1214,7	T ₂	młc	0,67	0,62–0,82	46	66	10	–	6	18
	1678,0	P ₃	dol	0,60	0,54–0,72	44	50	–	25	15	10
	1699,0	D ₃	wap	0,63	0,50–0,68	57	80	–	10	1	9
	1702,5		wap	0,62	0,55–0,67	42	75	–	14	5	6
	1722,2		wap	0,65	0,56–0,70	50	72	–	13	4	11
	1753,0		wap	0,63	0,52–0,68	48	73	–	16	3	8
	1772,0		dol	0,62	0,53–0,71	51	77	–	12	2	9
	1825,5		dol	0,69	0,56–0,74	36	72	–	15	5	8
	1844,0		wap	0,67	0,58–0,72	40	80	–	16	2	2
	1906,0		dol	0,70	0,62–0,73	37	75	–	15	5	5
	1917,0		psc	0,72	0,60–0,76	50	71	–	14	4	11
	2023,0		D ₂	psc	0,71	0,58–0,75	34	80	–	10	–
	2219,5	psc		0,75	0,64–0,80	32	70	–	10	5	15
	2220,9	psc		0,74	0,58–0,82	18	100	–	–	–	–
	2258,4	psc		0,74	0,60–0,78	14	100	–	–	–	–
	2317,5	psc		0,72	0,70–0,83	12	100	–	–	–	–
	2501,7	psc		0,70	0,53–0,74	42	76	–	11	3	10
	2746,5	D ₁	psc	brak	–	–	–	100	–	–	–
2751,7	O ₃	itc	0,73	0,58–0,83	26	24	40	21	–	15	
Jamno IG 2	1710,5	P ₃	itc	0,46	0,40–0,53	50	45	–	25	10	20
	1893,5		dol	0,48	0,42–0,54	42	54	–	20	2	24
	1926,0	D ₂	itc	0,63	0,52–0,66	38	40	–	20	5	35
	1953,5		psc	0,64	0,58–0,69	18	100	–	–	–	–
	2035,8		psc	0,68	0,53–0,74	22	56	–	15	–	29
	2067,2		psc	0,66	0,61–0,75	32	60	–	17	–	23
	2150,2	O ₃	łpk	0,71	0,58–0,83	46	32	35	18	–	16
	2220,5		łpk	0,73	0,58–0,86	54	38	32	12	–	18
	2391,5		łpk	0,75	0,60–0,84	50	21	39	20	–	20
	2427,0		łpk	0,73	0,59–0,84	54	32	33	18	2	15
	2453,5		łpk	0,75	0,58–0,88	49	28	40	9	–	23
	2519,0		łpk	0,78	0,63–0,89	38	25	30	6	–	39
2581,0	łpk		0,78	0,64–0,92	40	37	27	11	–	25	
2600,0	łpk		0,81	0,66–0,98	42	10	30	10	–	50	
Jamno IG 3	1812,4	P ₃	dol	0,51	0,45–0,66	54	50	–	25	5	20
	1877,0		itc	0,52	0,45–0,65	50	40	10	20	9	21
	2031,4	D ₂	psc	0,65	0,52–0,72	28	95	–	5	–	–
	2085,0		psc	0,67	0,53–0,81	32	91	–	7	2	–
	2194,2		psc	0,75	0,54–0,85	36	94	–	6	–	–

Objaśnienia, explanations: K₂ – kreda górna, *Upper Cretaceous*; J₂ – jura środkowa, *Middle Jurassic*; T₂ – trias środkowy, *Middle Triassic*; P₃ – perm górny, *Upper Permian*; D₃ – dewon górny, *Upper Devonian*; D₂ – dewon środkowy, *Middle Devonian*; D₁ – dewon dolny, *Lower Devonian*; O₃ – ordowik górny, *Upper Ordovician*; itc – ilowiec, *claystone*; młc – mułowiec, *mudstone*; psc – piaskowiec, *siltstone*; wap – wapień, *limestone*; dol – dolomit, *dolomite*; wtp – materiał wityrinitopodobny, *vitritine-like material*; AOM – asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego i spropelowego, *organo-mineral association bitumene and sapropelic type*; R_o – średnia refleksyjność wityrinitu i bituminu *in situ*, *random value of the vitritine and bitumene "in situ" reflectivity*; * – zakres pomiarów współczynnika R_o na macerałach wityrinitu i bituminu *in situ*, *range of the reflectivity index of the "in situ" vitritine and bitumene macerals*

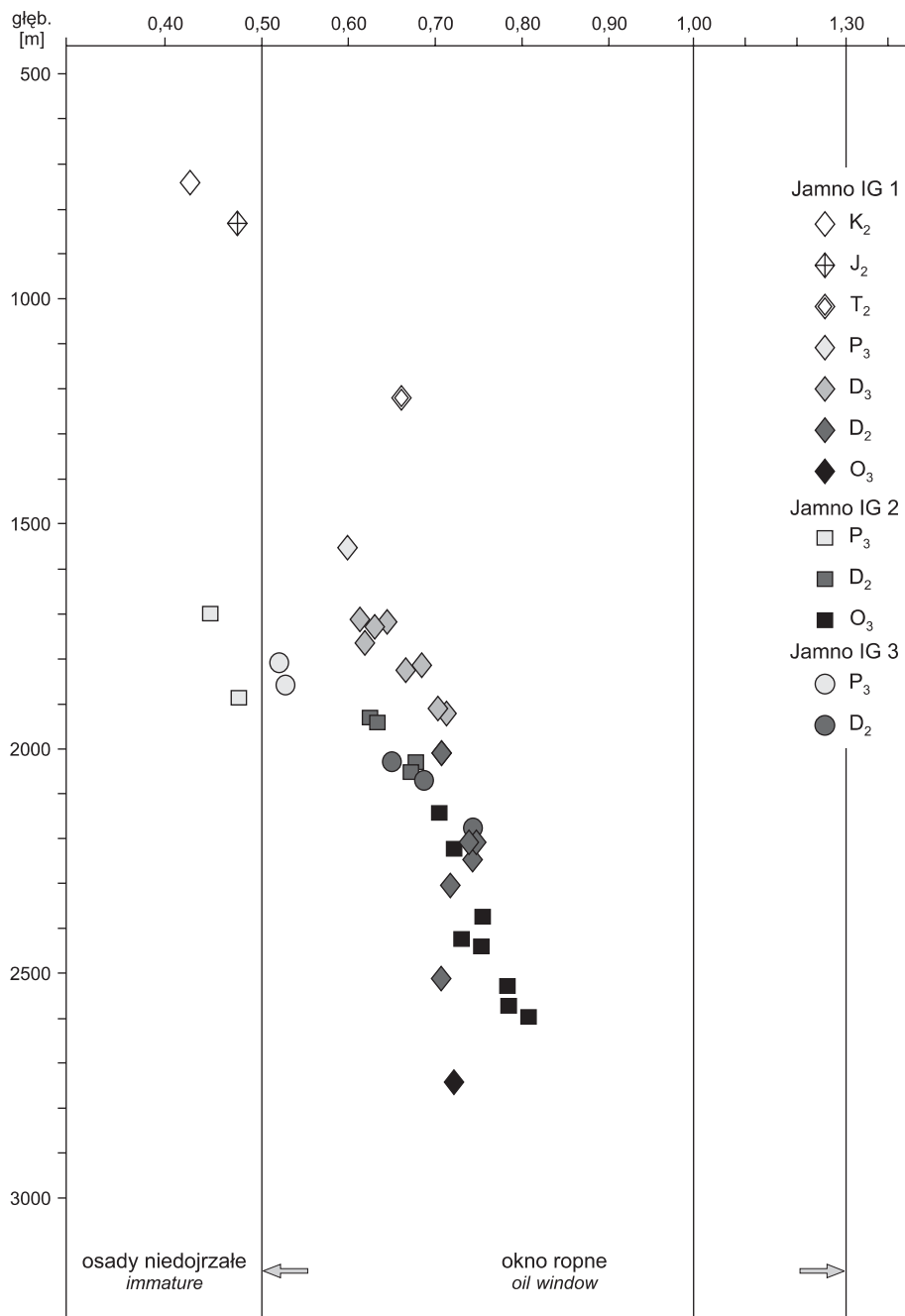


Fig. 46. Zmienność stopnia dojrzałości materii organicznej w profilu osadów z otworów Jamno IG 1, IG 2, IG 3

Changes of organic matter maturity degree in the profile sediments from Jamno IG 1, IG 2, IG 3 boreholes

i bardzo ubogi materiał organiczny reprezentowany głównie przez składniki wityrynitopodobne stanowiące od 40 do 100% planimetrycznej powierzchni próbek, przy niewielkim udziale liptynitu (3–10% w piaskowcach z otworów Jamno IG 1, IG 3). Podwyższoną zawartość macerałów grupy liptynitu (15 do 20%) oraz współwystępującej z nimi asocjacji organiczno-mineralnej typu sapropelowego (23–35%) obserwuje się w osadach z otworu Jamno IG 2, w których dość licznie występuje materiał algowy fluoryzujący intensywnie w kolorze żółtym i żółto-pomarańczowym. Lokalnie zaznacza się obecność (ślady–5%) macerałów z grupy inertynitu, które reprezentowane są przez sfuzynityzowane szczątki organiczne.

Osady **dewonu górnego** przeanalizowane w 9 próbkach utworów węglanowych z otworu Jamno IG 1 w interwale głębokości 1699,0–1917,0 m zawierają zmienną, lecz generalnie niezbyt bogatą ilość materii organicznej. Reprezentowa-

na jest ona głównie przez mikrokomponenty wityrynitopodobne o cechach optycznych wityrynitu, stanowiące 70 do 80% planimetrycznej powierzchni próbek. Ich obecność związana jest ze szczelinami oraz ilastymi przeławieniami węglanów (fig. 47C). Najczęściej tworzą drobne ziarna oraz pasemka, żyłki i soczewki o zmiennej grubości 5–30 μm , sporadycznie obserwuje się także duże (>100 μm) okruchy. Z materiałem wityrynitopodobnym współwystępuje dość liczny liptynit (14–16%): alginit oraz liptodetrynit związany najczęściej z obecnością asocjacji organiczno-mineralnej typu sapropelowego (2–11%). W niewielkiej ilości (2–5%), ale powszechnie występuje inertynit w postaci sfuzynityzowanych szczątków organicznych.

W całym profilu utworów dewonu zaznacza się obecność impregnacji bituminami i żywicami o żółtopomarańczowych i brunatnych barwach fluoescencyjnych (fig. 47D).

PERM GÓRNY

Utwory węglanowe oraz iłowce cechsztynu, przeanalizowane w 5 próbkach pochodzących z otworów wiertniczych: Jamno IG 1, IG 2 oraz IG 3 z interwału głębokości 1678–1893,5 m zawierają generalnie dość ubogi materiał organiczny. Odnosi się to szczególnie do utworów węglanowych, osady ilaste są wyraźnie wzbogacone w organikę, która najliczniej reprezentowana jest w próbce z głębokości 1710,5 m (Jamno IG 2).

Skład jakościowy organiki cechsztyńskiej jest generalnie bardzo słabo zróżnicowany. We wszystkich próbkach występują te same mikrokomponenty organiczne, zmienia się jedynie ich względna procentowa zawartość. Najpowszechniej występującym macerałem jest wityrynit (kolotelinit) stanowiący od 40 do 54% materii organicznej w osadzie (tab. 26; fig. 46). Powszechnie współwystępuje, związany genetycznie z wityrynitem, inertynit (2–15%). Nie należy on jednak do składników diagnostycznych zarówno w analizie basenowej,

jak i w prospekcji naftowej. Dość bogato reprezentowane są macerały grupy liptynitu (20–25%), których głównym składnikiem jest alginit, liptodetrynit oraz lokalnie bituminit, dla którego materiałem źródłowym są najprawdopodobniej glony. Licznym, poza maceralnym składnikiem organicznym, jest asocjacja organiczno-mineralna typu sapropelowego (10–24%). W jej skład wchodzi najczęściej (oprócz składników mineralnych) silnie rozdrobniony i zdyspergowany, pierwotny materiał organiczny grupy liptynitu (alginit, rezynit, żywice, woski, liptodetrynit itp). Obecność oraz dobry stan zachowania znacznej ilości pierwotnych macerałów grupy liptynitu, a w szczególności alginitu, spowodowana jest niewątpliwie niską dojrzałością termiczną badanych osadów oraz redukcyjnymi warunkami ich diagenety, o czym świadczą powszechne występowanie skupień framboidalnego pirytu, a także lokalnie silna pirytyzacja szczątków organicznych.

TRIAS ŚRODKOWY

Próbka mułowca triasu środkowego z głębokości 1214,7 m (Jamno IG 1) zawiera niezbyt bogaty materiał organiczny typu humusowego, którego głównym składnikiem są macerały grupy wityrynitu reprezentowane przez bezpostaciowy kolotelinit, występujący najczęściej w postaci soczewek i lamin o grubości rzędu 10–20 μm . Towarzyszą mu liczne redeponowane okruchy wityrynitowe ostrokrawędziste i obtoczone, zróżnicowanej wielkości od kilku do kilkudziesięciu mikrometrów. Materiał wityrynitowy stanowi około 66% ma-

terii organicznej w osadzie. Towarzyszą mu niezbyt liczne macerały grupy inertynitu (6%) oraz amorficzne ciała bituminu (10%) związane z obecnością nielicznych skupień asocjacji organiczno-mineralnej typu bitumicznego (18%) (tab. 26; fig. 46). Nie stwierdzono obecności pierwotnych macerałów grupy liptynitu, co może być związane z utleniającymi warunkami panującymi w czasie sedymentacji analizowanych utworów dolnego triasu lub w okresie postsedymentacyjnym.

JURA ŚRODKOWA

Próbka mułowca środkowej jury z głębokości 822,0 m zawiera bogaty materiał organiczny, zarówno *in situ*, jak i redeponowany, zbudowany z wityrynitu typu kolotelinitu oraz telini-

tu z zachowaną strukturą komórkową. Wityrynit autogeniczny występuje najczęściej w postaci lamin o grubości osiągającej 70 μm , natomiast redeponowany tworzą zróżnicowanej wiel-

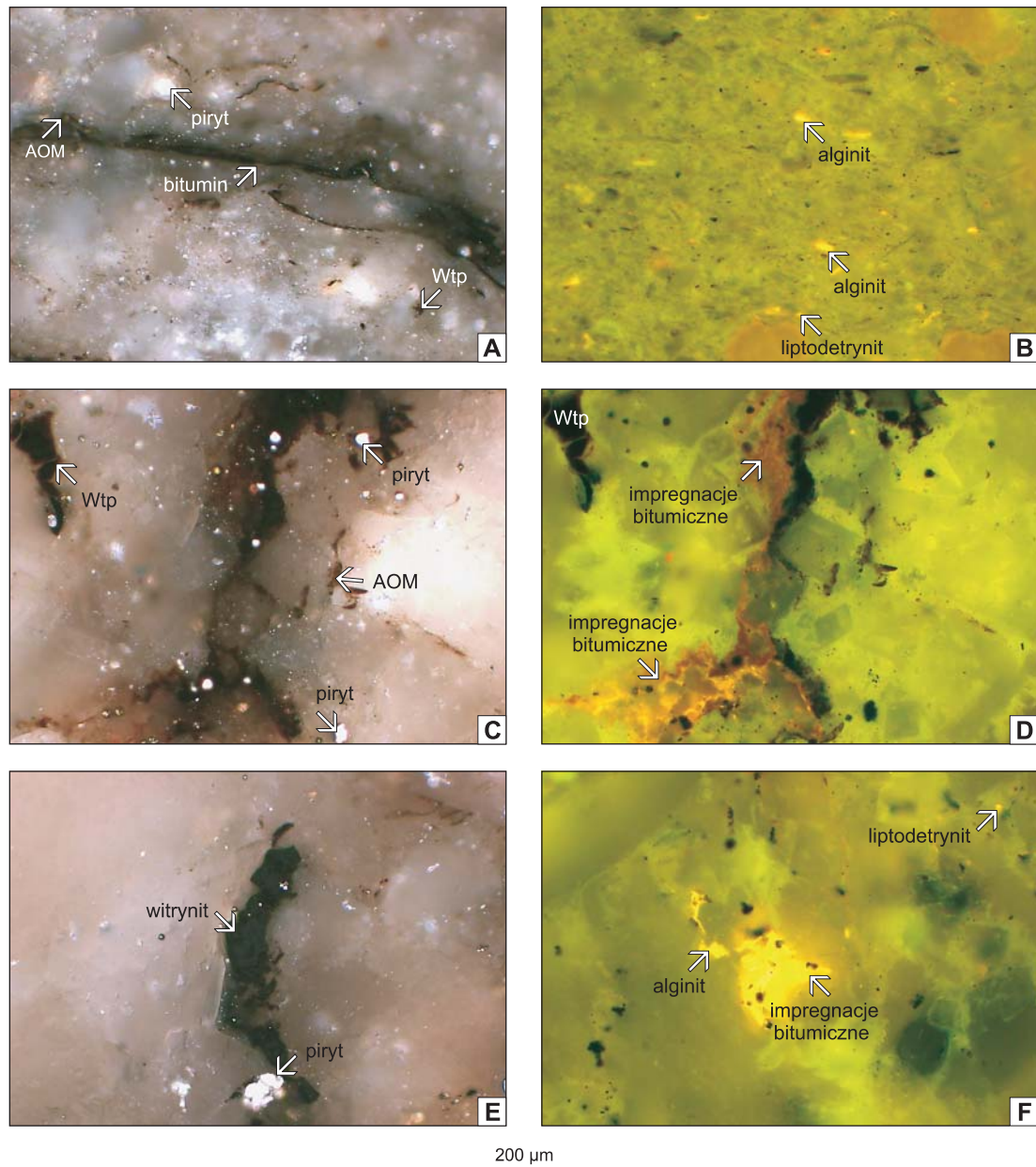


Fig. 47. Mikrofotografie materii organiczej w imersji

A, B – Jamno IG 2, głęb. 2391,5 m, ordowik górny, A – światło białe, B – światło niebieskie; **C, D** – Jamno IG 1, głęb. 1702,5 m, dewon górny, C – światło białe, D – światło niebieskie; **E, F** – Jamno IG 3, głęb. 1812,4 m, perm górny, E – światło białe, F – światło niebieskie

Microphotographies of organic matter in immersion

A, B – Jamno IG 2 borehole, depth 2391.5 m, Upper Ordovician, A – white light, B – blue light; **C, D** – Jamno IG 1 borehole, depth 1702.5 m, Upper Devonian, C – white light, D – blue light; **E, F** – Jamno IG 3 borehole, depth 1812.4 m, Upper Permian, E – white light, F – blue light

kości okruchy (6–30 μm). Towarzyszą mu macerały inertynitu reprezentowane przez cienkościankowy fuzynit oraz masywny semifuzynit. Witrynit i inertynit stanowią odpowiednio 52% i 13% materiału organicznego w skale (tab. 26; fig. 46). W świetle niebieskim obserwuje znaczną ilość (19%) macerałów liptynitu (kutynit, sporynit, rezynit, bituminit) fluory-

zujących intensywnie w kolorze żółtym (fig. 47E, F). Asocjacja organiczno-mineralna typu sapropelowego występuje najczęściej w postaci gniazdowych skupień i cienkich przeławień fluoryzujących słabo w kolorze oliwkowo brązowym. Jej względna zawartość wynosi około 16%.

KREDA GÓRNA

Analizowana próbka mułowca kredy górnej z głębokości 751,4 m (Jamno IG 1) zawiera głównie materię organiczną typu humusowego pochodzącą w znacznym stopniu z redepozycji. Skład petrograficzny zdominowany jest przez macerały grupy huminitu oraz nieliczny detrytus witrynitowy. Stanowią one 65% materii organicznej w skale (tab. 26; fig. 46).

Macerały grupy huminitu (ulminit, melinit) występują głównie w formie soczewek i lamin o zmiennej grubości od kilku do kilkuset mikrometrów. Macerały witrynit (kolotelinit, witrodetrynit) występują zarówno w postaci lamin i soczewek *in situ*, jak i redeponowanych ziaren w różnym stop-

niu obtoczonych (5–15 μm). Niewielką domieszkę (12%), w składzie organiki humusowej, stanowi inertynit zbudowany z inertodetrynitu, fragmentów semifuzynitu, fuzynitu oraz sklerocji.

Dość liczne (20%) macerały grupy liptynitu reprezentowane są przez sporynit i kutynit fluoryzujące w kolorze jasnożółtym oraz rezynit i liptodetrynit fluoryzujące w kolorach od żółtego do jasnobrązowego. Drobną część (3%) w składzie materii organicznej ma bezstrukturalna materia organiczna typu sapropelowego, występująca w postaci gniazdowych i soczewkowatych skupień.

DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA MATERII ORGANICZNEJ

Analizowany kompleks osadów paleozoiku i mezozoiku, w interwale głębokości 751,4–2751,7 m, charakteryzuje się niskim stopniem przeobrażenia odpowiadającym fazie niedojrzałej do generowania węglowodorów (perm górny z otworu Jamno IG 2 oraz jura środkowa–kreda górna z otworu Jamno IG 1) przy współczynniku refleksyjności poniżej 0,50% R_o (Robert i in., 1988) oraz głównej fazie generowania ropy naft-

owej i refleksyjności w granicach 0,51–0,75% R_o , w pozostałych utworach wieku ordowik górny–perm górny.

Dojrzałość termiczna materii organicznej, zarówno w poszczególnych profilach otworów, jak i w całym analizowanym kompleksie osadów rejonu Jamna, wzrasta dość wyraźnie wraz z głębokością pogrzebania oraz wiekiem osadów (tab. 26; fig. 48).

PALEOZOIK

Materiał witrynitopodobny pochodzący z utworów górnego ordowiku z otworu Jamno IG 2 oraz Jamno IG 1 (2150–2751,7 m) wykazuje średnią refleksyjność w granicach 0,71–0,75% R_o , przy skrajnych wartościach pomiarów wynoszących 0,58–0,98% R_o . Zaznaczyć należy, iż te najwyższe wartości (>0,90% R_o) odnoszą się do podwyższonej, w stosunku do witrynit, zdolności refleksyjnej zwitrynitowanych zooklastów.

Utwory środkowego dewonu nawiercone w trzech analizowanych otworach wiertniczych w interwale głębokości 1926,0–2501,7 m, zawierają autogeniczny materiał organiczny wykazujący średnią refleksyjność w granicach 0,63–0,75% R_o , przy skrajnych pomierzonych wartościach równych 0,52–0,85%.

Górnodewoński materiał witrynitopodobny pochodzący z otworu Jamno IG 1 (1702,5–1917,0 m) wykazuje średnią refleksyjność rzędu 0,62–0,72% przy rozrzucie pomiarów w granicach 0,52–0,76% R_o .

Autogeniczny materiał witrynitowy zawarty w osadach górnego permu występujący w otworach wiertniczych Jamno

IG 1, IG 2 oraz IG 3 na głębokości 1678,0–1877,0 m wykazuje znaczne różnice w stopniu dojrzałości termicznej (tab. 26; fig. 48).

Najsilniej przeobrażone osady cechsztynu, znajdujące się w głównej fazie generowania ropy naftowej (średnia refleksyjność 0,60% R_o przy rozrzucie wyników w granicach 0,54–0,72%), występują w utworach węglanowyczych z otworu Jamno IG 1. Słabiej dojrzałe utwory, we wczesnej fazie generowania ropy naftowej, charakteryzują poziom cechsztynu z otworu Jamno IG 3. Ich średnia wartość refleksyjna wynosi 0,51–0,52% R_o przy rozrzucie wyników wynoszącym 0,45–0,66%.

Najsłabiej przeobrażony, niedojrzały do generowania ciekłych węglowodorów, materiał organiczny górnego permu zaobserwowano w otworze Jamno IG 2. Jego średnia wartość refleksyjna wynosi 0,46–0,48% R_o , a zakres pomiarów mieści się w granicach 0,40–0,54%.

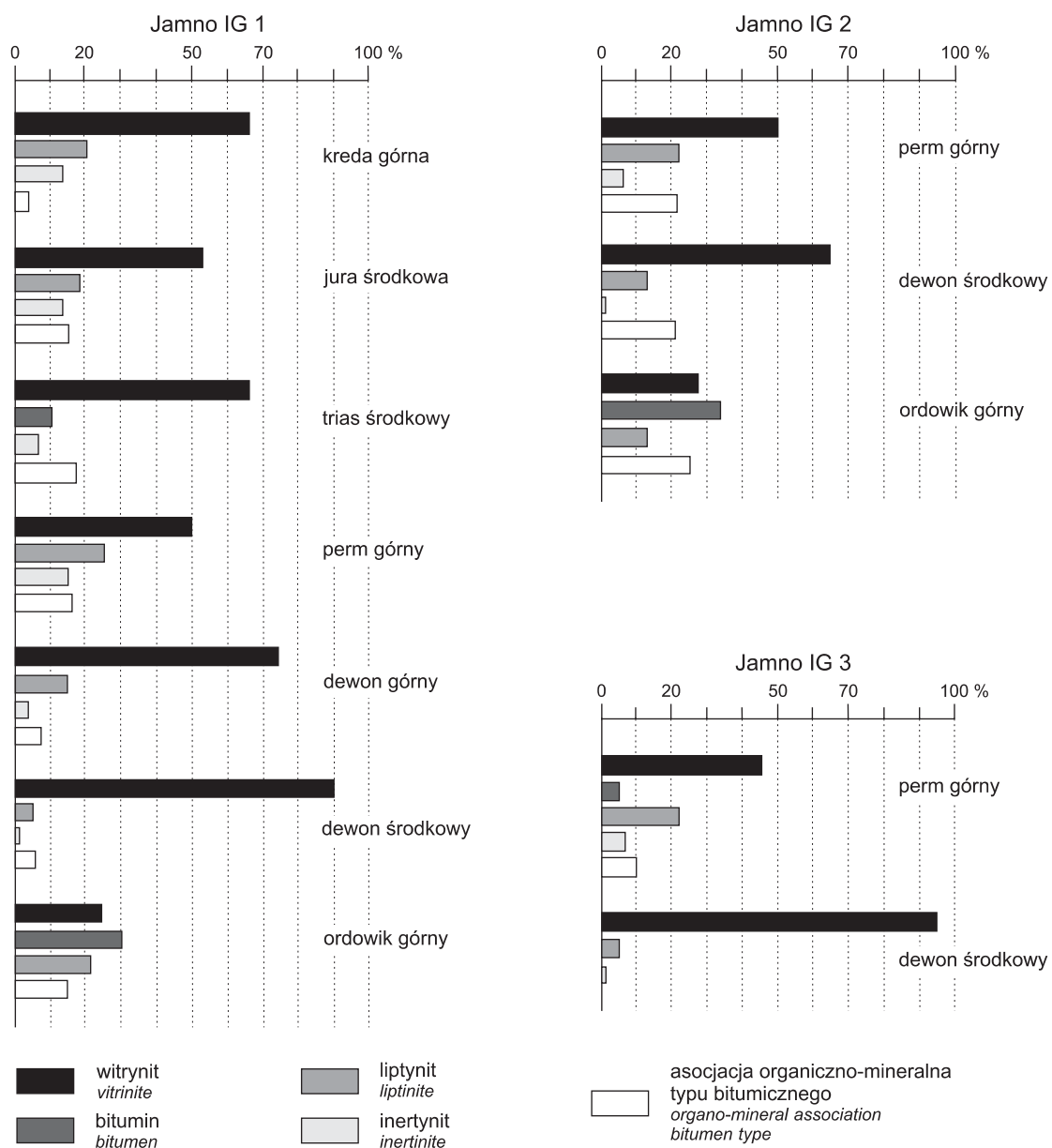


Fig. 48. Skład maceralny materii organicznej w analizowanych profilach osadów

Distribution of organic matter content in the analysed sediments profiles

MEZOZOIK

Mezozoiczna materia organiczna przebadana została jedynie w pojedynczych próbkach pochodzących z osadów środkowego triasu, jury środkowej oraz kredy górnej z otworu wiertniczego Jamno IG 1 (tab. 26; fig. 48).

Autogeniczne macerały wityritu z osadów triasu środkowego (1214,7 m) wykazują podwyższoną, w stosunku do utworów permu, refleksyjność równą 0,67% R_o (zakres pomiarów 0,62–0,82% R_o) wskazując na główną fazę generowania ropy naftowej. Ta podwyższona zdolność refleksyjna organiki środkowego triasu związana jest niewątpliwie z utle-

nianymi warunkami panującymi w czasie sedymentacji tych utworów lub w okresie postsedymentacyjnym.

Materiał organiczny zawarty w osadach środkowej jury (822 m) oraz górnej kredy (751,4 m) wykazuje bardzo słabą dojrzałość termiczną (odpowiednio 0,48 i 0,42% R_o) wskazującą na fazę niedojrzałą do generowania ropy naftowej.

Powyższe dane wskazują niskie maksymalne paleotemperatury diagenety osadów zarówno paleozoiku, jak i mezozoiku w granicach 50–90°C (Lopatin, 1971; Bostic, 1973; Gaupp, Batten, 1985).

PODSUMOWANIE

W analizowanym kompleksie osadów paleozoiku najbogatsze w materię organiczną są łupki ilaste górnego ordowiku zbudowane z asocjacji organiczno-mineralnej typu sapropelowego, bituminu, nielicznych zooklastów oraz liptynitów reprezentowanego głównie przez algi i sinice.

Drugim poziomem osadów wzbogaconym w materiał organiczny są utwory węglanowe dewonu górnego zawierające głównie materiał wityritopodobny (graptolity), asocjację organiczno-mineralną typu sapropelowego współwystępującą z alginitem oraz dość liczne impregnacje bitumiczne.

Ilaste osady górnego permu zawierają podwyższoną w stosunku do utworów węglanowych ilość materii organicznej zbudowanej głównie z macerałów wityritu oraz niezbyt licznych liptynitów.

Zawarty w osadach mezozoiku humusowy materiał organiczny reprezentowany przez trzy podstawowe grupy maceralne: wityritu, inertynitu oraz liptynitów (zarówno *in situ*, jak i redeponowane) występuje najliczniej w utworach jury środkowej.

Dojrzałość termiczna analizowanego profilu osadów od górnego ordowiku po kredę górną jest bardzo niska. Zaznacza się wzrost stopnia przeobrażenia autogenicznej materii organicznej z głębokością pograżenia oraz wiekiem osadów – od niedojrzałej do generowania węglowodorów (kreda–jura) przy refleksyjności 0,42–0,48 po główną fazę generowania ropy naftowej w utworach perm górny–ordowik górny (0,5–0,75% R_o) i maksymalnych paleotemperaturach nie przekraczających 90°C.