

Wstępne rozpoznanie petrograficzne i geochemiczne materii organicznej rozproszonej w skałach karbonu Pomorza Zachodniego

Grzegorz J. Nowak¹, Przemysław Karcz¹, Barbara Massalska²



G.J. Nowak



P. Karcz



B. Massalska

Preliminary petrographic and geochemical recognition of organic matter in Carboniferous rocks from Western Pomerania. *Prz. Geol.*, 71: 224–226; doi: 10.7306/2023.18

Abstract. The paper presents results of organic petrography and Rock-Eval pyrolysis studies of Carboniferous rocks from Western Pomerania (N Poland). Samples for the studies were taken from core of the Dźwirzyno 3 borehole. The thermal maturity level of organic matter is determined by the values of: 1) vitrinite reflectance $VR_o = 0.82\text{--}0.93\%$ and 2) $T_{max} = 431\text{--}460^\circ\text{C}$, which indicate oil window maturity. Organic petrography studies have shown a presence of different macerals dispersed in the rocks studied. Vitrinite and inertinite are particles of humic origin, while

most liptinite macerals are of aquatic provenance. The Rock-Eval data clearly indicate that the organic matter forms levels made up either of kerogen type III or of kerogen type II.

Keywords: Western Pomerania, Carboniferous rocks, organic petrography, Rock-Eval pyrolysis, petroleum source rocks

Skałami macierzystymi złóż ropy naftowej i gazu ziemnego, które udokumentowano dotychczas na Pomorzu Zachodnim, są utwory cechsztyńskiej formacji dolomitu głównego. Istnieją jednak geologiczne przesłanki, które pozwalają przypuszczać, że również inne jednostki stratygraficzne mogą być celem poszukiwań węglowodorów na tym obszarze. Na terenie Pomorza Zachodniego wykonano ok. 70 głębokich otworów wiertniczych, którymi nawiercono skały karbońskie – m.in. wapienie organodetrytyczne i iłowce wapniste silnie wzbogacone w materię organiczną. Tego typu skały rozpoznano także w otworze Dźwirzyno 3 i poddano je zintegrowanym badaniom materii organicznej (MO), obserwacjom petrograficznym i geochemicznej analizie pirolitycznej *Rock-Eval*.

METODYKA

Badaniami objęto skały karbonu (turneju) pochodzące z interwału głębokościowego 2900,20–3059,36 m otworu Dźwirzyno 3. Analizy petrograficzne materii organicznej wykonano w świetle odbitym pod mikroskopem *Zeiss Axio Imager 1Am*, umożliwiającym prowadzenie obserwacji w świetle białym i ultrafioletowym, zgodnie z powszechnie stosowanymi procedurami, m.in. Taylor i in. (1998) oraz Hackley i Cardott (2016). Badania MO przeprowadzono na 12 zglądach kawałkowych z zastosowaniem optyki imersyjnej. Macerały grup wityrynytu, liptynytu i inertynitu sklasyfikowano na podstawie systemu ICCP 1994 (ICCP, 1998, 2001; Pickel i in., 2017). Stosując mikroskop wraz fotometrem (system MSP 200 firmy J&M GmbH) zmierzono zdolność do odbijania światła (refleksyjność) wityrynytu (VR_o) obecnego we wszystkich zbadanych próbkach skał. Pomiar refleksyjności wykonano w świetle monochroma-

tycznym o długości fali 546 nm, zgodnie z procedurami rekomendowanymi przez Międzynarodowy Komitet Petrologii Węgla i Rozproszonej Materii Organicznej (*International Committee for Coal and Organic Petrology* – ICCP; Stach i in., 1982; Taylor i in., 1998) oraz Hackleya i in. (2015), a także ISO 7404-5 (2009).

W celu oznaczenia zawartości węgla organicznego oraz jego pochodzenia i dojrzałości wykonano analizę pirolityczną *Rock Eval* 109 próbek, polegającą na termicznym rozkładzie skały w dwóch cyklach: pirolitycznym i oksydacyjnym. W cyklu pirolitycznym próbka trafia do pieca, gdzie w atmosferze azotu jest podgrzewana do 650°C . W cyklu oksydacyjnym próbka w atmosferze tlenu jest podgrzewana do 850°C .

Podczas cyklu pirolitycznego lotne węglowodory są uwalniane w temperaturze do 350°C , a ich zawartość jest wyrażana jako parametr S1. W dalszej fazie cyklu termiczny rozkład próbki w temperaturze do 650°C powoduje uwolnienie węglowodorów (parametr S2) oraz dwutlenku i tlenku węgla (parametr S3).

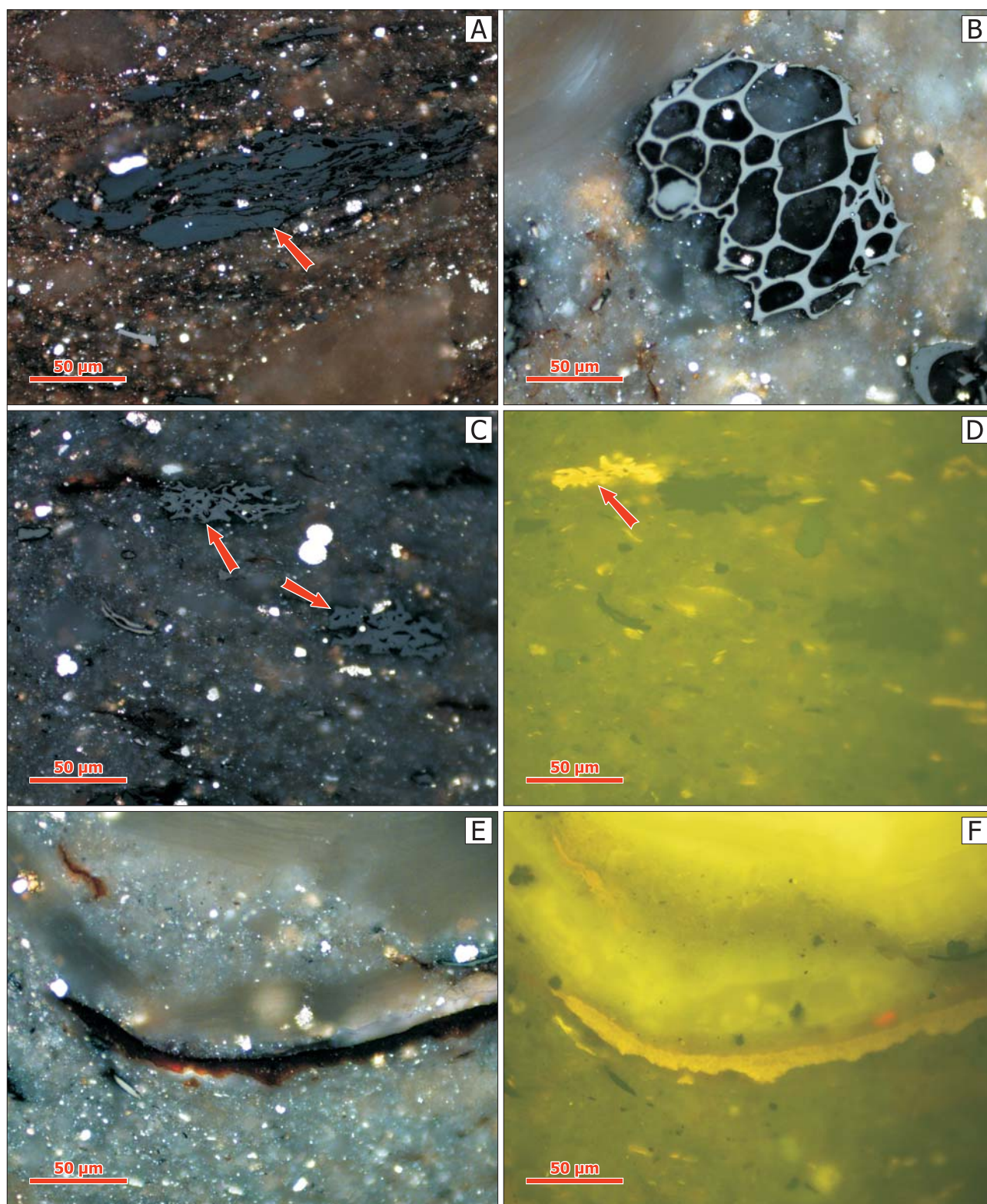
W cyklu oksydacyjnym wzrost temperatury do 850°C powoduje uwolnienie z rezydualnej materii organicznej oraz materii mineralnej dwutlenku i tlenku węgla (parametry S4 i S5). Wyniki analizy zostają przeliczone na zawartość całkowitego węgla organicznego (TOC), indeks wodorowy (HI), indeks tlenowy (OI) oraz temperaturę maksymalną (T_{max}).

WYNIKI

Niemal wszystkie badane petrograficznie skały turneju z otworu Dźwirzyno 3 są ciemnoszarymi iłowcami i mułowcami wapnistymi. Na podstawie wyników pomiarów

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski, al. Jaworowa 19, 53–122 Wrocław; grzegorz.nowak@pgi.gov.pl; przemyslaw.karcz@pgi.gov.pl; ORCID ID: G.J. Nowak – 0000-0003-2228-5361, P. Karcz – 0000-0002-2932-6851

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00–975 Warszawa; barbara.massalska@pgi.gov.pl; ORCID ID: 0000-0002-2617-424X



Ryc. 1. Mikrofotografie materii organicznej rozproszonej w skałach karbonu z otworu Dźwirzyno 3. Fotografie A, B, C i E wykonano w świetle białym odbitym; fotografie D i F – w świetle UV: **A** – rozerwane pasemko witrinitu (głębokość 2952,36 m); **B** – cienkościenny fuzytynit barwy szarej (głębokość 2982,19 m); **C** – dwa fragmenty semifuzynitu o budowie komórkowej (głębokość 3004,50 m); **D** – ten sam obraz co na zdjęciu C z widocznym w świetle UV żółtym alginitem, sąsiadującym z górnym fragmentem semifuzynitu, w tle liczne ziarna liptodetrynitu; **E** – ciemnobrązowa wstęga kutynitu, a w górnym lewym rogu fotografii brązowy sporynity (głębokość 3030,20 m); **F** – ten sam obraz co na zdjęciu E, kutynit i sporynity wykazują żółte barwy fluorescencyjne

Fig. 1. Microphotographs of organic matter dispersed in Carboniferous rocks of the Dźwirzyno 3 borehole. Photos A, B, C and E are taken in reflected white light; photos D and F are taken in UV light: **A** – broken vitrinite band (depth 2952.36 m); **B** – thin-walled fusinite, grey in colour (depth 2982.19 m); **C** – two fragments of semifusinite of cellular structure (depth 3004.50 m); **D** – the same image as in photo C with visible yellow alginite adjacent to the upper fragment of semifusinite, and abundant liptodetrinite in the background; **E** – dark brown band of cutinite and, in upper left corner of the photo, brown sporinite (3030.20 m); **F** – the same image as photo E, cutinite and sporinite, yellow fluorescent

refleksyjności wityryny stwierdzono, że reprezentują one skały dojrzałe termicznie, o wartościach VR_0 zawierających się w przedziale od 0,82% do 0,93%. Taki zakres refleksyjności wskazuje na stopień dojrzałości termicznej odpowiadający oknu ropnemu – jego środkowej części. W składzie badanych skał obserwuje się obecność wszystkich grup macerałów – wityryny, liptynytu i inertynitu (ryc. 1).

W próbkach skał karbońskich z najwyższej części ich profilu w otworze Dźwirzyno 3 (2901,35 m i 2908, 15 m) stwierdzono stosunkowo ubogi skład macerałów, o przewadze wityryny i inertynitu. Zaznacza się w nich znacząca obecność tzw. refraktorów, czyli inertynitu oraz redeponowanego wityryny, natomiast pierwotny wityrynit jest w nich mniej liczny.

Skały karbonu występujące w głębszej części profilu (2939,15–3057,65 m) charakteryzują się odmiennym składem macerałów, w którym zaznacza się duży udział macerałów grupy liptynytu, dochodzący do 40% materii organicznej. Wyraźnie przeważa wśród nich bituminit, któremu towarzyszą alginity (dominującą odmianą tego macerału jest lamalginit), a mniej licznie występuje telalginit. Ponadto liptynit reprezentują także liptodetrynit, sporynit i incydentalnie odnotowano obecność kutynitu. W obrazach mikroskopowych macerały grupy liptynytu podczas naświetlania światłem UV wykazują zjawisko fluorescencji o żółtych barwach. Macerałami grupy wityryny, występującymi w opisywanym interwale głębokościowym, są głównie wityryny oraz przyjmujące formę drobnych pasemek kolotelinit i kolodetrynit.

W badanych skałach dość liczne są ziarna tzw. ciemnego wityryny (ICCP, 1998), charakteryzującego się wyraźnie ciemniejszym odcieniem szarej barwy od występującego obok niego wityryny. „Ciemny wityrynit” podczas naświetlania światłem UV wykazuje zjawisko fluorescencji o barwie od ciemnożółtobrazowej do ciemnobrazowej, podczas gdy inne macerały grupy wityryny rozpoznane w badanych skałach takiego zjawiska nie powodują. Fluorescencja „ciemnego wityryny” jest spowodowana jego wzbogaceniem w węglowodory (ICCP, 1998). W próbkach skał z otworu Dźwirzyno 3 stwierdzono także obecność redeponowanego wityryny. Ma on barwę jasnoszarą, jaśniejszą od barwy pierwotnego wityryny występującego w tej samej próbce, przez co pod względem koloru i refleksyjności upodabnia się do inertynitu. Zawartość wityryny w badanych skałach przekracza 40% MO.

Macerałem z grupy inertynitu, obserwowanym w badanych skałach, jest głównie inertodetrynit, ale można także rozpoznać fuzynit i semifuzynit. Sumaryczna zawartość tych macerałów wynosi od 4 do 7% MO. Macerały grupy inertynitu nie wykazują zjawiska fluorescencji w świetle UV.

Wyniki analizy *Rock Eval* ujawniły, iż badane skały w większości wykazują duże podobieństwo genetyczne, a także pod względem stopnia przeobrażenia termicznego. Potencjał węglowodorowy HI próbek waha się w granicach od 47 do 379 mg HC/g TOC, a stopień dojrzałości termicznej materii organicznej T_{max} mieści się w granicach 431–460°C. Zawartość TOC wynosi od 0,15 do 4,92% wag., a wielkość potencjału generacyjnego S2 mieści się w przedziale 0,20–7,20 mg HC/g skały. Otrzymane wyniki pozwalają sugerować, iż przebadane skały pokrywają spektrum skał z niskim, średnim i rzadziej wysokim potencjałem generowania węglowodorów. Stopień przeobrażeń termicznych wskazuje, że skały karbonu znajdują się w

głównej fazie generowania węglowodorów ciekłych górnej oraz środkowej części okna ropnego i nie osiągnęły w maksimum możliwości generacyjnych. Materia organiczna występująca w przebadanych skałach karbonu jest w dużej mierze mieszaniną mniej lub bardziej zdegradowanego kerogenu typu III i w mniejszym stopniu kerogenu typu II. Przebadane próbki zawierają od 0,07 do 9,21% węgla mineralnego związanego w minerałach węglanowych, co sugeruje udział od 1 do 74% węglanu wapnia w masie skały.

PODSUMOWANIE

Wyniki pomiarów refleksyjności wityryny oraz analizy pirolitycznej wskazują, że materia organiczna osiągnęła stadium dojrzałe – reprezentuje środkową część okna ropnego. W składzie macerałów jest obecna zarówno materia humusowa (wityrynit i inertynit), jak i komponenty bitumiczne, wśród których przeważa bituminity, a towarzyszą mu alginity, liptodetrynit, rzadziej sporynit i incydentalnie kutynit (liptynit). Wyniki analizy *Rock-Eval* wskazują na silne zdegradowanie MO, reprezentującej kerogen typu III i w mniejszym stopniu kerogen typu II.

Przedstawione wyniki badań uzyskano w ramach realizacji projektu pt. *Charakter generacyjny i własności zbiornikowe skał systemu naftowego Pomorza Zachodniego*, wykonywanego w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym na zlecenie Ministerstwa Klimatu i Środowiska (Umowa 1453/2020, zadanie 4).

Autorzy dziękują Pani Profesor Aleksandrze Kozłowskiej za życzliwą recenzję i cenne uwagi, które przyczyniły do poprawy artykułu.

LITERATURA

- HACKLEY P.C., CARDOTT B.J. 2016 – Application of organic petrography in North American shale petroleum systems: a review. Intern. J. Coal Geol., 163: 8–51.
- HACKLEY P.C., ARAUJO C.V., BORREGO A.G., BOUZINOS A., CARDOTT B.J., COOK A.C., EBLE C., FLORES D., GENTZIS T., GONÇALVES P.A., MENDONÇA FILHO J.G., HÁMOR-VIDÓ M., JELONEK I., KOMMEREN K., KNOWLES W., KUS J., MASTALERZ M., MENEZES T.R., NEWMAN J., OIKONOMOPOULOS I.K., PAWLEWICZ M., PICKEL W., POTTER J., RANASINGHE P., READ H., REYES J., ROSA RODRIGUEZ G.D.L., ALVES FERNANDES DE SOUZA I.V., SUÁREZ-RUIZ I., SÝKOROVÁ I., VALENTINE B.J. 2015 – Standardization of reflectance measurements in dispersed organic matter: results of an exercise to improve interlaboratory agreement. Marine Petrol. Geol., 59: 22–34.
- ICCP, 1998 – The new vitrinite classification (ICCP system 1994). Fuel, 77: 349–358.
- ICCP, 2001 – The new inertinite classification (ICCP System 1994). Fuel, 80: 459–471.
- ISO 7404-2: 2009 – Methods for the petrographic analysis of coals: Part 2: methods of preparing coal Samples, ISO 7404-2:2009(en); International Organization for Standardization, www.iso.org/standard/42832.html
- PICKEL W., KUS J., FLORES D., KALAITZIDIS S., CHRISTANIS C., CARDOTTE B.J., MISZ-KENNAN M., RODRIGUES S., HENTSCHEL A., HÁMOR-VIDÓ M., CROSDALE P., WAGNER N., ICCP 2017 – Classification of liptinite – ICCP System 1994. Intern. J. Coal Geol., 169: 40–61.
- STACH E., MACKOWSKY M.-TH., TEICHMÜLLER M., TAYLOR G.H., CHANDRA D., TEICHMÜLLER R. 1982 – Textbook of Coal Petrology. 3rd ed., Gebrüder Borntraeger.
- TAYLOR G.H., TEICHMÜLLER M., DAVIS A., DIESSEL C.F.K., LITTKER R., ROBERT R. 1998 – Organic Petrology. Gebrüder Borntraeger, Berlin–Stuttgart.

Praca wpłynęła do redakcji 14.04.2023 r.
Akceptowano do druku 17.04.2023 r.