

WYNIKI BADAŃ MATERII ORGANICZNEJ I OBJAWY WĘGLOWODORÓW

Izabella GROTEK

CHARAKTERYSTYKA PETROLOGICZNA ORAZ DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA ROZPROSZONEJ MATERII ORGANICZNEJ

METODYKA BADAŃ

Analizę mikroskopową materii organicznej (jakościową oraz ilościową) przeprowadzono przy zastosowaniu światła odbitego białego i niebieskiego na 69 polerowanych próbkach skalnych. Metoda ta pozwala na obserwację cząstek organicznych w ich naturalnym otoczeniu mineralogicznym oraz na wyróżnienie autochtonicznych i redeponowanych macerałów organicznych. Duże znaczenie praktyczne i poznawcze w badaniach materii organicznej ma wykonywana w świetle niebieskim analiza fluorescencyjna. Pozwala ona na identyfikację, trudnych do wydzielenia w wyniku mikroskopii optycznej w świetle białym, składników organicznych (Teichmüller, Wolf, 1977).

Dla uzyskania pełnego obrazu składu petrograficznego materii organicznej przeprowadzono oprócz analizy jakościowej analizę ilościową, licząc 500 punktów w zglądzie, w liniach równomiernie rozmieszczonych na całej powierzchni

poleru (skok 5 μm). Rejestrowano grupę komponentów organicznych, do których zaliczone zostały: stałe bituminy (bitumin), fytoklasty, zooklasty (zwitrynizowane fragmenty trylobitów i graolitów), macerały wityrynu, inertynitu i liptynitu oraz asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego (AOM) zbudowana z drobnych homogenicznych ziaren bituminu przemieszanych z materiałem ilastym oraz bituminami (migrabituminami). W składzie materii mineralnej wydzielono dodatkowo mineralizację siarczkową (piryt).

Badania wykonano mikroskopem Axioskop firmy Zeiss z mikrofotometrem, przy użyciu olejku imersyjnego o $n_d = 1,515$ w temperaturze 20–25°C.

Analiza jakościowa uwodornionej materii organicznej wykonana została przy użyciu lampy rtęciowej HBO 100W/2 i filtrów niebieskich pozwalających uzyskać promieniowanie potrzebne do pobudzenia próbki.

CHARAKTERYSTYKA PETROLOGICZNA MATERII ORGANICZNEJ

Ediakar–kambry

Występowanie substancji organicznej w najstarszej pokrywie osadowej ziemi jest powszechnie obserwowanym zjawiskiem, jednak fakt, że jej zawartość w badanych osadach ediakaru przewyższa miejscami ilość materiału organicznego występującego w utworach kambryjskich, zasługuje na uwagę.

Obecność materii organicznej w prekambryjskiej pokrywie osadowej jest związana niewątpliwie z aktywnością bakterii, mającą miejsce już we wczesnym prekambrze. Bazując na izotopach siarki Schidlowski (1979) stwierdził, że są podstawy aby sądzić, że redukcja bakterii siarkowych występowała już około 3,7 miliarda lat temu. Sugerowało by to, że węglowa materia w skałach prekambru jest pochodzenia abiogenicznego, a głównym jej źródłem był węgiel wytracony z atmosfery zawierającej wówczas bardzo mało tlenu. Jednak w analizowanych próbkach osadów ediakaru spotyka się również bezsporne fragmenty pochodzenia organicznego (zbiode-

gradowany materiał glonowy) oraz rozproszony detrytus organiczny nazywany fytoklastami. Diessel i Offler już w 1975 r. mierzyli refleksyjność na takich fytoklastach pochodzących z niezbyt silnie zmetamorfizowanych facji.

Materia organiczna zawarta w 7 próbkach z ilasto-piaszczystych utworów ediakaru z głębokości 5302,6–5565,0 m jest niezbyt dobrze zachowana, gdyż jej struktura zmieniona została przez metamorfizm. Pierwotne składniki liptynitowe nie występują w badanych osadach ze względu na wysoki stopień ich dojrzałości termicznej. Obecne są natomiast impregnacje bitumiczne, bardzo słabo zaznaczające się w świetle białym, wyróżnialne jedynie w świetle niebieskim, w którym fluoryzują z różną intensywnością w barwach od żółtopomarańczowej po ciemnobrunatną (fig. 48C).

Podstawowym składnikiem organicznym osadów ediakaru jest asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego oraz materiał wityrinitopodobny reprezentowany najczęściej przez fytoklasty i stałe bituminy (fig. 48A, B). Wspomniana powyżej asocjacja stanowi od 17 do 95% materii organicznej

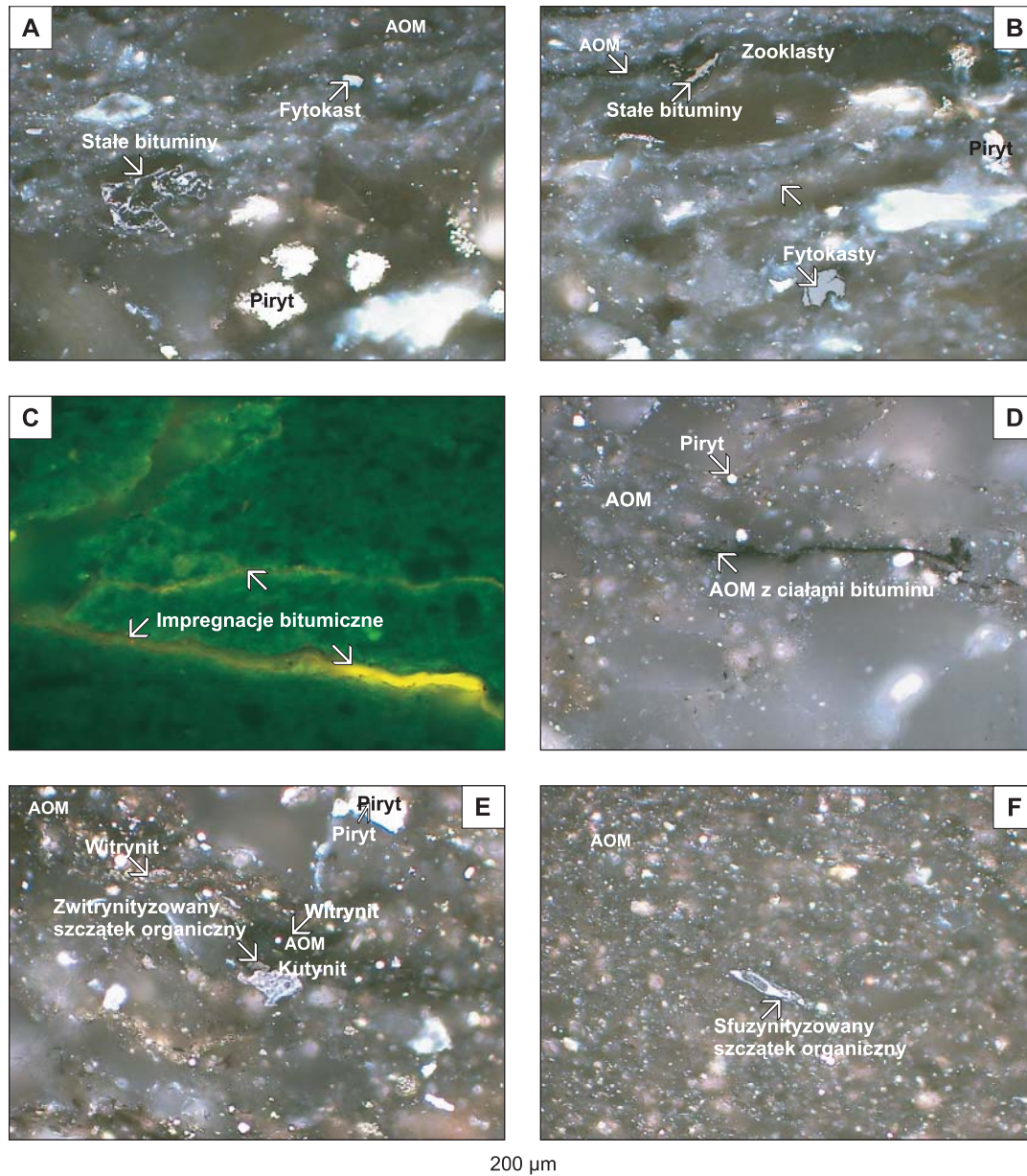


Fig. 48. Materia organiczna w osadach ediakaru i kambru

A – ediakar, głęb. 5560,8 m; światło białe, imersja; **B** – ediakar, głęb. 5432,2 m; światło białe, imersja; **C** – ediakar, głęb. 5362,0 m; światło niebieskie, imersja; **D** – ediakar, głęb. 5103,2 m; światło białe, imersja; **E** – ediakar, głęb. 4967,9 m; światło białe, imersja; **F** – ediakar, głęb. 4494,0 m; światło białe, imersja; AOM – asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego

Organic matter in the Ediacaran and Cambrian deposits

A – Ediacaran, depth 5560.8 m; white light, immersion; **B** – Ediacaran, depth 5432.2 m; white light, immersion; **C** – Ediacaran, depth 5362.0 m; blue light, immersion; **D** – Ediacaran, depth 5103.2 m; white light, immersion; **E** – Ediacaran, depth 4967.9 m; white light, immersion; **F** – Ediacaran, depth 4494.0 m; white light, immersion; AOM – organo-mineral association bitumine type

w próbkę tworząc smużyste i gniazdowe skupienia lub w skrajnych przypadkach masę podstawową skały. Współwystępuje z nią najczęściej homogeniczny bitumin mający postać drobnych strzępków, płaskich soczewkowatych skupień lub żyłek o zmiennej grubości od 1 do 8 µm oraz mniej liczne fytoklasty. Materiał witrynitopodobny stanowi od 5–83% organiki w osadzie wykazując słabą tendencję spadkową ku spagowi osadów (tab. 23).

Dolno- i środkowokambryjskie piaskowce i iłowce przeanalizowane w 9 próbkach z interwału głębokości

4494,0–5293,0 m, są nieco uboższe w materię organiczną od omawianych powyżej. Podstawowym materiałem źródłowym kambryjskiej materii organicznej są lipidy pochodzące od glonów bentonicznych, heterotroficzne, redukcyjne bakterie siarkowe oraz trylobity, których zwitrynityzowane fragmenty uznawane za najstarsze zooklasty wzbogacają obok stałych bituminów i fytoklastów grupę składników witrynitopodobnych (McKirdy, Kantsler, 1980). Najliczniej reprezentowanym materiałem organicznym dolnego i środkowego kambru jest asocjacja organiczno-mineralna typu

Tabela 23

**Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej
w utworach ediakaru i kambru**

Microscopical analysis of the organic matter dispersed
in the Ediacaran and Cambrian sediments

| Głębokość [m] | Stratygrafia | Litologia | WTP | Inertynit | AOM [%] | R_O [%] |
|------------------|-----------------|-----------|-----|-----------|------------|--------------|
| 4494,0 | Cm ₂ | iłc | 2 | 3 | 62 | 2,83 |
| 4720,0 | Cm ₂ | iłc | 7 | – | 93 | 2,90 |
| 4768,4 | Cm ₁ | iłc | 6 | 1 | 93 | 3,10 |
| 4823,5 | Cm ₁ | psc | 2 | – | 98 | 2,80 |
| 4831,2 | Cm ₁ | psc | 1 | – | 99 | 3,35 |
| 4967,9 | Cm ₁ | psc | 22 | – | 78 | 3,46 |
| 5103,2 | Cm ₁ | psc | 31 | – | 69 | 3,57 |
| 5160,3 | Cm ₁ | iłc | 30 | – | 70 | 3,52 |
| 5293,0 | Cm ₁ | psc | 29 | – | 71 | 3,28 |
| 5302,6 | E | iłc | 83 | – | 17 | 3,36 |
| 5362,0 | E | iłc | 28 | – | 72 | 3,46 |
| 5377,1 | E | iłc | 37 | – | 63 | 3,49 |
| 5432,2 | E | psc | 30 | – | 70 | 3,68 |
| 5518,2 | E | psc | 5 | – | 95 | 3,70 |
| 5560,8 | E | iłc | 10 | – | 90 | 3,68 |
| 5565,0 | E | iłc | 14 | – | 86 | 3,94 |

Cm₂ – kambur środkowy; Cm₁ – kambur dolny; E – ediakar; WTP – materiał organiczny wityrynitopodobny o cechach optycznych wityrynytu; AOM – asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego; iłc – iłowce; psc – piaskowce

Cm₂ – Middle Cambrian; Cm₁ – Lower Cambrian; E – Ediacaran; WTP – vitrinite-like organic matter; AOM – organo-mineral association bitumine type; iłc – claystones; psc – sandstone

bitumicznego stanowiąca 70–99% planimetrowanej powierzchni próbki (tab. 23). Współwystępują z nią zwitrynityzowane i sfuzynityzowane zooklasty oraz ciała bitumiczne (stałe bituminy) (fig. 48 C–F).

W profilu analizowanych osadów ediakaru oraz kambru zdecydowanie dominuje syngenetyczna materia organiczna. Materiał epigenetyczny stanowią nieliczne migrujące bituminy. Infiltrują one skałę wypełniając częściowo pory lub szczeliny spękań.

W analizowanych osadach obserwuje się znaczną ilość mineralizacji siarczkowej wskazującej lokalnie na silnie redukcyjne warunki sedymentacji. Reprezentowana jest ona głównie przez piryty występujący w postaci framboidalnych skupień, izolowanych masywnych ciał oraz epigenetycznego piryty impregnującego materiał organiczny.

Ordowik

Osady ilasto-mułowcowe tremadoku, karadoku i aszgilu z interwału głębokości 4340,0–4445,5 m są generalnie nie-

zbyt bogate w materię organiczną. Jej zawartość zmniejsza się wyraźnie ku stropowi analizowanego profilu, od dość zasobnych w organikę łupków sapropelowych tremadoku po śladową ilość materiału wityrynitopodobnego w iłowcu aszgilu (1 próbka).

Głównym składnikiem łupków tremadoku (1 próbka) i karadoku (2 próbki) jest asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego stanowiąca 42–62% planimetrowanej powierzchni próbki oraz materiał wityrynitopodobny, w ilości 35–58% (tab. 24). Asocjacja organiczno-mineralna tworzy najczęściej masę podstawową zawierającą macerały organiczne o cechach optycznych wityrynytu. Są to niewielkie (kilka do kilkunastu mikrometrów), wydłużone ciała bituminy (stałe bituminy) oraz zwitrynityzowane i sfuzynityzowane fragmenty organiczne – zooklasty reprezentowane głównie przez graptolity (fig. 49 A–B).

Lokalnie obserwuje się nieliczne impregnacje bitumiczne, tworzące rozmyte smugi fluoryzujące w kolorze brunatnym.

Tabela 24

**Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej
w utworach ordowiku, syluru i dewonu**

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

| Głębokość [m] | Stratygrafia | Litologia | WTP | | Inertynit | AOM [%] | R _o [%] |
|------------------|----------------|-----------|-----|-----|-----------|------------|-----------------------|
| | | | SB | Zoo | | | |
| 1582,1 | D ₁ | wap | 90 | – | 3 | 7 | 1,23 |
| 1821,0 | D ₁ | wap | 95 | – | 2 | 3 | 1,41 |
| 2113,1 | D ₁ | psc | 73 | – | 8 | 19 | 1,30 |
| 2320,2 | D ₁ | wap | 92 | – | 3 | 5 | 1,42 |
| 2501,8 | D ₁ | wap | 52 | 35 | 13 | – | 1,53 |
| 2611,4 | D ₁ | wap | 20 | 59 | 9 | 12 | 1,63 |
| 2611,8 | D ₁ | wap | 32 | 64 | – | 4 | 1,36 |
| 2759,2 | D ₁ | wap | 76 | 13 | 4 | 7 | 1,60 |
| 2916,9 | D ₁ | wap | 22 | – | 5 | 79 | 1,40 |
| 2970,7 | D ₁ | wap | 28 | – | – | 72 | 1,54 |
| 3132,0 | Spr | iłc | – | 83 | 4 | 13 | 1,60 |
| 3190,2 | Spr | łpk | 46 | – | 3 | 51 | 1,71 |
| 3379,8 | Spr | łpk | 81 | – | 5 | 14 | 1,75 |
| 3412,8 | Spr | iłc | 72 | – | 7 | 21 | 1,87 |
| 3536,8 | Spr | łpk | 20 | 22 | 9 | 49 | 2,33 |
| 3722,5 | Spr | łpk | 10 | 13 | 10 | 67 | 2,25 |
| 3797,5 | Spr | łpk | 12 | 13 | 7 | 68 | 2,72 |
| 3905,0 | Spr | iłc | 22 | – | 2 | 76 | 2,80 |
| 4057,2 | Sld | iłc | 38 | – | – | 62 | 2,75 |
| 4115,0 | Sld | iłc | 63- | – | 9 | 28 | 2,60 |
| 4318,0 | Sw | iłc | 70- | – | 5 | 25 | 2,72 |
| 4340,0 | Oa | iłc | 95 | – | – | 5 | 2,71 |
| 4365,0 | Ok | łpk | 97 | – | 3 | – | 2,70 |
| 4391,0 | Ok | łpk | 38 | 20 | – | 42 | 2,70 |
| 4445,5 | Ot | łpk | 35- | – | 3 | 62 | 2,80 |

D₁ – dewon dolny; Sp – sylur przydol; Sld – sylur ludlow; Sw – sylur wenlok; Oa – ordowik aszgil; Ok – ordowik karadok; Ot – Ordowik tremadok; WTP – materiał organiczny wityrynitopodobny o cechach optycznych wityrynytu; SB – stałe bituminy; Zoo – zooklasty (graptolity); Lip – liptynit; AOM – asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego; łpk – łupki; iłc – ilowce; inne objaśnienia jak do tabeli 23

D₁ – Lower Devonian; Sp – Silurian Pridoli; Sld – Silurian Ludlow; Sw – Silurian Venlock; Oa – Ordovician Ashgil; Ok – Ordovician Caradoc; Ot – Ordovician Tremadocian; WTP – vitrinite-like organic matter; SB – solid bitumen; Zoo – Zooclasts (graptolites); Lip – liptinite; AOM – organo-mineral association bitumine type; łpk – shales; iłc – claystones; for other explanations see Table 23

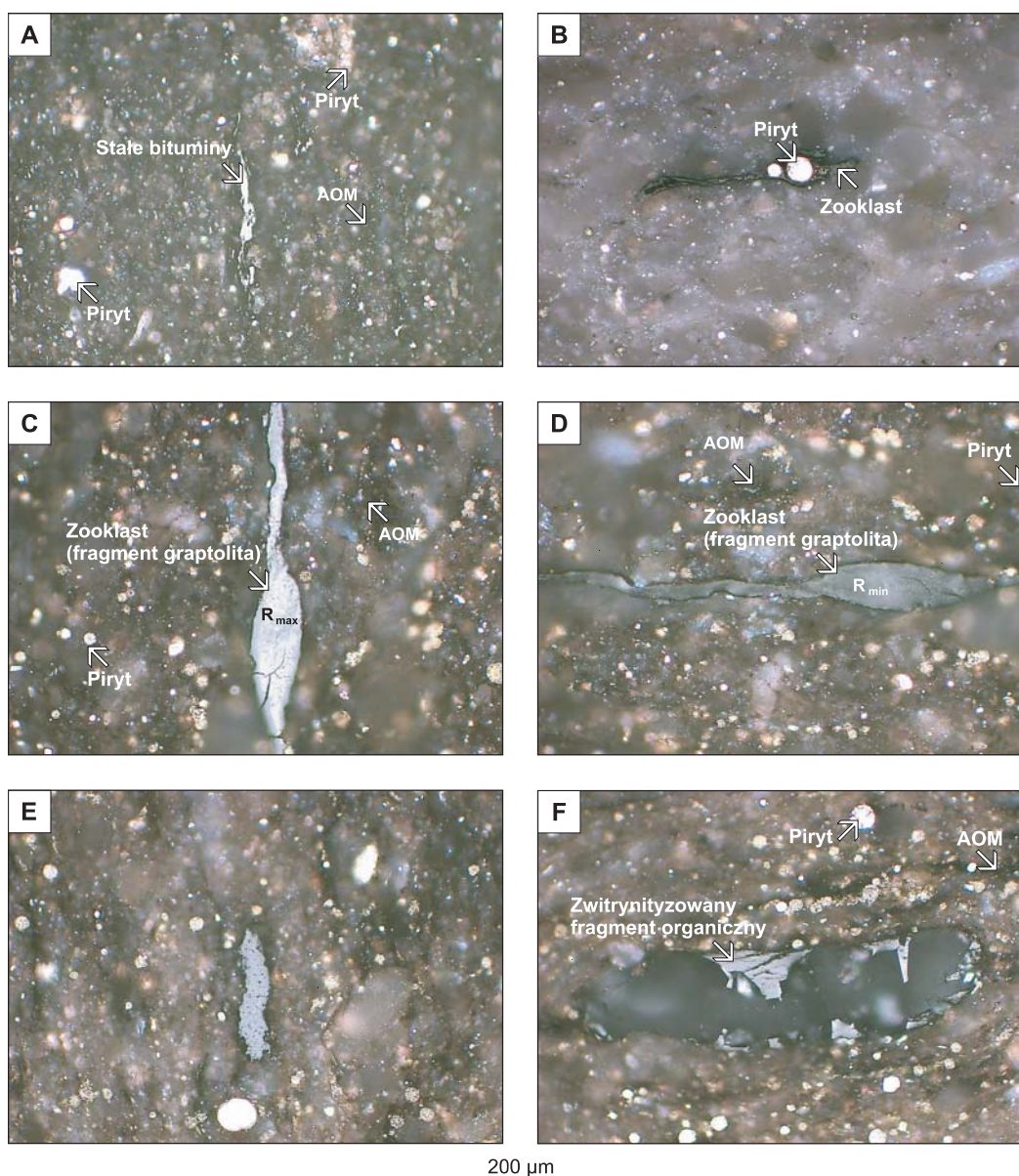


Fig. 49. Materia organiczna w utworach ordowiku i syluru

A – ordowik, tremadok, głęb. 4445,5 m; światło białe, imersja; B – ordowik, karadok, głęb. 4391,0 m; światło białe, imersja; C – sylur, ludlow, głęb. 4115,0 m; światło niebieskie, imersja; D – sylur, ludlow, głęb. 4115,0 m; światło białe, imersja; E – sylur, przydol, głęb. 3797,5 m; światło białe, imersja; F – sylur, przydol, głęb. 3132,0 m; światło białe, imersja; AOM – asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego

Organic matter in the Ordovician and Silurian deposits

A – Ordovician, Tremadocian, depth 4445.5 m; white light, imersion; B – Ordovician, Caradoc, depth 4391.0 m; white light, imersion; C – Silurian, Ludlow, depth 4115.0 m; blue light, imersion; D – Silurian, Ludlow, depth 4115.0 m; white light, imersion; E – Silurian, Pridoli, depth 3797.5 m; white light, imersion; F – Silurian, Pridoli, depth 3132.0 m; white light, imersion; AOM – organo-mineral association bitumine type

Sylur

Utwory syluru przeanalizowane w interwale głębokości 3132,0–4318,0 m są reprezentowane przez osady ilaro-mułowcowe wenloku, ludlowu oraz przydolu (tab. 24). Badane próbki utworów wenloku i ludlowu zawierają niezbyt liczny (wenlok – 1 próbka) oraz dość liczny (ludlow – 2 próbki) materiał organiczny reprezentowany przez asocjację organiczno-mineralną typu bitumicznego. Stanowi ona 25 do 62% planimetrycznej powierzchni próbki tworząc podstawową

masę skalną, laminy lub soczewkowane i gniazdowe skupienia. Współwystępuje z nią często homogeniczny bitumin (38–70%) mający najczęściej postać drobnych ziaren o wielkości kilka – kilkanaście mikrometrów, rzadziej cienkich pasemek czy soczewek o grubości do 20 µm, ułożonych horyzontalnie.

Powszechnie obserwuje się występowanie zooklastów reprezentowanych głównie przez zróżnicowanej wielkości fragmenty graptolitów zarówno in situ jak i redeponowanych oraz maceiałów inertnych, do których zaliczane są mikrynyty, makrynyty oraz sfuzynytyzowane fragmenty organiczne (fig. 49C, D).

Tabela 25

Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej w utworach karbonu
 Microscopical analysis of the organic matter dispersed in the Carboniferous sediments

| Głębokość [m] | Stratygrafia | Litologia | Witrynit | Inertynit | Liptynit | AOM | R_O [%] | R_O red [%] |
|---------------|--------------|-----------|----------|-----------|----------|-----|-----------|---------------|
| 1468,6 | Cv | iłc | 64 | 12 | 6 | 16 | 0,83 | 1,23 |
| 1490,6 | Cv | iłc | 70 | 16 | 4 | 10 | 1,00 | 1,29 |
| 1507,3 | Cv | iłc | 74 | 20 | 1 | 5 | 1,20 | – |

Cv – karbon, wizen; inne objaśnienia pod tabelą 24;

Cv – Carboniferous, Visean; for other explanations see Table 24

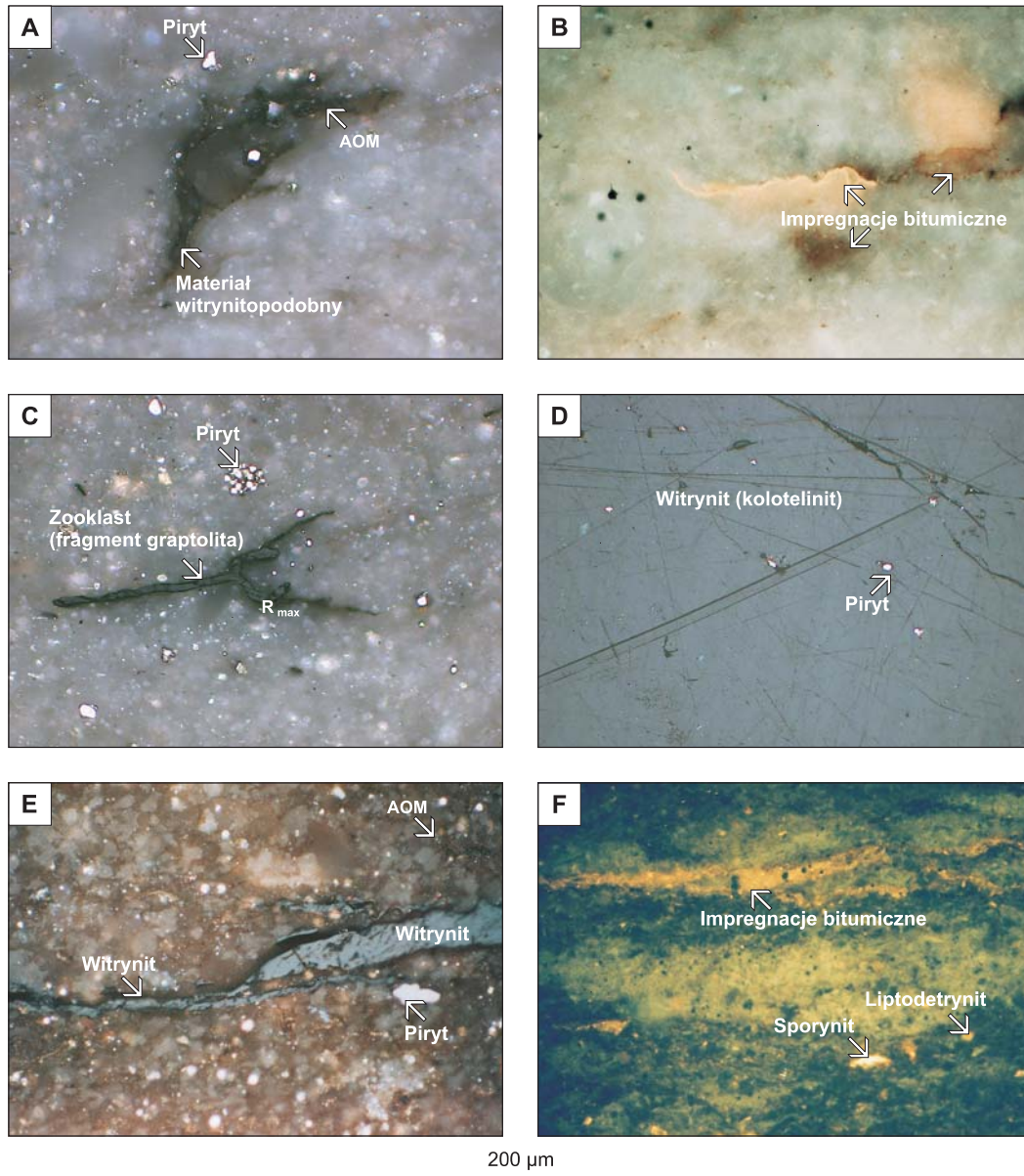


Fig. 50. Materia organiczna w utworach dewonu i karbonu

A – dewon dolny, głęb. 2759,2 m; światło białe, imersja; **B** – dewon dolny, głęb. 1821,0 m; światło niebieskie, imersja; **C** – dewon dolny, głęb. 2611,8 m; światło białe, imersja; **D** – karbon, wizen, głęb. 1490,6 m; światło białe, imersja; **E** – karbon, wizen, głęb. 1507,3 m; światło białe, imersja; **F** – karbon, wizen, głęb. 1507,3 m; światło niebieskie, imersja; AOM – asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego

Organic matter in the Devonian and Carboniferous deposits

A – Lower Devonian, depth 2759.2 m; white light, imersion; **B** – Lower Devonian, depth 1821.0 m; blue light, imersion; **C** – Lower Devonian, depth 2611.8 m; white light, imersion; **D** – Carboniferous, Visean, depth 1490.6 m; white light, imersion; **E** – Carboniferous, Visean, depth 1507.3 m; white light, imersion; **F** – Carboniferous, Visean, depth 1507.3 m; blue light, imersion; AOM – organo-mineral association bitumene type

Kompleks osadów najwyższego syluru przeanalizowany w 8 próbkach łupków i łożców zawiera niezbyt bogaty materiał organiczny, którego ilość zmniejsza się wyraźnie ku stropowi kompleksu. Najliczniej występuje on w interwale głębokości 3536,8–3797,5 m. Substancja organiczna w osadach przydolu reprezentowana jest, podobnie jak w utworach starszych, przez asocjacje organiczno-mineralną typu bitumicznego (13–76%). Tworzy ona w osadzie masę podstawową lub smużyste, soczewkowate i gniazdowe skupienia. Związany jest z nią genetycznie homogeniczny bitumin, który występuje najczęściej w postaci drobnych ziaren (3–8 μm) oraz materiał organiczny o cechach optycznych wityrytu zbudowany z graptolitów oraz innych zwitrynityzowanych szczątków organizmów w tym także łożowych. Mają one najczęściej formę wydłużonych soczewek i pasemek o grubości nie przekraczającej 20 μm . Dość powszechnie (2–10%) zaznacza się obecność macerałów inertnych, których znaczną część stanowią sfuzynityzowane fragmenty organiczne (fig. 49E, F).

Dewon

Analizowane, w interwale głębokości 1582,1–2970,7 m utwory węglanowe oraz piaszczyste dewonu dolnego (10 próbek) są ubogie i bardzo ubogie w materię organiczną. Podstawowym jej składnikiem jest materiał wityrytopodobny (stałe bituminy i zooklasty) stanowiący 70–96% planimetrowanej powierzchni próbki (tab. 25). Występuje on w formie detry-

tycznej jako drobne ziarna, soczewki czy ostrokrawędziste okruchy. Stałe bituminy wypełniają często wolne przestrzenie w skale. Lokalnie obserwuje się obecność impregnacji bitumicznych (fig. 50A–C). Powszechna w starszych osadach asocjacja organiczno-mineralna jest zdecydowanie słabiej reprezentowana, stanowiąc 0–20% a jedynie w próbce z głębokości 2926,9 m osiąga 79%.

Względna zawartość macerałów grupy inertynitu wynosi 0–13%, a reprezentowane są one przez okruchy inertodetrynitów oraz sfuzynityzowane fragmenty organiczne.

Karbon

Utwory karbonu (wizenu) przeanalizowane w 3 próbkach łożców zawierają niezbyt bogaty, jak na osady karbońskie, materiał organiczny, głównie typu humusowego. Macerały grupy wityrytu stanowią około 70% materii organicznej w skale (tab. 25). Ich głównym składnikiem jest kolotelinit występujący w postaci laminek, żyłek lub soczewek o zmiennej wielkości od 3 do 35 μm . Towarzyszy im inertynit 15–25% oraz niewielka ilość asocjacji organiczno-mineralnej typu bitumicznego (5–15%). Lokalnie występują w osadzie wkładki węgliste zbudowane z kolotelinitu o grubości powyżej 500 μm . Materiał liptynitowy reprezentowany jest nielicznie (poniżej 5%) głównie przez sporynit, liptodetrynit oraz bardzo rzadko alginity. We fluorescencji obserwuje się ponadto impregnacje bitumiczne w kolorze pomarańczowo-brunatnym (fig. 50D–F).

DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA MATERII ORGANICZNEJ

Dojrzałość termiczną utworów ediakaru oraz kambru określono na podstawie pomiaru zdolności refleksyjnej syngenetycznych z osadem składników organicznych (bitumin i fytoklasty) pochodzących z 16 próbek skalnych (tab. 23; fig. 51–53).

Wyliczony wskaźnik średniej refleksyjności (% R_0) odzwierciedlający stopień dojrzałości termicznej materii organicznej zawartej w osadach zalegających w interwale głębokości 4494,0–5565,0 m zmienia się w dość szerokim zakresie od 2,80 do 3,94% R_0 wskazując na tzw. „przejrzałą fazę generacji węglowodorów”. Analizowany materiał wityrytopodobny charakteryzuje się silną anizotropią, a różnice pomiędzy wartością refleksyjną maksymalną i minimalną przekraczają często 1,5% (fig. 52).

Stopień przeobrażenia autogenicznej materii organicznej ordowiku zalegającej na głębokości 4340,0–4445,5 m jest bardzo wysoki, podobny do dojrzałości utworów środkowo-kambryjskich. Średnie, wyliczone wartości zdolności refleksyjnej materiału wityrytopodobnego oraz zooklastów wynoszą 2,70–2,80% R_0 wskazując na przejrzałą fazę generowania węglowodorów (tab. 24; fig. 51).

Równie wysokie wartości refleksyjne charakteryzują autogeniczny materiał wityrytopodobny z utworów syluru (wenlok, ludlow oraz przydół poniżej głębokości 3536,8 m).

Średnia wielkość współczynnika R_0 zmienia się w granicach 2,25–2,80% odpowiadając przejrzalej fazie generowania węglowodorów. Ku stropowi kompleksu sylurskiego doj-

rzałość termiczna osadów przydolu wyraźnie się zmniejsza. Zdolność refleksyjna pomierzona na stałych bituminach i fragmentami graptolitów z głębokości 3132–3412,8 m wynosi średnio 1,60–1,87% wskazując na główną fazę generowania gazów (tab. 24; fig. 51, 54).

Podobnie jak w przypadku materiału organicznego ediakaru i kambru, materia organiczna ordowiku i syluru wykazuje silną anizotropię (fig. 49C–D) w związku z czym średnia wartość refleksyjna wyliczana jest ze wzoru ($2R_{\text{max}} + R_{\text{min}}/3$) (Hevia, Virgos, 1977).

Materia organiczna rozproszona w utworach dewonu dolnego wykazuje dalszy spadek stopnia przeobrażenia termicznego. Średnia wartość refleksyjna syngenetycznego z osadem materiału wityrytopodobnego zmienia się w interwale głębokości 1582,1–2970,7 m, w granicach 1,23–1,63% R_0 . Ten zakres współczynnika refleksyjności odpowiada późnej fazie generowania ropy naftowej po główną fazę generowania gazów (tab. 25; fig. 51, 55).

Dojrzałość termiczna karbońskich (wizeńskich) utworów przeprowadzona na najbardziej reprezentatywnym materiale organicznym (wityryt in situ) w niewielkim przedziale głębokości 1468,6–1507,3 m odpowiada głównej fazie generowania ropy naftowej przy refleksyjności zmieniającej się w szerokim (jak na niewielki przedział głębokości 1468,6–1507,3 m) zakresie od 0,83 do 1,20% R_0 (tab. 25; fig. 51, 56)

Analizując rozkład średnich wartości refleksyjnych w profilu pionowym badanego kompleksu osadów obserwuje się

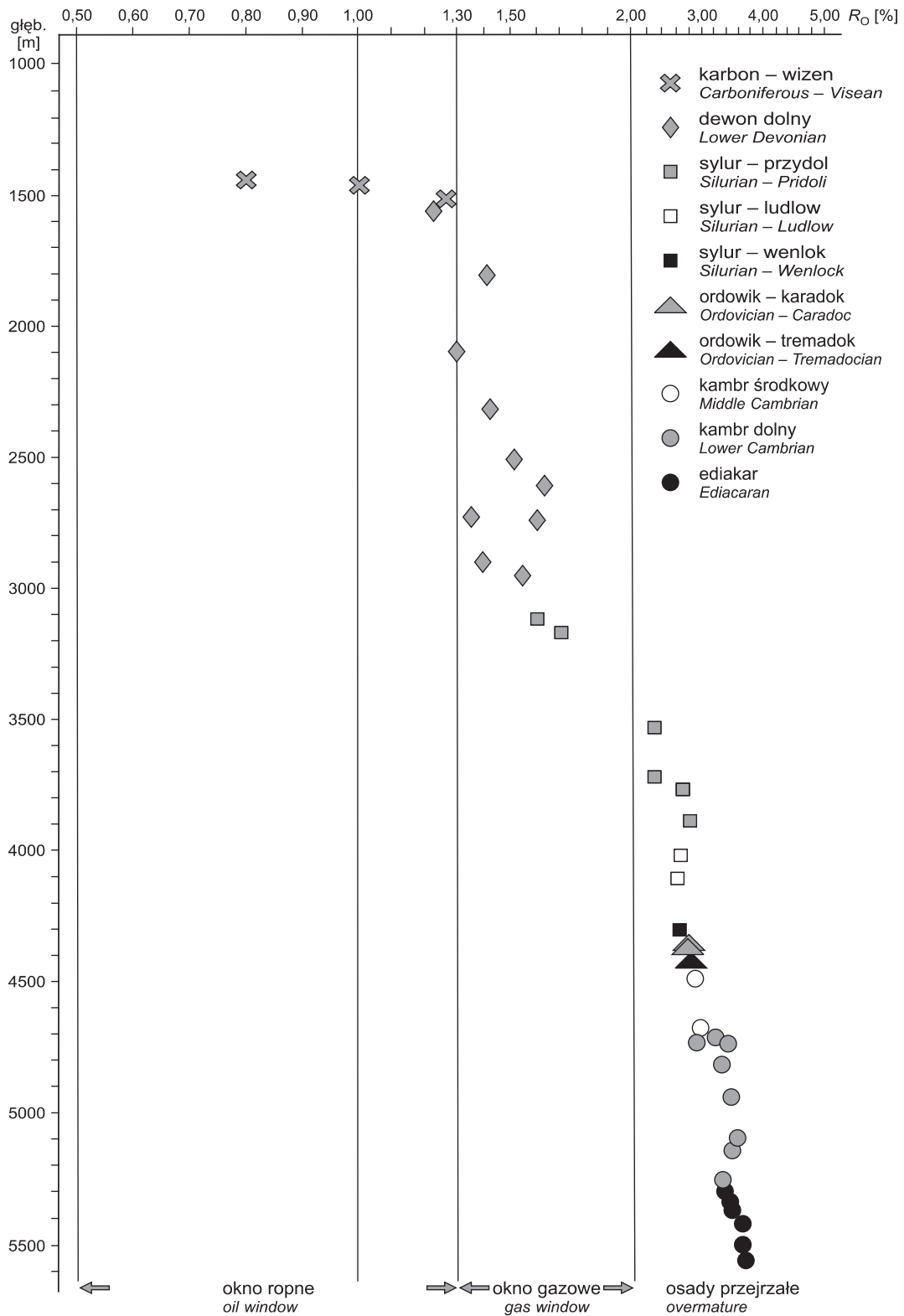


Fig. 51. Zmienność stopnia dojrzałości materii organicznej w profilu osadów z otworu wiertniczego Łopiennik IG 1

Values of vitrinite reflectance index versus depth in the profile sediments from Łopiennik IG 1 borehole

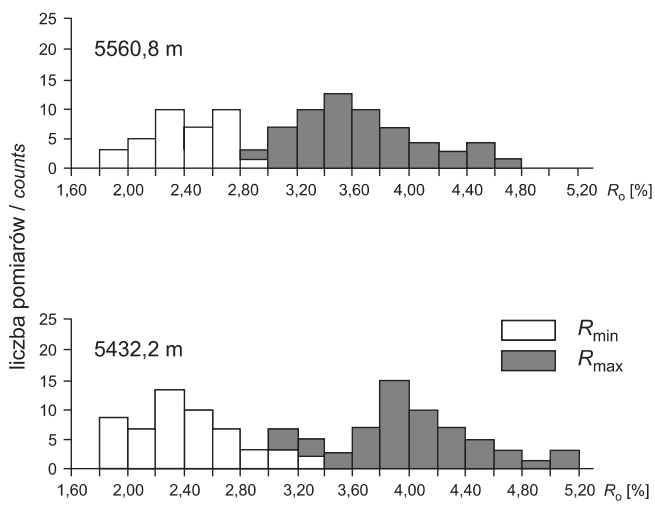


Fig. 52. Rozkład wartości współczynnika refleksyjności minimalnej (R_{min}) i maksymalnej (R_{max})

Distribution of reflectivity (R_{min}) and (R_{max}) index value

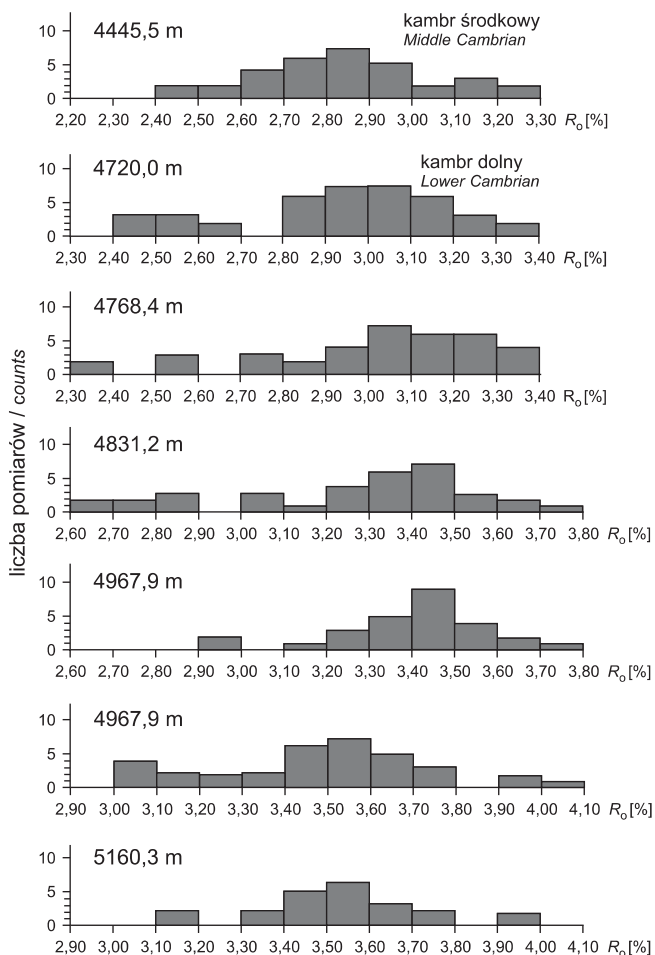


Fig. 53. Reflektogramy materiału wityrynitopodobnego z utworów kambru

Reflectograms of vitrinite-like material from Cambrian sediments

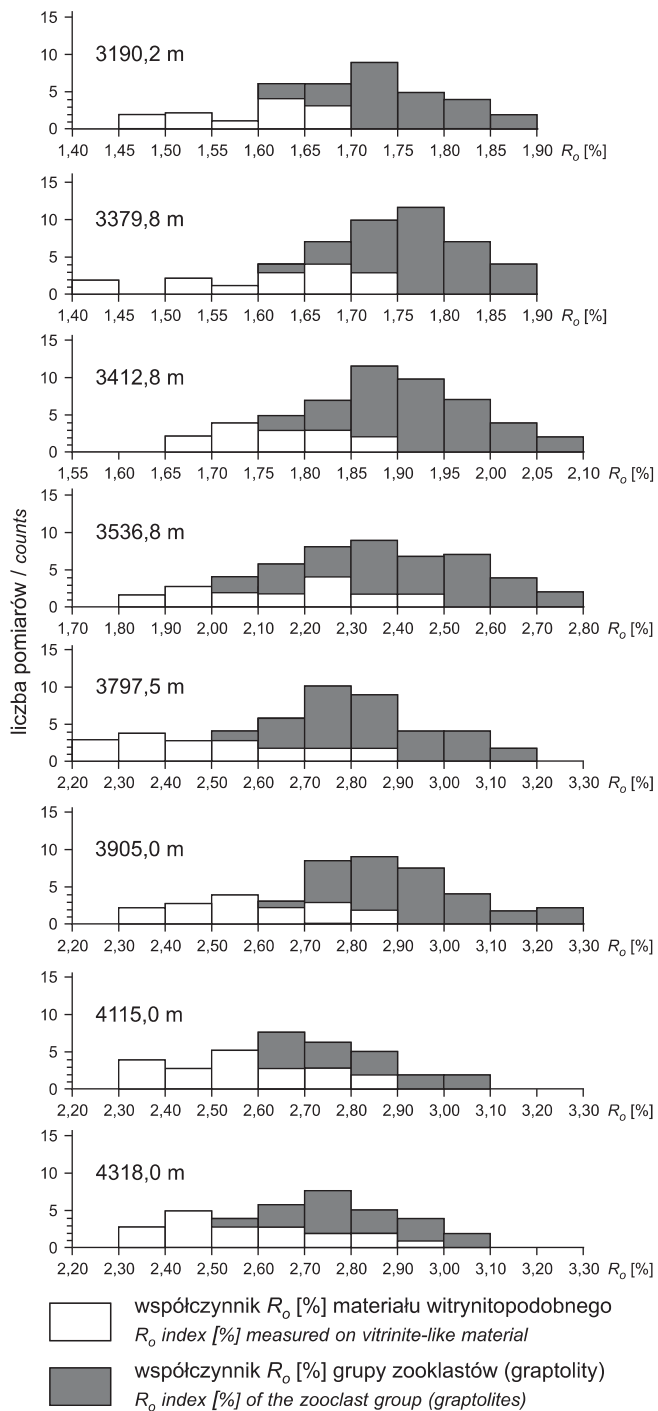


Fig. 54. Reflektogramy materiału wityrynitopodobnego z utworów syluru

Reflectograms of vitrinite-like material from Silurian sediments

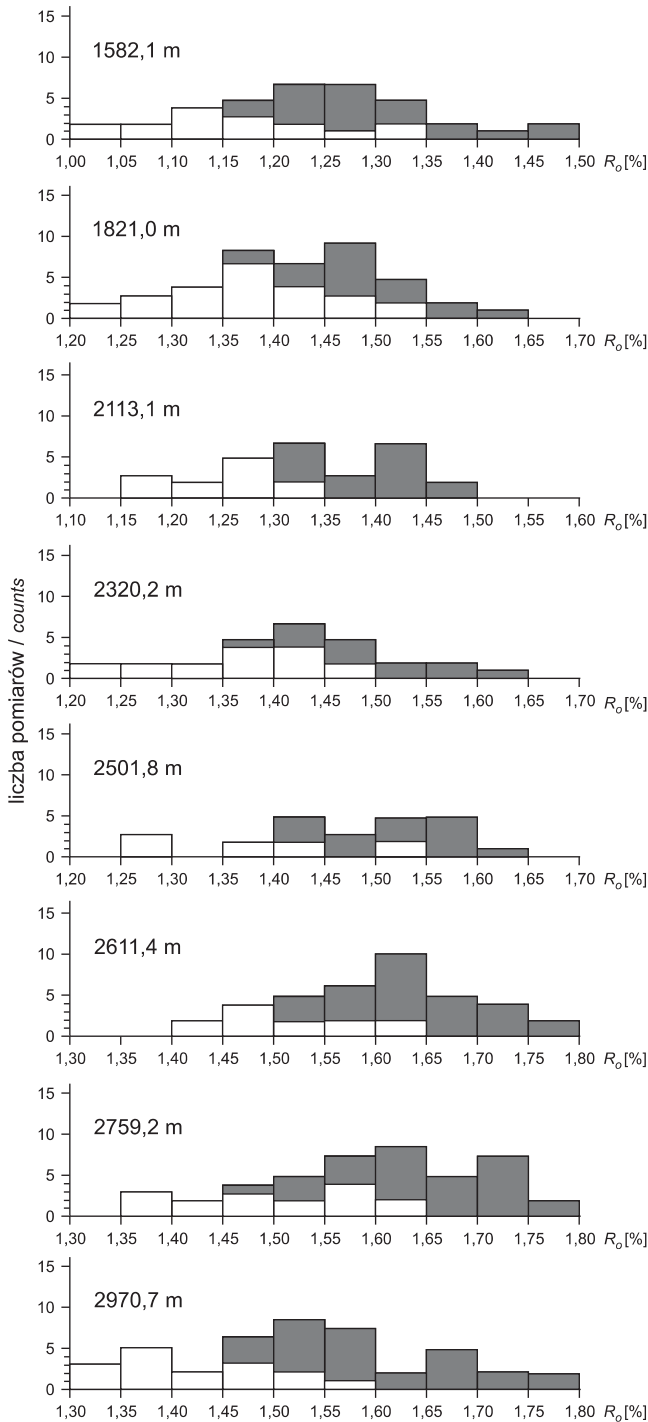


Fig. 55. Reflektogramy materiału wityrynitopodobnego z utworów dewonu dolnego

Reflectograms of vitrinite-like material from Lower Devonian sediments

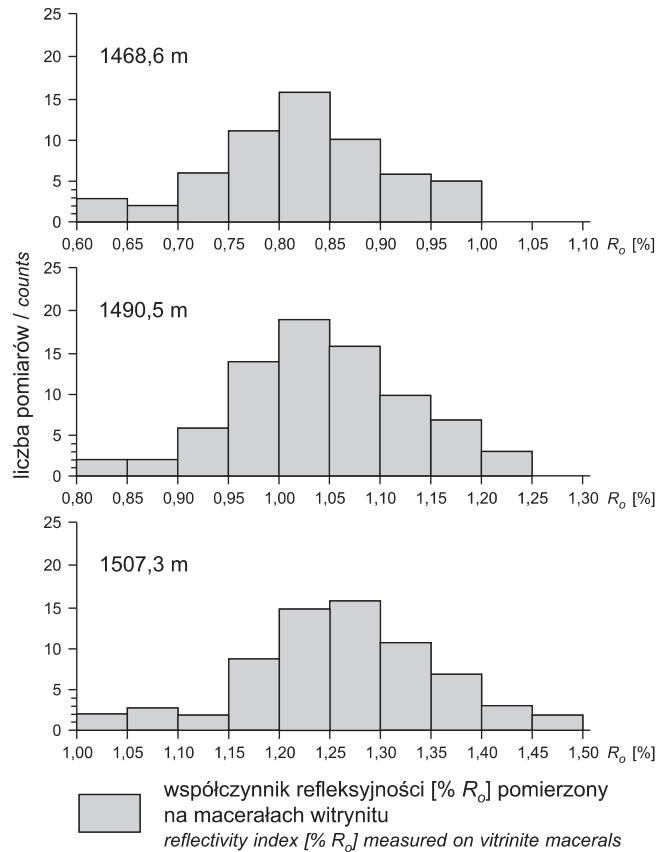


Fig. 56. Reflektogramy wityrynit z utworów karbonu (wizenu)

Reflectograms of vitrinite from Carboniferous (Visean) sediments

wyraźny i dość regularny wzrost stopnia przeobrażenia materii organicznej wraz z głębokością pograżenia od 0,83% na głębokości 1468,6 m do 3,94% R_o na głębokości 5565,0 m. Wartości te odzwierciedlają w znacznym stopniu warunki termiczne (maksymalne paleotemperature) oddziaływujące na

badany osad w czasie jego diagenety. Zmieniały się one najprawdopodobniej od 200–300°C w utworach prekambry i dolnego paleozoiku po 100–140°C w utworach karbonu (Bostic, 1973; Gaupp, Batten, 1985).

Ewa KLIMUSZKO

GEOCHEMIA MATERII ORGANICZNEJ UTWORÓW PALEOZOIKU

Podstawowe badania geochemiczne materii organicznej w otworze Łopiennik IG 1 były przeprowadzone dla utworów paleozoiku.

Badania biomarkerów określające typ genetyczny, stopień przeobrażenia i środowisko depozycji materii organicznej w rozszerzonym zakresie przeprowadzone były jedynie dla związków wydzielonych z utworów dewonu dolnego i syluru.

ILOŚĆ OZNACZONEJ MATERII ORGANICZNEJ

W utworach kambru dolnego w otworze Łopiennik IG 1 zawartość węgla organicznego jest śladowa. Bardzo mała jest też w tych utworach ilość bituminów, które mają stosunkowo duży udział węglowodorów. W węglowodorach ilościowo przeważają węglowodory aromatyczne nad nasyconymi (tab. 26; fig. 57). Uwzględniając układ danych geochemicznych można przypuszczać, że składniki labilne obecne w tych utworach są pozostałością po wygenerowaniu węglowodorów i ich wymigrowaniu.

W profilu utworów kambru środkowego zawartość węgla organicznego jest generalnie niska ale zróżnicowana, gdyż w spągu węgiel organiczny jest w śladowej ilości, natomiast w stropie jest go nieznacznie więcej (fig. 57). Zawartość bituminów w tych utworach jest także bardzo mała (tab. 26). Udział w nich węglowodorów jest mniejszy niż w utworach kambru dolnego, a stosunek węglowodorów nasyconych do aromatycznych odmienny (fig. 58).

Generalnie należy przyjąć, że utwory kambru w tym otworze są „biednymi” skałami macierzystymi dla generowania węglowodorów.

W utworach ordowiku niewielka ilość całkowitego węgla organicznego zmniejsza się ku stropowi osadów wynosząc od 0,30% w utworach tremadoku do 0,10% w utworach aszgilu (tab. 26; fig. 57). Zawartość bituminów w tych utworach jest bardzo mała, a udział w nich węglowodorów jest zróżnicowany. W składzie węglowodorów ilościowo przeważają węglowodory nasycone nad węglowodorami aromatycznymi (fig. 58). Wartość współczynnika migracji (tzn. stosunek zawartości węglowodorów występujących w skałach do ilości węgla organicznego obecnego w danych skałach wg Gondek, 1980) pozwala przypuszczać, że ta niewielka ilość bituminów jest syngenetyczna z osadem (tab. 26).

W profilu utworów syluru oznaczona ilość węgla wynosi powyżej 1%, w utworach wenloku co pozwala stwierdzić, że są to „dobre” skały macierzyste. Zawartość węgla organicznego oznaczona w utworach ludlowu i przydołu kwalifikuje te skały jako „słabe” skały macierzyste dla tworzenia się węglowodorów

(tab. 26; fig. 57). Oznaczenia zawartości węgla organicznego w profilu otworu pozwalają stwierdzić, że wyższa jego zawartość generalnie występuje w spągu osadów, a w kierunku stropu następuje wyraźne zubożenie skał w materię organiczną. Zawartość składników labilnych występujących w utworach syluru jest zróżnicowana waha się od 0,005% w dolnych partiach utworów do 0,029% w części stropowej profilu. Zróżnicowany jest również udział węglowodorów w tych bituminach. W składzie węglowodorów nasycone przeważają nad aromatycznymi (tab. 26; fig. 58).

W profilu otworu średnia zawartość całkowitego węgla organicznego (Corg.) w utworach dewonu dolnego jest niska od 0,09 do 0,21%. Mała jest też ilość bituminów występujących w tych utworach (tab. 26; fig. 57). W składzie bituminów dominują frakcje węglowodorowe w stosunku do ilości frakcji żywicy i asfaltenów. W górnej partii utworów występują bituminy, które mają charakter epigenetycznych, o czym świadczy ich wysoka wartość współczynnika migracji (Gondek, 1980) (tab. 26).

Utwory karbonu dolnego (wizenu) zawierają średnio około 1,00% węgla organicznego, co pozwala określić je jako „dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodorów. Ilość węgla organicznego występuje nierównomierne w kompleksie skalnym. Niska jest zawartość węgla organicznego w spągu utworów natomiast w stropowych odcinkach oprócz wyższej zawartości pojawiają się również wkładki węgliste. Ilość bituminów wydzielonych z tych utworów nie jest bardzo duża, a udział węglowodorów w tych bituminach jest niewielki. Stosunek węglowodorów nasyconych do aromatycznych jest zmienny (tab. 26; fig. 58). Bardzo duża ilość bituminów została wydzielona z wkładki węglistej, a w ich składzie procentowo dominują żywice i asfalteny w stosunku do bardzo małej ilości węglowodorów (tab. 26; fig. 58).

Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego dla tych skał pozwala sądzić, że osadzały się one w środowisku redukcyjnym (tab. 26).

Tabela 26

Dane geochemiczne dla materii organiczej

Geochemical data for the organic matter

| Głębokość [m] | Stratygrafia | Litologia | Zawartość % bituminów | Zawartość % Corg | Eh mV | Zawartość % węglowodorów w bituminach | Zawartość % węglowodorów w skale | Zawartość % węglowodorów nasyconych w węglowodorach | Zawartość % węglowodorów aromatycznych w węglowodorach | Zawartość % żywic i asfaltów | Współczynnik migracji |
|---------------|-----------------|-----------|-----------------------|------------------|-------|---------------------------------------|----------------------------------|---|--|------------------------------|-----------------------|
| 1489,5 | Cv | ILC | 0,044 | 1,80 | 625 | 37,0 | 0,016 | 18,0 | 19,0 | 63,0 | 0,009 |
| 1490,5 | | ILC | 0,039 | 0,90 | 638 | 28,0 | 0,011 | 8,0 | 20,0 | 72,0 | 0,012 |
| 1494,6 | | WKL. W | 3,510 | 40,10 | – | 12,0 | 0,421 | 4,0 | 8,0 | 88,0 | – |
| 1494,7 | | PSC | 0,036 | 1,20 | 641 | 27,0 | 0,010 | 7,0 | 20,0 | 73,0 | 0,008 |
| 1505,7 | | PSC | 0,016 | 0,50 | 627 | 34,0 | 0,012 | 16,0 | 18,0 | 66,0 | 0,024 |
| 1507,3 | | ILC | 0,014 | 0,50 | 605 | 15,0 | 0,002 | 9,0 | 6,0 | 85,0 | 0,004 |
| 2200,5 | D ₁ | MLC | 0,043 | 0,21 | – | 77,0 | 0,033 | 65,0 | 12,0 | 23,0 | 0,157 |
| 2501,9 | | ILC | 0,020 | 0,17 | – | – | – | – | – | – | – |
| 2678,2 | | ILC | 0,025 | 0,09 | – | – | – | – | – | – | – |
| 2802,5 | | ILC | 0,007 | 0,16 | – | – | – | – | – | – | – |
| 2970,2 | | ILC | 0,019 | 0,12 | – | – | – | – | – | – | – |
| 3286,2 | Spri | ILC | 0,029 | 0,37 | – | – | – | – | – | – | – |
| 3412,8 | | ILC | 0,006 | 0,30 | – | 30,0 | 0,002 | 21,0 | 9,0 | 70,0 | 0,007 |
| 3479,3 | | ILC | 0,018 | 0,50 | – | 67,0 | 0,012 | 52,0 | 15,0 | 33,0 | 0,024 |
| 3722,5 | | ILC | 0,005 | 0,71 | – | – | – | – | – | – | – |
| 3797,6 | | ILC | 0,003 | 0,46 | – | – | – | – | – | – | – |
| 4112,4 | Sld | ILC | 0,004 | 0,53 | – | – | – | – | – | – | – |
| 4115,0 | | ILC | 0,004 | 0,80 | – | 37,0 | 0,001 | 29,0 | 8,0 | 63,0 | 0,001 |
| 4259,5 | | ILC | 0,009 | 0,54 | – | 55,0 | 0,005 | 45,0 | 10,0 | 45,0 | 0,009 |
| 4312,1 | Sw | ILC | 0,005 | 1,80 | – | 30,0 | 0,002 | 25,0 | 5,0 | 70,0 | 0,001 |
| 4318,0 | | ILC | 0,006 | 1,40 | – | 46,0 | 0,003 | 40,0 | 6,0 | 54,0 | 0,030 |
| 4340,0 | Oa | MRL | 0,005 | 0,10 | – | 39,0 | 0,002 | 28,0 | 11,0 | 61,0 | 0,020 |
| 4365,0 | Ok | ILC | 0,004 | 0,17 | – | – | – | – | – | – | – |
| 4391,0 | | ILC | 0,004 | 0,20 | – | 65,0 | 0,003 | 44,0 | 21,0 | 35,0 | 0,015 |
| 4422,8 | Ot | ILC | 0,004 | 0,26 | – | 55,0 | 0,002 | 39,0 | 16,0 | 45,0 | – |
| 4445,5 | | ILC | 0,007 | 0,30 | – | – | – | – | – | – | – |
| 4494,5 | Cm ₂ | ILC | 0,004 | 0,20 | – | 36,0 | 0,001 | 28,0 | 8,0 | 64,0 | 0,005 |
| 4720,0 | | IL+PS | 0,005 | 0,01 | – | 53,0 | 0,003 | 30,0 | 23,0 | 47,0 | 0,300 |
| 4823,5 | Cm ₁ | MLC | 0,004 | 0,01 | – | 70,0 | 0,003 | 20,0 | 50,0 | 30,0 | 0,300 |
| 5293,0 | | MLC | 0,007 | 0,01 | – | 55,0 | 0,004 | 17,0 | 38,0 | 45,0 | 0,400 |

Litologia: PSC – piaskowce, MLC – mułowce, ILC – iłowce, IL+PS – iłowce i piaskowce, MRL – margle, WKL. W – wkładka węglista

Lithology: PSC – sandstone, MLC – mudstone, ILC – claystone, IL+PS – claystone and sandstone, MRL – marl, WKL. W – shed coal

Fig. 57. Zawartość procentowa węgla organicznego w utworach wczesnego paleozoiku w zależności od głębokości. Ocena macierzystości skał według Petersa (1986)

TOC content in The Lower Paleozoic sediments versus depth. Assessment of quality source rocks after Peters (1986)

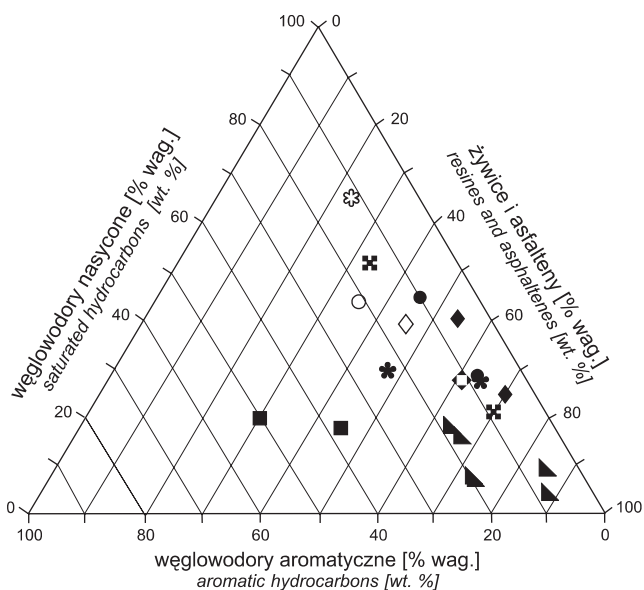
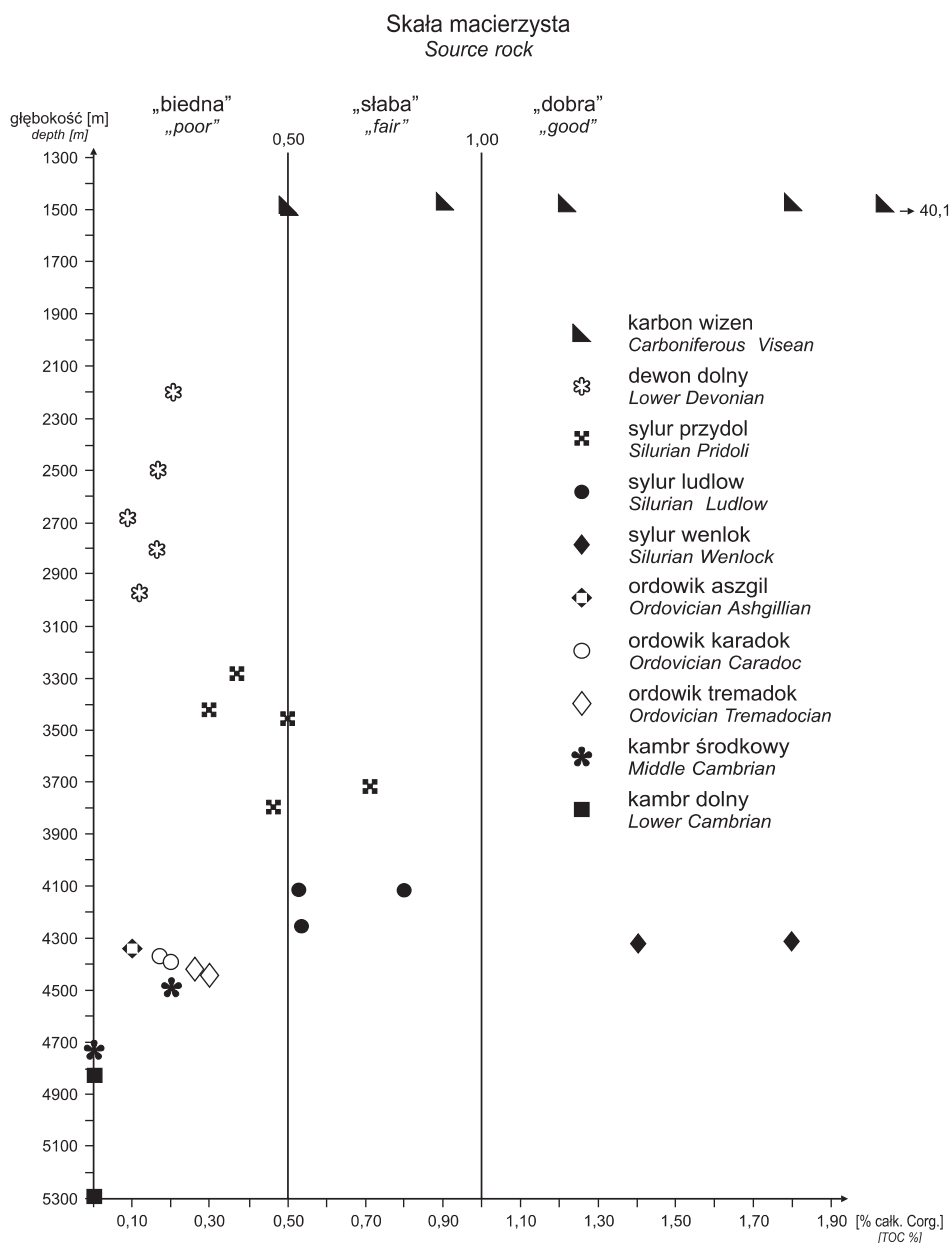


Fig. 58. Diagram trójkątny składu grupowego bituminów z utworów paleozoiku

Triangular diagram showing proportions of the fractions of saturated hydrocarbons, aromatics hydrocarbons and asphaltenes or reins in the bitumens extracted from the Paleozoic sediments



ŚRODOWISKO DEPOZYCJI MATERII ORGANICZNEJ, JEJ TYP GENETYCZNY I STOPIEŃ DOJRZAŁOŚCI

Materia organiczna w utworach syluru w otworze Łopiennik IG 1 wykazuje cechy substancji typu sapropelowego. W skład n-alkanów wchodzi głównie związki o krótkich łańcuchach węglowych, a maksymalną zawartość osiąga związek n-C₁₇. Cząsteczki o długich łańcuchach węglowych zawierające więcej niż 25 węgli w łańcuchu występują w ilości śladowej. Wartość wskaźników CPI_{Tot}, CPI₁₇₋₂₃ i CPI₂₅₋₃₁ odwzorowujących stopień przeobrażenia materii organicznej wskazuje, że jest ona przeobrażona. Wartość CPI_{Tot} waha się od 0,91 do 0,99, co sugeruje znaczny udział związków o parzystej liczbie węgli w cząsteczce pochodzących z rozpadu sinicy i bakterii (Maliński, Witkowski, 1988); (tab. 27; fig. 59, 60). Stosunek ilości węglowodoru izoprenoidowego i-C₁₉ do ilości alkanu n-C₁₇, który pozwala określić warunki sedimentacji w danym przypadku sugeruje, że związek n-C₁₇ mógł ulec biodegradacji. Badania związków z grupy węglowodorów nasyconych dotyczące biodegradacji wykazały, że najłatwiej ulegają zniszczeniu n-alkany (Seifert, Moldowan, 1979).

Źródło znacznej ilości pristanu w materii organicznej może pochodzić z rozkładu zooplanktonu, jak również może

być związana z obecnością w osadzie tokoferoli, związków organicznych syntetyzowanych przez rośliny (Prahl i in., 1980). Możliwość pochodzenia pristanu z różnych źródeł utrudnia interpretację warunków osadzania się pierwotnej materii organicznej.

Dystrybucja biomarkerów z grupy steranów w profilu utworów syluru wykazuje, że wśród oznaczonych związków najobficiej występuje C₂₇, czyli, że wyjściowa materia organiczna była pochodzenia morskiego; stwierdzono także obecność steranów C₂₈ i C₂₉ (tab. 28). Jedynie w spagu tych utworów (wenlok) stigmastan (C₂₉) ma niewielką ilościową przewagę nad steranem C₂₇ (cholestan). Stwierdzono, że w pewnych warunkach na drodze ewolucji następuje rozwój mikroorganizmów przetwarzających materię organiczną w kierunku przewagi steroli C₂₉ nad związkami C₂₇ i C₂₈. Wiąże się to prawdopodobnie z rozkładem organizmów takich jak morskie glony lub sinice (Fowler, Douglas, 1987).

Zaznacza się duży udział diasteranów w stosunku do steranów regularnych, co pozwala sądzić, że materia organiczna jest znacznie przeobrażona, a diagenetyka zachodziła w środowisku skał ilastych (Mello i in., 1988).

Tabela 27

Wskaźniki geochemiczne dla bituminów z paleozoicznych skał macierzystych

Geochemical indices for bitumens from the Paleozoic source rocks

| Stratygrafia | Głębokość [m] | Pr/Ph | Pr/n-C ₁₇ | Ph/n-C ₁₈ | CPI _{Tot} | CPI ₁₇₋₂₃ | CPI ₂₅₋₃₁ | n-C max |
|----------------|---------------|-------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------------------|
| D ₁ | 2200,5 | 1,51 | 0,89 | 0,57 | 0,91 | 0,88 | 1,09 | C ₁₈ ,C ₁₇ |
| Spri | 3479,3 | 2,21 | 1,45 | 1,17 | 0,99 | 1,02 | 1,02 | C ₁₇ |
| Sld | 4259,2 | 1,60 | 0,80 | 0,62 | 0,92 | 0,93 | 0,98 | C ₁₇ |
| Sw | 4312,1 | 1,75 | 1,26 | 0,98 | 0,91 | 0,91 | 0,99 | C ₁₇ |

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

Pr/n-C₁₇ – stosunek zawartości węglowodoru izoprenoidowego pristanu (Pr) do n-alkanu C₁₇ (n-C₁₇) w badanej próbce
pristane (Pr) to n-alkane C₁₇ (n-C₁₇) ratio

Ph/n-C₁₈ – stosunek zawartości węglowodoru izoprenoidowego fitanu (Ph) do n-alkanu C₁₈ (n-C₁₈) w badanej próbce
phytane (Ph) to n-alkane C₁₈ (n-C₁₈) ratio

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

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

CPI₁₇₋₂₃ – wartość współczynnika CPI wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 17 do 23 węgli wg Kotarby i in. (1994)
the value of coefficient CPI 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 wg Kotarby i in. (1994)
the value of coefficient CPI 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-Cmax – n-alkan z maksymalną zawartością
n-alkane maximum contents

Stratygrafia: D₁ – dewon dolny (ems), Spri – sylur przydol, Sld – sylur ludlow, Sw – sylur wenlok

Stratigraphy: D₁ – Lower Devonian (Emsian), Spri – Silurian Pridol, Sld – Silurian Ludlow, Sw – Silurian Wenlock

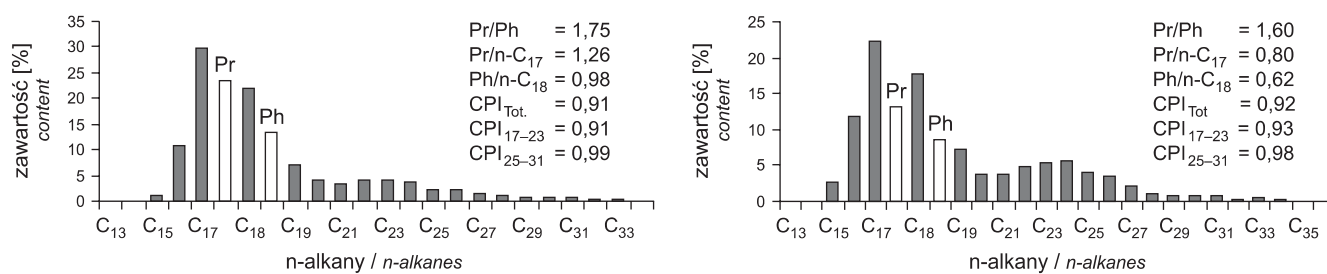


Fig. 59. Dystrybucja n-alkanów i izoprenoidów w osadach syluru (wenlok i ludlow)

Distribution of n-alkanes and isoprenoides in the Silurian (Wenlock and Ludlow) deposits

Sylurski kompleks skalny zawiera w grupie triterpanów głównie związki pentacykliczne. W spągu (wenlok) i stropie (przydol) osadów jako dominujący związek występuje hopan C₃₀H, a w centralnej partii osadów (ludlow) zaznacza się niewielka przewaga ilościowa związku C₂₉H (17 α 21 β -norhopan), co sugeruje wpływ sedimentacji węglanowej. Zaobserwowane zmniejszanie zawartości związków z szeregu homohopanów C₃₁–C₃₅ sugeruje, że materia organiczna osadzała się w facji skał klastycznych (Peters, Moldowan, 1993). Tricykliczne terpany w tych utworach obecne są w małych ilościach, a maksymalną zawartością wyróżnia się związek C₂₃T. Wartość wskaźnika Ts/(Ts+Tm) jest dość wysoka sugerująca niski stopień przeobrażenia materii organicznej co jest sprzeczne z innymi wskaźnikami dojrzałości biomarkerów (tab. 28). Seifert i Moldowan (1978) badając zachowanie steraanów, terpanów i monoaromatów w procesie dojrzewania stwierdzili, że związek z grupy terpanów 17 α (H) – 22,29,30-trisnorhopan (Tm) jest mniej odporny na przeobrażenia niż związek 18 α (H) – 22,29,30-trisnorhopan II (Ts). Należy przypuszczać, że na wartość wskaźnika Ts/(Ts+Tm) miały wpływ warunki analityczne. Przedstawiane w literaturze przypadki potwierdzają że zachodzą przypadki zniekształcania danych w wyniku nakładania się związków w trakcie analizy chromatograficznej (Rullkotter, Wendisch, 1982). Nie stwierdzono występowania znacznej ilości moretanu w tych utworach (tab. 28), co świadczy o przeobrażeniu materii organicznej (Seifert, Moldowan, 1980).

Dystrybucja n-alkanów w utworach dewonu dolnego wykazała znaczną ilość związków o krótkich łańcuchach węglowych pochodzącą z rozkładu bakterii (C₁₈) i alg (C₁₇, C₁₉); (fig. 61).

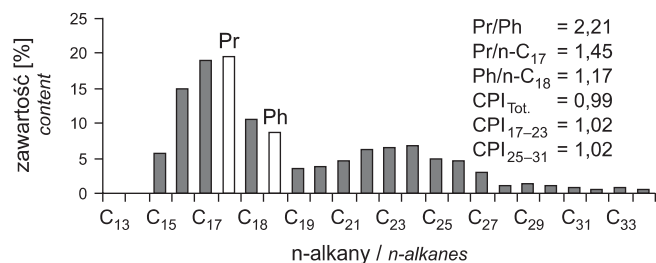


Fig. 60. Dystrybucja n-alkanów i izoprenoidów w osadach syluru (przydol)

Distribution of n-alkanes and isoprenoides in the Silurian (Pridoli) deposits

Warunki środowiska w jakich osadzała się materia organiczna w tych utworach były utleniające, co sugeruje wysoka wartość Pr/Ph = 1,51.

Didyk i inni badacze (1978), którzy opracowali wskaźniki geochemiczne służące do określenia warunków środowiska sedimentacji, stwierdzili, że stosunek pristan/n-heptadekan (n-C₁₇) wynoszący poniżej 0,5 występuje w osadach powstających w warunkach pełnego morza, natomiast stosunek wynoszący powyżej jedności sugeruje osadzanie się materii organicznej w środowisku bagiennym. W utworach emsu w profilu otworu Łopiennik IG 1 stosunek ilości pristanu do ilości n-alkanu C₁₇ wynosi 0,89 (tab. 27), co może świadczyć, że materia organiczna osadzała się w warunkach przejściowych między otwartym morzem, a zbiornikiem zamkniętym, przypuszczalnie w strefie brzeżnej basenu.

Wartość całkowitego współczynnika CPI (CPI_{Tot}) wynosząca 0,91 wskazuje, że w utworach dewonu dolnego, podobnie jak w utworach syluru, materia organiczna zawiera znaczną ilość n-alkanów o parzystej liczbie węgla w cząsteczce (tab. 27).

Dystrybucja terpanów w utworach dewonu dolnego (ems) wykazała przewagę związków pentacyklicznych (z grupy hopanów) nad związkami tricyklicznymi. W grupie hopanów zawartość C₂₉H (17 α 21 β -norhopan) przewyższa C₃₀H (17 α 21 β -hopan). Szereg homohopanów zachowuje tendencję malejącą od C₃₁ do C₃₅, co sugeruje, że sedimentacja wyjściowej materii organicznej następowała w facji skał klastycznych. Wyższa ilość norhopanu C₂₉H jest tłumaczona dopływem materiału terygenicznego do basenu sedimentacyjnego (Brooks, 1986). Udział materiału terygenicznego w materii organicznej potwierdza również obecność terpanu C₂₄TET, którego występowanie łączone jest z rozpadem roślin lądowych (tab. 28). Wśród tricyklicznych związków wydzielonych z materii organicznej rozproszonej w utworach emsu znaczącą ilość osiąga C₂₃T, pozostałe związki tej grupy występują w śladowych ilościach.

Stosunek związków 18 α (H) – 22,29,30-trisnorhopanu II (Ts) do 17 α (H) – 22,29,30-trisnorhopanu (Tm) – Ts/(Ts+Tm) świadczy, że materia organiczna jest przeobrażona (tab. 28). Moldowan i inni (1986) przeprowadzając badania dotyczące wskaźników dojrzałości materii organicznej zaobserwowali, że stosunek Ts/(Ts+Tm) jest zależny zarówno od dojrzałości jak i od źródła materii organicznej.

Tabela 28

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

Biomarkers triterpanes group(m/z 191) and steranes (m/z 217)
from organic matter in Lower Devonian and Silurian deposits

| Stratygrafia | Głębokość [m] | $T_s / (T_s + T_m)$ | $T / (T + P)$ | $C_{30}H / (C_{30}H + C_{29}H)$ | $C_{30}M / (C_{30}H + C_{30}M)$ | $C_{31}H22S / (22S + 22R)$ | $C_{24}TET / C_{23}T$ | $C_{31}H / (C_{31}H + C_{33}H)$ | Hopany/sterany | Diasterany/sterany reg. $C_{27}D / (C_{27}St + C_{27}D)$ | $C_{27}S / (C_{28}S / C_{29}S)$ [%] |
|----------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------|--|-------------------------------------|
| D ₁ | 2200,5 | 0,48 | 0,05 | 0,44 | 0,09 | 0,60 | 0,87 | 0,78 | 2,93 | 0,22 | 40,9/19,2/40,0 |
| Spri | 3479,3 | 0,43 | 0,11 | 0,57 | 0,07 | 0,60 | 0,93 | 0,76 | 3,73 | 0,34 | 42,7/22,8/34,5 |
| Sld | 4259,5 | 0,47 | 0,19 | 0,47 | 0,11 | 0,59 | 0,82 | 0,81 | 2,58 | 0,23 | 38,0/26,0/36,1 |
| Sw | 4312,1 | 0,33 | 0,21 | 0,50 | 0,06 | 0,58 | 0,45 | – | 4,32 | 0,24 | 35,2/23,8/40,9 |

$T_s / (T_s + T_m)$ – stosunek zawartości 22,29,30-trisnorhopanu-II (Ts) do sumy zawartości 22,29,30-trisnorhopanu-II (Ts) i 22,29,30-trisnorhopanu (Tm)
the ratio of the abundance 22,29,30-Trisnorhopane-II (Ts) to sum the abundances 22,29,30-Trisnorhopane-II (Ts) and 22,29,30-Trisnorhopane (Tm)

$T / (T + P)$ – stosunek zawartości związków trycyclicznych do sumy zawartości związków trycyclicznych i związków pentacyklicznych
the ratio of the abundance Tricyclic terpanes to sum of the abundances Tricyclic terpanes and Pentacyclic terpanes

$C_{30}H / (C_{30}H + C_{29}H)$ – stosunek zawartości 17 α 21 β (H)-hopanu do sumy zawartości hopanu i zawartości 17 α 21 β (H)30-norhopanu
the ratio of the abundance 17 α 21 β (H)-hopane to sum of the abundances 17 α 21 β (H)-hopane and 17 α 21 β (H)30-norhopane

$C_{30}M / (C_{30}H + C_{30}M)$ – 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
the ratio of the abundance 17 β 21 α (H)- moretane to sum of the abundances 17 α 21 β (H) hopane and 17 β 21 α (H)-moretane

$C_{31}H22S / (22S + 22R)$ – stosunek zawartości 17 α 21 β (H)-homohopanu – epimeru 22S do sumy zawartości 17 α 21 β (H)-homohopanu – epimerów 22S i 22R
the ratio of the abundance 17 α 21 β (H)-homohopane – epimer 22S to sum the abundances 17 α 21 β (H) homohopane – epimer 22S + 22R

$C_{24}TET / C_{23}T$ – stosunek zawartości C₂₄ tetracyklicznego do zawartości C₂₃ trycyclicznego
the ratio of the abundances Tetracyclic (C₂₄) and Tricyclic (C₂₃)

$C_{31} / (C_{31} + C_{35})$ – stosunek zawartości 17 α 21 β (H)-homohopanu (epimer 22S + 22R) do sumy zawartości homohopanów C₃₁ i C₃₅
the ratio of the abundance of 17 α 21 β (H)-homohopane (epimer 22S + 22R) to sum of the abundances of homohopanes C₃₁ and C₃₅

Hopany/sterany – stosunek zawartości związków z grupy hopanów do zawartości związków z grupy steranów regularnych
the hopanes/regular steranes ratio

Diasterany/sterany reg. – stosunek zawartości diasteranów do zawartości steranów regularnych
the diasteranes/regular steranes ratio

$C_{27} / C_{28} / C_{29} S$ % – zawartość związków z grupy steranów
the abundances of regular steranes

Stratygrafia: D₁ – dewon dolny (ems); Spri – sylur przydol; Sld – sylur ludlow; Sw – sylur wenlok

Stratigraphy: D₁ – Lower Devonian (Emsian), Spri – Silurian Pridol, Sld – Silurian Ludlow, Sw – Silurian Wenlock

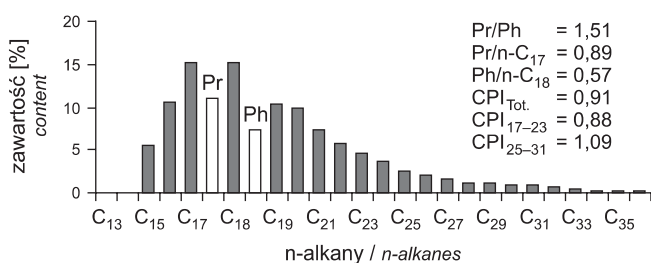


Fig. 61. Dystrybucja n-alkanów i izoprenoidów w osadach dewonu dolnego

Distribution of n-alkanes and isoprenoids
in the Lower Devonian deposits

Śladowa ilość związku 17 α 21 β (H)-moretanu mało odpornego na działanie termiczne podczas diagenety, który występuje w tej materii organicznej potwierdza, że jest ona dobrze przeobrażona (tab. 28).

Podsumowując przedstawione wyniki badań geochemicznych należy stwierdzić, że w profilu otworu Łopiennik IG 1 jedynie utwory dolnych partii syluru (wenloku) i karbonu (wizenu) zawierają ilość węgla organicznego pozwalającą uznać te skały za „dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodorów. Generalnie w utworach tych występuje nieduża ilość składników labilnych.

Materia organiczna w utworach syluru jak również w utworach dewonu dolnego jest typu sapropelowego i jest dobrze przeobrażona.

Antoni M. ŻELICHOWSKI, Jolanta PACZEŚNA

OBJAWY WĘGLOWODORÓW W PROFILU OTWORU WIERTNICZEGO ŁOPIENNIK IG 1

W trakcie wiercenia otworu Łopiennik IG 1 zanotowano następujące objawy węglowodorów w rdzeniach:

- fluorescencja zwiercin i rdzeni
2200,0–2207,0 dewon rdzeń i zwierciny
2290,0–2296,0 dewon rdzeń
2406,0–2408,0 dewon rdzeń
- ślady ropy naftowej w rdzeniu:
2200,0–2202,0 dewon przesylenie na odcinku 5,0 cm
2293,0–2297,8 dewon w szczelinach na rdzeniu
2406,0–2409,9 dewon jw.
4468,5–4477,5 kambr jw.
- solanka w rdzeniu:
4475,0–5350,0 kambr

Objawy węglowodorów w wyniku opróbowania

- solanka zgazowana:
2225,0–2124,0 dewon

Objawy węglowodorów w płucce – zawartość CH₄ według wskazań chromatografu (patrz również [tab. 29](#)):

| Głębokość | % CH ₄ | Stratygrafia |
|---------------|-------------------|--------------|
| 1020,0 | 0,20 | karbon |
| 1105,0 | 0,35 | |
| 1135,0 | 1,50 | |
| 1187,0 | 1,70 | |
| 1220,0 | 0,85 | |
| 1236,0 | 1,20 | |
| 1283,0 | 2,20 | |
| 1322,0 | 0,50 | |
| 1334,0 | 1,30 | |
| 1372,0 | 1,80 | |
| 1385,0 | 1,60 | |
| 1395,0 | 0,44 | |
| 1432,0 | 1,40 | |
| 1490,0 | 0,75 | |
| 2870,0 | 0,56 | dewon dolny |
| 3064,0 | 0,80 | sylur |
| 3122,0 | 0,30 | |
| 3140,0–3193,0 | 0,70–0,80 | |
| 3220,0 | 5,50 | |
| 3275,0–3315,0 | 2,90–3,90 | |
| 3315,0–3390,0 | 2,90–2,10 | |
| 3432,0 | 0,25 | |
| 3440,0 | 0,90 | |
| 3450,0 | 0,75 | |
| 3476,0 | 0,60 | |
| 3514,0 | 0,70 | |
| 3699,0 | 1,50 | |
| 3770,0–3945,0 | 0,20–2,50 | |
| 3965,0 | 2,50 | |
| 3987,0 | 0,96 | |
| 4120,0 | 0,30 | |
| 4128,0 | 2,80 | |
| 4132,0 | 2,60 | |
| 4167,0 | 1,80 | |
| 4187,0–4285,0 | 0,20–2,20 | |
| 4327,0 | 0,20 | |
| 4331,0 | 0,44 | |
| 4342,0 | 0,67 | |
| 4355,0–4382,0 | 0,20–2,20 | |
| 4431,0 | 0,44 | |
| 4445,0–4490,0 | 0,18–0,00 | |
| 4452,0 | 0,18 | |
| 4560,0 | 0,45 | |
| 4590,0–4715,0 | 0,13–0,78 | kambr |
| 5085,0 | 0,25 | |

Tabela 29

Wyniki analiz chromatograficznych
Results of chromatographical analysis

| Interwał głębokości [m] | Litologia | Wskazania chromatografu | Uwagi |
|-------------------------|--|---|---|
| 10–15 – 1500 | mułowce, iłowce, piaskowce, wapienie, wkładki węgla (ok. 1300) | max. 2,0% C ₁ , H ₂ , N ₂ | brak węglowodorów wyższych |
| 2860–2880 | iłowce, mułowce | max. 0,36% C ₁ , C ₂ , H ₂ , N ₂ | ponad 93% – C ₁ |
| 3210–3465 | mułowce, iłowce | max. 6,1% (3297,5) H ₂ , N ₂ ; udział węglowodorów wyższych > 5%, sporadycznie 10% (3144,7) od C ₂ występują jedynie w ilościach śladowych | – |
| 3465–3760 | mułowce, iłowce | max. 1,75% ponad 93% – C ₁ , sporadycznie udział węglowodorów wyższych przekracza 5% (głównie C ₂); ślady C ₃ | węglowodory stwierdzono w płuczce kilkakrotnie |
| 3760–3990 | mułowce, iłowce | max. 2,58% C ₁ + C ₂ , C ₁ ponad 95%; węglowodory wyższe w ilościach śladowych, H ₂ , N ₂ | – |
| 4120–4725 | mułowce, wapienie, piaskowce | max. 6,4 % C ₁ –C ₂ C ₁ ponad 95%; węglowodory wyższe (C ₃) występują w ilościach śladowych | 4292,0–4328,0; 4383,0–4431,0; 4466,0–4553,0 – brak węglowodorów w płuczce 4468,0 ślady ropy w szczelinach |
| 5083 | piaskowce zwięzłe | 0,25% C ₁ | – |