

Maty mikrobialne w utworach silikoklastycznych – analiza macerałów w łupkach formacji menilitowej jednostki skolskiej

Patrycja Wójcik-Tabol¹, Marta Oszczypko-Clowes¹, Alfred Uchman¹, Weronika Pratkowiecka²



P. Wójcik-Tabol

M. Oszczypko-Clowes

A. Uchman

W. Pratkowiecka

Microbial mats in siliciclastic deposits – maceral study in shales of the Menilite Formation in the Skole Unit. *Prz. Geol.*, 71: 301–304; doi: 10.7306/2023.29

Abstract. Fossil microbial mats in deep-water environments dominated by siliciclastic sedimentation are known from relatively few studies. This paper presents the results of maceral composition examination in the Menilite Formation from the Tarnawka section (Skole Unit, Outer Carpathians). The characteristic forms of alginite and bituminite correspond to the published conclusions on microbially induced sedimentary structures (MISS), including microbial mats.

Keywords: microbial mats, macerals, Menilite Formation, Skole Unit

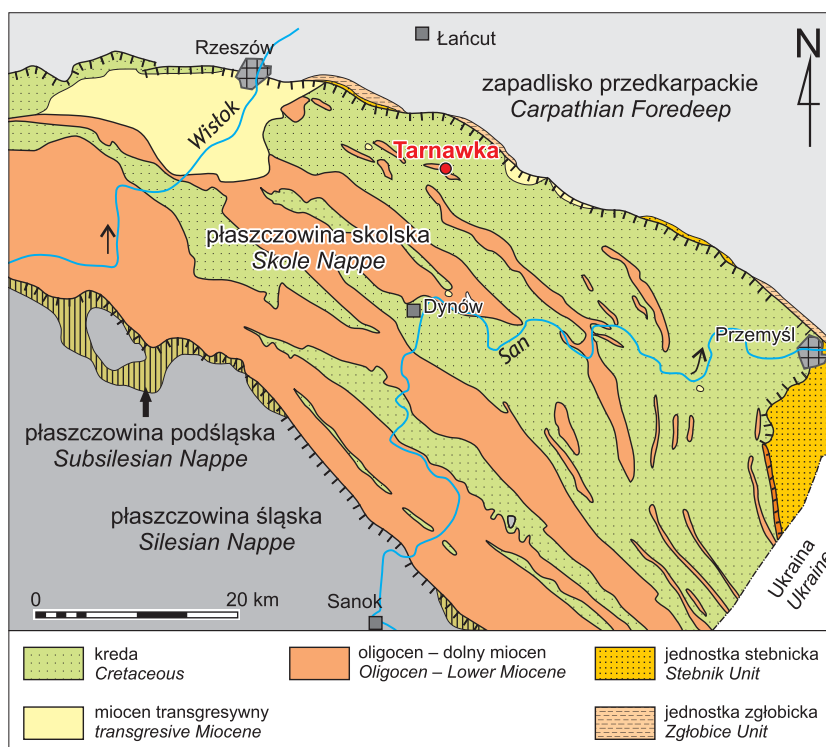
Maty mikrobialne są znane z wielu współczesnych i kopalnych środowisk sedimentacji, zwłaszcza tych w strefie fotycznej (np. Characklis, Marshall, 1990; Gerdes i in., 2000; Cuadrado i in., 2015). Mogą się także rozwijać w strefie afotycznej w środowiskach głębokowodnej sedimentacji silikoklastycznej (np. Noffke i in., 2002; Schieber i in., 2007), lecz są one słabiej rozpoznane. Struktury sedimentacyjne genetycznie związane z obecnością mikroorganizmów (MISS – *microbially induced sedimentary structures*), w tym maty mikrobialne, opisano z warstw menilitowych płaszczowiny śląskiej (Karpaty zewnętrzne) na podstawie cech petrologicznych i sedimentologicznych (Leonowicz i in., 2021). W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań petrologicznych mat mikrobialnych w formacji

menilitowej płaszczowiny skolskiej, kładąc nacisk na analizę rozproszonej materii organicznej, która do tej pory nie była przeprowadzona.

→

Ryc. 1. Lokalizacja profilu Tarnawka na mapie geologicznej płaszczowiny skolskiej (na podstawie Kotlarczyka, Leśniaka, 1990; Salaty, Uchmana, 2012 i literatury tamże)

Fig. 1. Location of the Tarnawka section on the geological map Skole Nappe (based on Kotlarczyk, Leśniak, 1990; Salata, Uchman, 2012 and references therein)

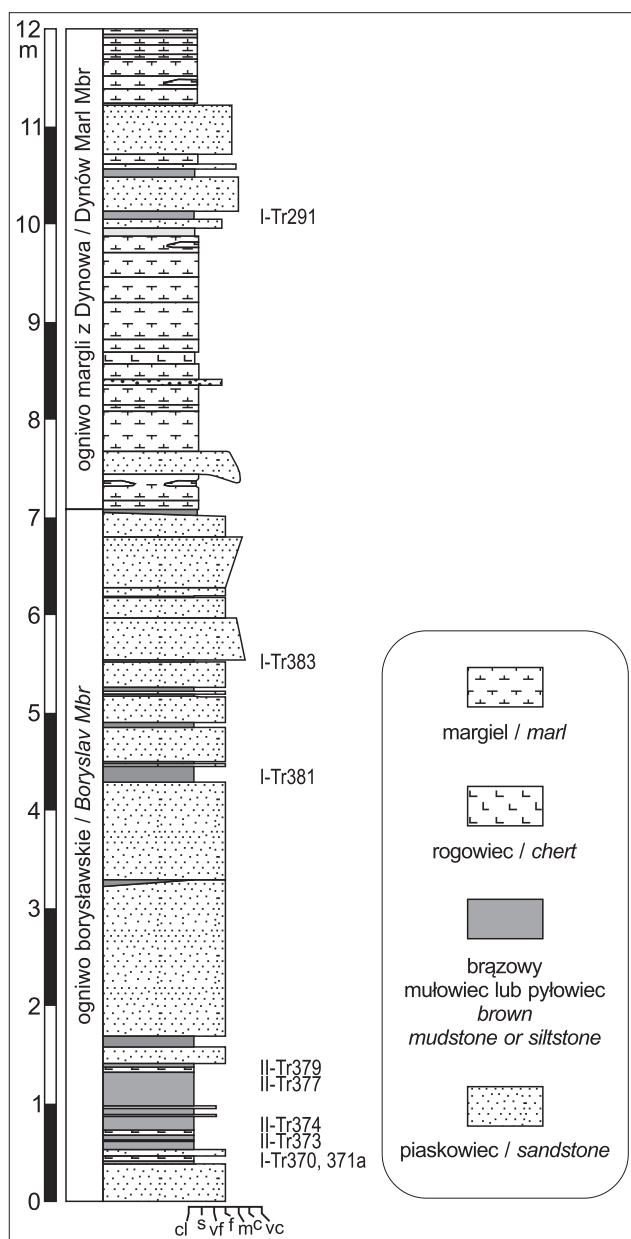


¹ Instytut Nauk Geologicznych, Wydział Geografii i Geologii, Uniwersytet Jagielloński, ul. Gronostajowa 3a, 30–387 Kraków; p.wojcik-tabol@uj.edu.pl; m.oszczypko-clowes@uj.edu.pl; alfred.uchman@uj.edu.pl

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski, ul. Jaworowa 19, 53–122 Wrocław; weronika.pratkowiecka@gmail.com

PODSTAWY TEORETYCZNE ANALIZY MACERAŁÓW

Drobiny organiczne, które można zidentyfikować w obrazie mikroskopowym, są nazywane macerałami. Macerały grupy liptynitu (m.in. alginity, bituminit i liptodetrynit) wykazują wyraźną luminescencję w świetle niebieskim i UV. Alginity bywa wykształcone jako lamalginity i telalginity. Lamalginitem jest nazywany włóknisty alginity, będący pozostałością mikroorganizmów planktonicznych, np. *Pediastrum* lub rodzaju z klasy Cyanophyceae. Źródłem lamalginity mogą być również dinocysty i akritarchy. Długie lamalginity przewarstwiające osad drobnoziarnisty bywają nazywane alginitem stromatolitowym (Stasiuk i in., 1994). Lamalginity może się zatem wywodzić z mikroorganizmów planktonowych i bentosowych (Pickel i in., 2017).



Ryc. 2. Profil litostratigraficzny fragmentu formacji menilitowej w profilu Tarnawka z zaznaczonym miejscem pobrania próbek
Fig. 2. Lithostratigraphic log of part of the Menilite Formation in the Tarnawka section, with the sampling sites

Telalginity występuje jako skupiska botryoidalne (tzn. groniaste), pojedyncze formy stożkowe lub owalne o charakterystycznej strukturze wewnętrznej. Telalginity pochodzą głównie z alg planktonowych (np. *Botryococcus*, *Tasmanites*) wykazujących powinowactwo do chlorofitów (Hutton, 1987).

Bituminit nie ma określonej formy. Często współwystępuje z matrycą mineralną i towarzyszy alginitowi. Bituminit jest często interpretowany jako produkt bakteryjnego rozkładu różnych prekursorów, np. alg (Stach i in., 1982; Pickel i in., 2017). Liptodetrynitami są nazywane drobne, fluoryzujące cząstki powstałe z rozdrobnienia innych macerałów liptynitowych.

TŁO GEOLOGICZNE

Płaszczowina skolska składa się z dolnokredowo-miocenich utworów sedymentacji głębokomorskiej, głównie turbidytowej. Najmłodsze utwory należą do oligoceno-miocenich serii menilitowo-krośnieńskiej (Kotlarczyk, 1988). Formacja menilitowa w płaszczynie skolskiej ma miąższość ok. 400 m.

Badany profil znajduje się w nieczynnym kamieniołomie w miejscowości Tarnawka (ryc. 1; N49°56.891', E22°16.840'). W środkowej części profilu odsłaniają się grubo- i średnio-ławicowe piaskowce przeławiczone mułowcami, zaliczane do ogniwa borysławskiego. Mułowce są brązowe, bezwapniste i skrzemionkowane, na zwierzęcych powierzchniach pokryte żółtym nalotem. Brązowy kolor oraz charakterystyczny (bitumiczny) zapach wskazują na dużą zawartość substancji organicznej. Mułowce zawierają uwęglony detrytus roślinny oraz łuski i elementy szkieletowe ryb. W przekroju warstw ujawnia się subtelna laminacja równoległa oraz cienkie przewarstwienia piaskowca drobnoziarnistego i rogowców.

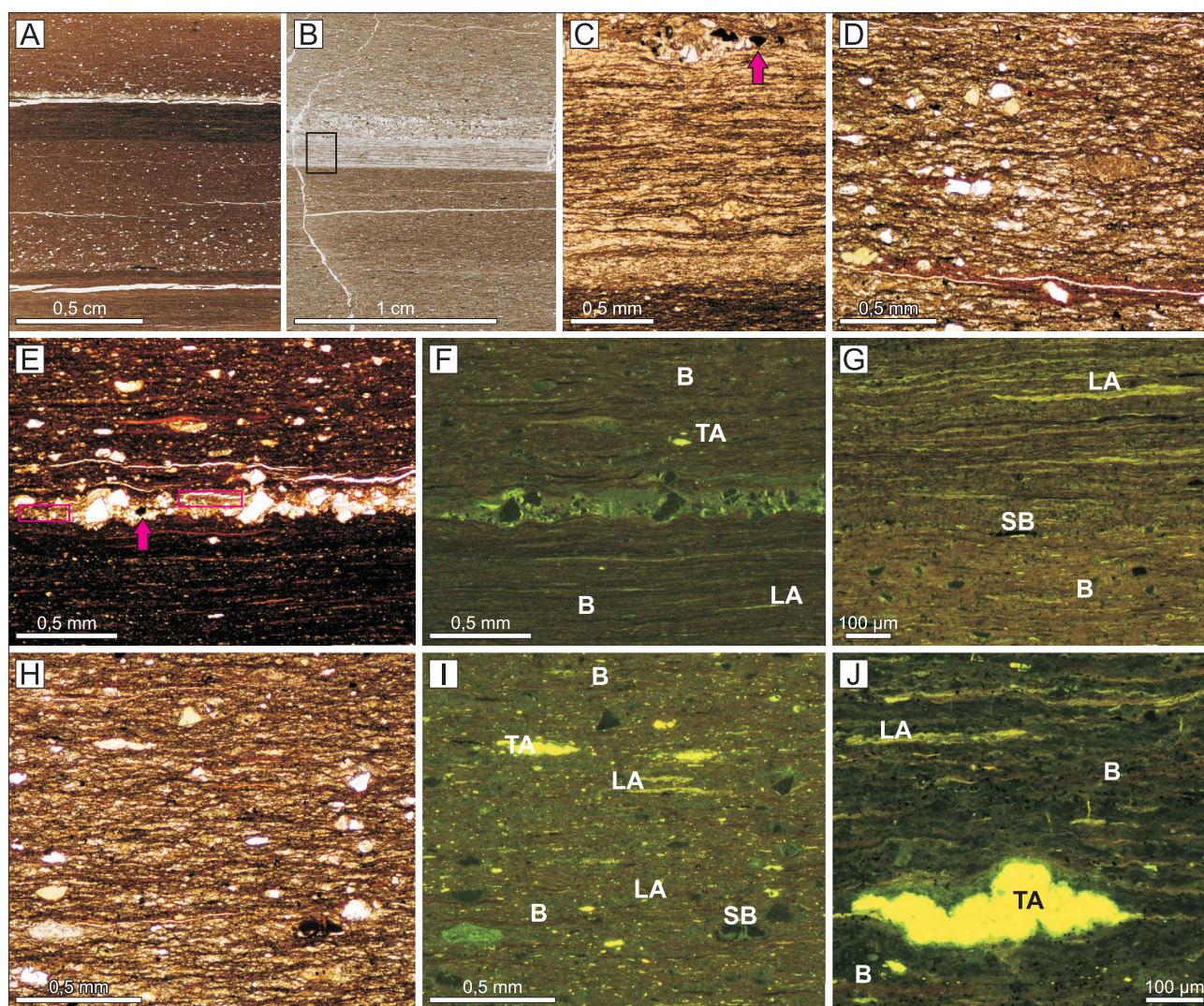
Bezpośrednio nad ogniwo borysławskim znajduje się pakiet skał węglanowych ogniwa margli z Dynowa (ryc. 2). Wiek margli dynowskich oznaczono na podstawie nanoplanctonu wapiennego na rupel (zona NP23).

MATERIAŁ I METODY

Do badań wybrano brunatne, bezwapniste mułowce o oddzielności łupkowej (zwane dalej łupkami). Przygotowano 15 preparatów mikroskopowych do analizy obrazu w spolaryzowanym świetle przechodzącym oraz we fluorescencji. Badania przeprowadzono pod mikroskopem polaryzacyjnym *Nikon Eclipse E600 POL* oraz mikroskopem *Nikon Eclipse Ni*, wyposażonym w lampę *Prior Lumen 200*, wykorzystując filtr *BA 520 nm*.

WYNIKI BADAŃ

W płytkach cienkich łupków zaznacza się warstwowanie równoległe w postaci lamin mułowców i iłowców oraz lamin piaskowca i rogowca (ryc. 3A–D). W iłowcach jest także widoczne zróżnicowanie zawartości materiału pyłowego oraz proporcji materiału organicznego do mineralnego, które manifestuje się odmiennym odcieniem barwy brunatnej (ryc. 3E). Laminy ciemnobrunatnych iłowców mają miąższość od 2 do 5 mm i obfitują w substancję organiczną, której wydłużone skupiska są ułożone płasko-równoległe lub faliście. Rozmieszczenie substancji organicznej



Ryc. 3. Mikrostruktury w łupkach menilitowych z profilu Tarnawka: **A** – warstwy iłowca i mułowca oraz lamina drobnopiaszczystego piaskowca w ciemnobrunatnym łupku, próbka I-Tr381; **B** – lamina rogowca i piaskowca pomiędzy warstwami mułowca o różnej zawartości materii organicznej, oznaczony fragment jest przedstawiony w obrazie mikroskopowym na zdjęciu C, próbka II-Tr373; **C** – laminowany rogowiec składa się z lamin substancji organicznej oraz drobnokrystalicznej krzemionki, w górnej części piaskowiec drobnopiaszczysty z okruchami węglistymi (strzałka), próbka II-Tr373; **D** – ziarna detrytyczne i peloidy oraz równolegle ułożone skupiska substancji organicznej, próbka II-Tr373; **E–G** – płasko-równoległa laminacja w ciemnobrunatnym łupku bogatym w substancję organiczną, lamina piaskowca zawierająca okruchy węgliste (strzałka) oraz fragmenty drobno-laminowanego iłowca (ramki), próbka I-Tr381; **H, I** – ziarna detrytyczne i peloidy oraz równolegle ułożone skupiska substancji organicznej, próbka II-Tr373; **J** – laminarnie ułożona substancja organiczna w rogowcu: **LA** – lamalginit, **TA** – telalginit, **B** – bitumin, **SB** – stałe bituminy. A, B – fotografie płytek cienkich; C, D, E, H – obrazy mikroskopowe przy równoległych polaryzatorach; F, G, I, J. obrazy mikroskopowe we fluorescencji. Fot. P. Wójcik-Tabol

Fig. 3. Microstructures in the Menilite shales from the Tarnawka section: **A** – layers of claystone and mudstone and a lamina of fine-grained sandstone in dark brown shale, sample I-Tr381; **B** – chert and sandstone lamina between layers of mudstone with variable content of organic matter, the marked part is shown as a microscopic image in Photo C, sample II-Tr373; **C** – laminated chert composed of laminae of organic substance and fine-crystalline silica, in the upper part is fine-grained sandstone with carbonized fragments (arrow), sample II-Tr373; **D** – detrital grains and peloids and parallel distribution of organic matter clusters, sample II-Tr373; **E–G** – plano-parallel lamination in dark brown shale rich in organic matter, sandstone lamina containing carbonized fragments (arrow) and fragments of fine-laminated claystone (frames), sample I-Tr381; **H, I** – detrital grains and peloids, and parallel clusters of organic matter, sample II-Tr373; **J** – laminar organic matter in the chert: **LA** – lamalginit, **TA** – telalginit, **B** – bituminite, **SB** – solid bitumens. A, B – photographs of thin sections; C, D, E, H – microscopic images with parallel polarizers; F, G, I, J. microscopic images in fluorescence. Photo by P. Wójcik-Tabol

w obrazie mikroskopowym ma strukturę bardzo drobno-laminowaną (ryc. 3E–G).

Mułowce o różnej zawartości substancji organicznej wykazują zmienny odcień barwy brązowej i tworzą laminy o miąższości ok. 1 cm. Ziarna mineralne są reprezentowane głównie przez kwarc, skałen i muskowit (ryc. 3D, H). W ilasto-krzemionkowym matriksie są rozproszone także

ziarna glaukonitu, peloidy oraz pojedyncze skorupki otwornic, igły gąbek, a także pokruszone ości i łuski ryb. Skupiska materii organicznej tworzą laminy, często ugięte na większych ziarnach (ryc. 3D, H, I). Laminy te są gęsto rozmieszczone w warstwach ciemniejszych lub wyraźnie oddzielone laminami ilasto-krzemionkowego matriksu w nieco jaśniejszych warstewkach.

W rogowcach występują laminy substancji organicznej oraz drobnokrystalicznej krzemionki (ryc. 3C). Substancja organiczna jest reprezentowana głównie przez bituminit, którego nagromadzenie ma postać lamin i soczewek fluoryzujących w odcieniach pomarańczowobrazowych. Lamalginit jest obecny w formie długich włókien, rozciągających się zgodnie z układem lamin organicznych, zdominowanych przez bituminit (ryc. 3F, G, I, J). W rozmieszczeniu liptodetrynitu nie widać większego uporządkowania z powodu niewielkich rozmiarów drobin. Telalginit występuje jako owalne, dyskooidalne i botryoidalne ciała w warstwach mułowców i iłowców wzbogaconych w detrytus i peloidy (ryc. 3F, I). Telalginit został także rozpoznany w laminie rogowca (ryc. 3C, J). Dłuższa oś telalginitu pozostaje zgodna z kierunkiem laminacji. Lamalginit, liptodetrynit i telalginit wykazują intensywną, żółtą luminescencję. Miejscami stwierdzono nagromadzenia stałych bituminów, które słabo fluoryzują (ryc. 3H). Framboidy oraz euhedra pirytu jako towarzyszące substancji organicznej występują powszechnie i obficie.

W laminach piaskowca są obecne ostrokrawędziste okruchy węgliste oraz fragmenty drobnolaminowanych iłowców (ryc. 3C, E).

Opisane struktury są analogiczne do MISS rozpoznanych w łupkach menilitowych z Rudawki Rymanowskiej w płaszczowinie śląskiej (Leonowicz i in., 2021). Drobną laminacją w iłowcach oraz mułowcach, płasko-równoległą i falistą, może być utożsamiana ze strukturą obocznie ciągłych warstw nieregularnie laminowanych (*laterally continuous irregularly laminated layers* wg Leonowicz i in., 2021). Rozkład organicznych lamin w rogowcu odpowiada strukturze naprzemiennych lamin organicznych i mineralnych lub sieci drobnych anastomozujących lamin (*regularly alternating laminae, networks of thin anastomosing laminae* wg Leonowicz i in., 2021). W Rudawce Rymanowskiej zostały one opisane w skałach węglanowych i są interpretowane jako maty mikrobialne rozwijające się na dnie w czasie przerwy w sedymentacji pomiędzy kolejnymi zakwitami fitoplanktonu lub równoległe z depozycją peloidów w czasie zakwitów.

Klasty drobnolaminowanych iłowców, występujące w piaskowcach, stanowią fragmenty redeponowanych mat mikrobialnych. Można je wiązać ze strukturą soczewek laminowanych nieregularnie (*irregularly laminated lenses* wg Leonowicz i in., 2021), które powstały w wyniku erozji i ponownego osadzenia przez prądy w warunkach zwiększonej energii i tempa sedymentacji.

WNIOSKI

Struktury występujące w łupkach menilitowych w profilu Tarnawka są związane z rozwojem bentonicznych mat mikrobialnych, o czym świadczą obecność algowych i bak-

teryjnych macerałów, w tym lamalginitu, zwanego stromatolitowym alginitem. Maty wzrastały w okresach zatrzymanej lub spowolnionej sedymentacji, następujących naprzemiennie z okresami sedymentacji hemipelagicznej lub zakwitów fitoplanktonu okrzemkowego. W czasie depozycji z suspensji następowała dostawa detrytus mineralnego, peloidów, bioklastów, telalginitu oraz litrodetrynitu, może też części lamalginitu. W wyniku depozycji prądowej tworzyły się piaskowce zawierające redeponowane fragmenty mat mikrobialnych.

Autorzy składają podziękowania dr hab. Katarzynie Jarmolowicz-Szulc za cenne uwagi. Badania wykonano przy wsparciu finansowym Priorytetowego Obszaru Badawczego Antropocen w ramach Programu Strategicznego Inicjatywa Doskonałości na Uniwersytecie Jagiellońskim.

LITERATURA

- CHARACKLIS W.G., MARSHALL K.C. (red.) 1990 – Biofilm. John Wiley & Sons; New York.
- CUADRADO D.G., PANC J., GÓMEZ E.A., MAISANO L. 2015 – Deformed microbial mat structures in a semiarid temperate coastal setting. *Sedim. Geol.*, 325: 106–118.
- GERDES G., KLENKE T., NOFFKE N. 2000 – Microbial signatures in peritidal siliciclastic sediments: a catalogue. *Sedimentology*, 47: 279–308.
- HUTTON A.C. 1987 – Petrographic classification of oil shales. *Intern. J. Coal Geol.*, 8: 203–231.
- KOTLARCYK J. 1988 – Geologia Karpat przemyskich – „szkic do portretu”. *Prz. Geol.*, 36: 325–333.
- KOTLARCYK J., LEŚNIAK T. 1990 – Dolna część formacji menilitowej z poziomem diatomitów z Futomy w jednostce skolskiej polskich Karpat. *Wyd. AGH, Kraków*.
- LEONOWICZ P., BIENKOWSKA-WASILUK M., OCHMAŃSKI T. 2021 – Benthic microbial mats from deep-marine flysch deposits (Oligocene Menilite Formation from S Poland): Palaeoenvironmental controls on the MISS types. *Sedim. Geol.*, 417: 105881.
- NOFFKE N., KNOLL A.H., GROTZINGER J.P. 2002 – Sedimentary controls on the formation and preservation of microbial mats in siliciclastic deposits: a case study from the Upper Neoproterozoic Nama Group, Namibia. *Palaios*, 17: 533–544.
- PICKEL W., KUS J., FLORES D., KALAITZIDIS S., CHRISTANIS K., CARDOTT B.J., MISZ-KENNAN M., RODRIGUES S., HENTSCHEL A., HAMOR-VIDOH M., CROSDALE P., WAGNER N., ICCP 2017 – Classification of liptinite – ICCP System 1994. *Intern. J. Coal Geol.*, 169: 40–61.
- SALATA D., UCHMAN A. 2012 – Heavy minerals from the Oligocene sandstones of the Menilite Formation of the Skole Nappe, SE Poland: a tool for provenance specification. *Geol. Quart.*, 56: 803–820.
- SCHIEBER J., BOSE P.K., ERIKSSON P.G., BANERJEE S., SARKAR S., ALTERMANN W., CATUNEANU O. (red.) 2007 – Atlas of Microbial Mat Features Preserved Within the Clastic Rock Record, vol. 2. Elsevier, Amsterdam.
- STASIUK L.D. 1994 – Oil-prone alginite macerals from organic-rich Mesozoic and Palaeozoic strata, Saskatchewan, Canada. *Marine Petrol. Geol.*, 11: 208–217.
- STACH E., THMACKOWSKY M., TEICHMÜLLER M., TAYLOR G.H., CHANDRA D., TEICHMÜLLER R. 1982 – Stach's Textbook of Coal Petrology. 3rd Edition. Gebrüder Borntraeger, Berlin.

Praca wpłynęła do redakcji 4.05.2023 r.
Akceptowano do druku 29.05.2023 r.