

Petrologia rozproszonej materii organicznej skał karbonu podłoża monokliny przedsudeckiej

Grzegorz J. Nowak¹



Petrology of dispersed organic matter in Carboniferous rocks of the Fore-Sudetic Homocline basement. Prz. Geol., 64: 1005–1007.

A b s t r a c t. Intense program of shale gas prospecting in the territory of Poland is currently ongoing. Among the steps towards better examination of dispersed organic matter (DOM) in clastic Carboniferous rocks of the basement of the Fore-Sudetic Homocline are petrologic studies. The paper provides data on the DOM composition, kerogen type determination, and identification of thermal maturity degree of Carboniferous rocks in the basement of the Fore-Sudetic Homocline. In general, organic matter from the Carboniferous rocks is represented only by vitrinite and inertinite. Such composition of DOM permits to define it as humic organic matter typical for kerogen type III. Carboniferous rocks display a high and very high degree of thermal maturity, expressed by a wide range of

vitrinite reflectance values (from below 1.50% to above 5.50%).

Keywords: dispersed organic matter, kerogen, vitrinite reflectance, thermal maturity degree, Carboniferous rocks in the basement of the Fore-Sudetic Homocline

Zintensyfikowany program poszukiwawczy gazu ziemnego w skałach łupkowych paleozoiku, będących potencjalnym źródłem niekonwencjonalnych złóż tej kopaliny, powoduje pilną potrzebę kompleksowego rozpoznania materii organicznej (MO) rozproszonej zarówno w łupkach niższego paleozoiku, jak i utworach drobnoklastycznych karbonu podłoża permu monokliny przedsudeckiej. Badania petrologiczne materii organicznej umożliwiają identyfikację jej składu, co pozwala określić jej macierzystość – typ kerogenu, oraz wyznaczyć stopień dojrzałości termicznej na podstawie wyników pomiarów refleksyjności (R_o) wityrynit. Badania takie stanowią ważny element strategii poszukiwawczej złóż gazu w formacjach łupkowych. Gaz ziemny występuje w łupkowych skałach macierzystych, których dojrzałość osiągnęła stadium okna generacji gazu.

W ostatnich latach nastąpiła intensyfikacja badań MO (refleksyjności i składu macerałów). Wynika to z pilnej potrzeby regionalnego rozpoznania stopnia dojrzałości termicznej oraz typu kerogenu skał paleozoiku Polski. Prezentowana praca omawia skład macerałów obecnych w skałach drobnoklastycznych karbonu podłoża permu monokliny przedsudeckiej i trendy dojrzałości, na jakie wskazują wyniki pomiarów refleksyjności wityrynit. Niniejszy artykuł bazuje na rezultatach badań petrologicznych materii organicznej rozproszonej w skałach karbonu, które nawiercono w pięciu otworach: Września IG 1, Marcinki IG 1, Więcki IG, Siciny IG 1 i Paproć 29 (zob. ryc. 1 w Podhalańska i in., 2016). Z rdzeni tych otworów wyselekcjonowano 65 próbek skalnych, które były obiektem badań mikroskopowych materii organicznej (Nowak, 2016). Zakres wykonanych badań obejmował identyfikację macerałów wraz z ich analizą ilościową oraz interpretację uzyskanych wyników badań, mających na celu określenie typu kerogenu i stopnia dojrzałości termicznej na podstawie wyników pomiarów refleksyjności wityrynit dla badanych próbek skał karbonu.

ROZPOZNANIE SKŁADU MACERAŁÓW I OKREŚLENIE TYPU KEROGENU

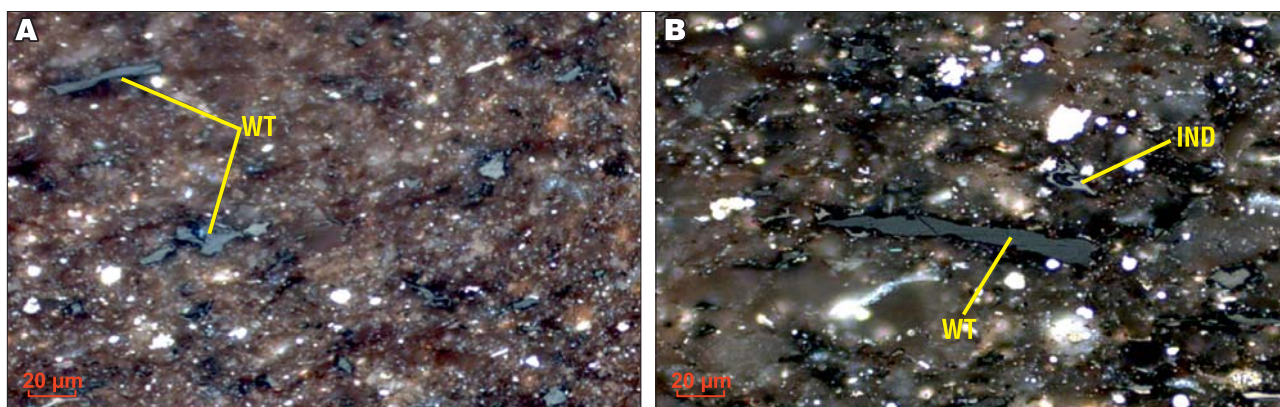
Przeprowadzona analiza petrograficzna materii organicznej występującej w utworach karbonu podłoża permu monokliny przedsudeckiej wykazała obecność MO o stosunkowo monotonnej kompozycji. Stwierdzono w nich występowanie macerałów głównie dwóch podstawowych grup – wityrynit i inertynit, będącymi humusowymi składnikami materii organicznej.

Wityrynit – w badanych skałach karbonu zaobserwowano dwie generacje tego macerału: 1) autochtoniczny (pierwotny) wityrynit i 2) allochtoniczny (wtórny) – redeponowany, różniące się barwą, refleksyjnością i formą występowania. Wityrynit pierwotny występuje zwykle w formie drobnych i cienkich pasemek oraz niewielkich fragmentów (witrodetrynit).

Powszechnie występującym komponentem organicznym skał karbonu podłoża permu monokliny przedsudeckiej jest bardzo drobnodetrytyczna humusowa materia organiczna o rozmiarach fragmentów poniżej 5 μm . Tak mała wielkość ułamków organicznych w znaczącej liczbie przypadków uniemożliwia jednoznaczne rozpoznanie ich pochodzenia i przyporządkowanie do grupy wityrynit bądź inertynit. Ze względu na wyższą frekwencję w składzie MO badanych próbek wityrynit i powszechność tego macerału w skałach karbonu, można z dużym prawdopodobieństwem przypuszczać, że w przypadku opisywanej odmiany materii organicznej dominująca część drobnych okruchów organicznych reprezentuje wityrynit, a inertynit stanowi tylko domieszkę. Tę kategorię rozproszonej materii organicznej ze względu na jej humusowy charakter i stan zachowania fragmentów MO określono jako detrytus humusowy.

W badanych próbkach skał karbonu nie stwierdzono obecności macerałów grupy liptynit. Oznaczono natomiast incydentalne występowanie ich wysoko przeobra-

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski, al. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław; grzegorz.nowak@pgi.gov.pl.



Ryc. 1. Materia organiczna w osadach karbonu w podłożu monokliny przedsudeckiej. **A** – otwór wiertniczy Siciny IG1, głęb. 2273,35 m, światło białe, imersja; **B** – otwór wiertniczy Paproć 29, głęb. 3456,30 m, światło białe, imersja; WT – wityrynit, IND – inertodetrynit
Fig. 1. Organic matter in the Carboniferous sediments of the Fore-Sudetic Homocline. **A** – Siciny IG 1 borehole, depth 2273.35 m, white light, immersion; **B** – Paproć 29 borehole, depth 3456.30 m; white light, immersion; WT – vitrinite, IND – inertodetrinite

zonych modyfikacji – sfuzynitowanego sporynitu i alginitu. Brak macerałów z grupy liptynitu wynika z wysokiego stopnia dojrzałości termicznej badanych skał. Składnikami lipoidalnymi w badanym materiale rdzeniowym są niezbyt często występujące fluoryzujące stałe bituminy identyfikowalne w świetle ultrafioletowym.

Inertynit – jest grupą składników organicznych powszechnie występujących w skałach karbonu z podłoża monokliny przedsudeckiej (Nowak, 2003). W badanych skałach macerały z grupy inertynitu są reprezentowane przede wszystkim przez inertodetrynit, a czasami w przypadku występowania większych fragmentów inertynitu jest możliwe rozpoznanie fuzytynu, semifuzytynu, sekretytynu czy funginitu.

Opisane powyżej komponenty MO, występujące w badanych próbkach przedstawiono na rycinie 1.

Materia organiczna rozproszona w badanych utworach karbonu charakteryzuje się przede wszystkim dominacją w jej składzie humusowych komponentów MO o terestrialnym (lądowym) pochodzeniu. Skały te praktycznie nie zawierają materii organicznej o wysokim udziale wodoru, reprezentowanej przez macerały grupy liptynitu. Najliczniej występuje w nich wityrynit wraz z detytusem humusowym (66–100%) i inertynit (do 22%). W tym miejscu należy także zwrócić uwagę na powszechność występowania redeponowanego wityrynitu (do 18%) w składzie materiału organicznego. Taki skład MO rozproszonej w badanych skałach karbonu podłoża monokliny przedsudeckiej jest typowy dla morskich osadów turbidytowych (Welte i in., 1997; Taylor i in., 1998; Nowak, 2003).

Wyniki ilościowej analizy macerałów materii organicznej występującej w utworach karbonu podłoża permu monokliny przedsudeckiej wskazują na jej jednolity charakter. Dominacja wityrynitu w składzie rozproszonego materiału organicznego pozwala zakwalifikować badane utwory karbonu podłoża monokliny przedsudeckiej jako III typ skał macierzystych (kerogenu).

STOPIEŃ DOJRZAŁOŚCI TERMICZNEJ

Otrzymane wyniki pomiarów średniej zdolności odbicia światła – refleksyjności wityrynitu, wskazują na zazwyczaj stosunkowo wysoki i bardzo wysoki stopień dojrzałości termicznej materii organicznej badanych skał

karbonu, który jest typową cechą dla tych utworów (por. Nowak, 2003). Pomierzone wartości R_o wityrynitu dla badanych próbek skał karbonu podłoża monokliny przedsudeckiej rejestrują kilka zdarzeń termicznych, jakim te utwory były poddane. Pierwsze z nich spowodowało osiągnięcie przez rozproszoną materię organiczną stopnia dojrzałości termicznej charakterystycznego dla katagenezы – głównego stadium gazowego (tzw. okna gazowego), co ilustruje przedział wartości refleksyjności wityrynitu 1,49–1,94% z otworów Siciny IG 1 i Paproć 29 oraz próbki z głębokości 4959,30 i 4988,50 m z otworu Września IG 1.

Pozostałe próbki z otworu Września IG 1 (z głęb.: 5063,20–5495,50 m) oraz Marcinki IG 1 (z głęb.: 2143,70–2793,80 m) wskazują, że pod względem dojrzałości termicznej badane osady reprezentują stadium metagenezы – suchego gazu (metanu). Wyniki pomiarów R_o wityrynitu dla tych skał reprezentują przedział 2,23–3,40%.

Najwyższy stopień dojrzałości termicznej obejmujący fazę przejrzalą (płonną dla węglowodorów), o wartościach R_o wityrynitu zawartych w przedziale 4,24–5,74% odnotowano w skałach następujących otworów: Marcinki IG 1 (z głęb.: 2891,00–4179,20 m) oraz Więcki IG 1 (z głęb.: 1635,20–2835,00 m).

Liczba przebadanych próbek chociaż wysoka, to jednak stanowi pewnego rodzaju wrywkowy materiał badawczy. Analiza uzyskanych wyników pomiarów refleksyjności wityrynitu jest z tych względów utrudniona. Nie zawsze wzrost wartości R_o wityrynitu następuje wraz z głębokością. W przypadku skał karbonu podłoża monokliny przedsudeckiej należy wziąć pod uwagę występującą i udokumentowaną redepozycję osadów (Górecka-Nowak, 2007, 2008, 2009, 2010) potwierdzoną kompleksową analizą strukturalną i regionalną (Mazur i in., 2010). Interpretując otrzymane wyniki, nasuwa się sugestia, że na wartość R_o większy wpływ ma lokalizacja otworów niż głębokość z jakiej próbka pochodzi.

Stopień przeobrażenia materii organicznej rozproszonej w skałach karbonu podłoża monokliny przedsudeckiej jest wysoki. Wartości refleksyjności wityrynitu zmieniają się w szerokich granicach (w przedziale od poniżej 1,50% do ponad 5,50% R_o wityrynitu). Zazwyczaj uzyskane wartości R_o wityrynitu odpowiadają stadiom od generacji gazów

po fazę destrukcji węglowodorów. Wcześniejsze doświadczenia autora (Nowak, 1999, 2003) wskazują, że główną fazę generacji gazów wykazują skały karbonu podłoża północno-zachodniej i zachodniej części monokliny przedsudeckiej. Z kolei w kierunku południowym, południowo-wschodnim oraz wschodnim obserwuje się znaczący wzrost stopnia metamorfizmu organicznego wyrażony wysokimi wartościami refleksyjności wityrynit.

PODSUMOWANIE

Badane utwory karbonu podłoża permu monokliny przedsudeckiej to osady prądów zawieszinowych. Podane powyżej informacje na temat składu rozproszonej materii organicznej pozwalają wnioskować o jej pochodzeniu, co jest szczególnie istotne w aspekcie możliwości generacji węglowodorów. Kompozycję MO stanowią głównie wityrynit i inertynit z domieszką redeponowanego wityrynit, reprezentując humusowy typ materiału organicznego (III typ kerogenu). Badane skały karbonu przeszły zaawansowaną ewolucję termiczną, która doprowadziła do wysokiego stopnia uwęglenia (dojrzałości termicznej) rozproszonej w nich materii organicznej, która osiągnęła stadia katagenetyczne, metagenetyczne oraz przejrzyste, zdefiniowane przedziałem wartości refleksyjności wityrynit od poniżej 1,50% do powyżej 5,50%, odpowiadając fazom generacji gazów po przejrzystą (płoną dla węglowodorów). Skały karbonu podłoża północno-zachodniej i zachodniej części monokliny przedsudeckiej znajdują się w głównej fazie generacji gazów. W kierunku południowym, południowo-wschodnim oraz wschodnim obserwuje się znaczący wzrost stopnia metamorfizmu materiału organicznego wyznaczonego wysokimi wartościami R_o wityrynit, które odpowiadają zakresom przejrzystym.

Recenzentce dr hab. Irenie Matyasik (INiG-PIB) dziękuję za recenzowanie artykułu. Badania, których wyniki przedstawiono w artykule, zostały wykonane w ramach projektu „Rozpoznanie

stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, etap I” i były finansowane przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (umowa dotacji z dn. 5.11.2013 r. nr 784/2013/Wn-07/FG-SM-DN).

LITERATURA

- GÓRECKA-NOWAK A. 2007 – Palynological constraints on the age of Carboniferous clastic succession of western Poland, *Geol. Quart.*, 51 (1): 39–56.
- GÓRECKA-NOWAK A. 2008 – New interpretations of the Carboniferous stratigraphy of SW Poland based on miospore data. *Bull. Geosci.*, 83 (1): 101–116.
- GÓRECKA-NOWAK A. 2009 – Palynological data from Siciny IG 1 and Marcinki IG 1 boreholes and their significance in the recognition of the Carboniferous succession of SW Poland. *Geol. Quart.*, 53 (2): 167–186.
- GÓRECKA-NOWAK A. 2010 – Complementary data on the palynostratigraphy of the Carboniferous succession of SW Poland. *Geol. Quart.*, 54 (3): 337–356.
- MAZUR S., ALEKSANDROWSKI P., TURNIAK K., KRZEMIŃSKI L., MASTALERZ K., RUNDACH A., GÓRECKA-NOWAK A., KUROWSKI L., KRZYWIEC P., ŻELAŻNIEWICZ A. & FANNING M.C. 2010 – Uplift and late orogenic deformation of the Central European Variscan belt as revealed by sediment provenance and structural record in the Carboniferous foreland basin of western Poland. *Inter. J. Earth Sci. (Geologische Rundschau)*, 99: 47–64.
- NOWAK G.J. (red.) 1999 – Analiza możliwości generacji węglowodorów w skałach karbonu podłoża monokliny przedsudeckiej w świetle badań materii organicznej. *Nar. Arch. Geol. PIG-PIB*, Wrocław–Warszawa.
- NOWAK G.J. 2003 – Petrologia materii organicznej rozproszonej w późnopaleozoicznych skałach osadowych południowo-zachodniej Polski. *Cuprum*, 4 (29): 3–209.
- NOWAK G. 2016 – Wyniki badań petrologicznych materii organicznej rozproszonej w skałach karbonu podłoża monokliny przedsudeckiej. [W:] Podhalańska T. (red.), *Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, etap I*. *Nar. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.
- PODHALAŃSKA T., WAKSMUNDZKA M.I., BECKER A. & ROSZKOWSKA-REMIN J. 2016 – Rozpoznanie stref perspektywicznych występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce – nowe wyniki oraz dalsze kierunki badań. *Prz. Geol.*, 64 (12): 953–962.
- TAYLOR G.H., TEICHMÜLLER M., DAVIS A., DIESSEL C.F.K., LITTKER R. & ROBERT R. 1998 – *Organic Petrology*. Gebrüder Borntraeger. Berlin-Stuttgart.
- WELTE D.H., HORSFIELD B. & BAKER D.R. (red.) 1997 – *Petroleum and basin evolution*. Springer-Verlag, Berlin.