

Mikrofacje i diageniza wapieni oolitowych najniższego triasu w profilu Gorzów Wielkopolski IG 1 (zachodnia Polska)

Marek Jasionowski¹, Anna Becker¹



M. Jasionowski A. Becker

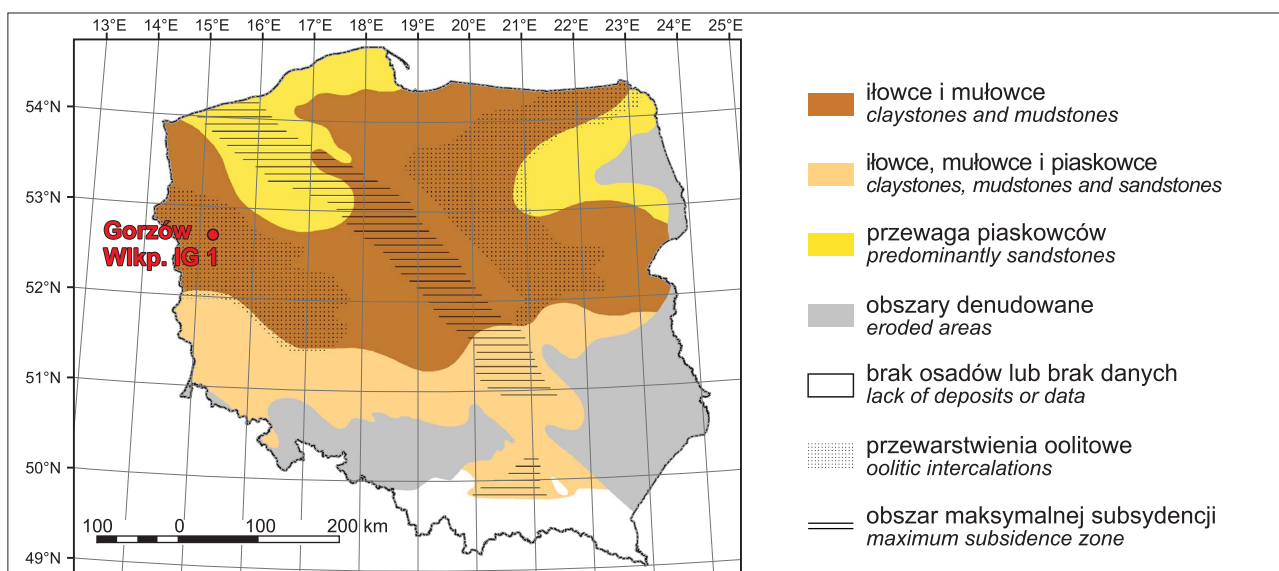
Microfacies and diagenesis of the lowermost Triassic oolitic limestones from the Gorzów Wielkopolski IG 1 borehole (western Poland). *Prz. Geol.*, 71: 292–297; doi: 10.7306/2023.27

A b s t r a c t. Lowermost Triassic oolitic limestones occur in the Gorzów Wielkopolski IG 1 borehole as thin intercalations (mostly less than 1 m thick) within laminated or massive reddish brown mudstones or sandy mudstones of the Baltic and Pomerania formations of the Lower and Middle Buntsandstein, respectively. In order to characterize the microfacies and diagenesis of the limestones, 46 thin sections from 44 core specimens were investigated. The limestone intercalations are poorly diversified in terms of microfacies, especially in the lower part of the section (Baltic Formation), where almost exclusively fine-grained, well-sorted ooid grainstones occur. The upper part of the section (Pomerania Formation) is more diverse. In addition to grainstones similar to those of the Baltic Formation, coarse-grained and/or poorly sorted ooid grainstones, subordinate stromatolites, oncoid grainstones, and mudstones are present. The limestones are almost completely devoid of bioclasts. The only organic remains present in the thin sections are single rounded plates composed of apatite (possibly fish scales) and, even rarer, snail shells and small shells of other organisms (bivalves?, ostracods?), now dissolved (probably originally aragonitic) and visible only due to the preserved coatings of micritic calcite cement previously precipitated on them. The diagenesis of these deposits has not been very intensive and involves mainly cementation by calcite and subordinately by anhydrite, recrystallization of some ooids and other grains (including carbonate bioclasts), and to a lesser extent by dissolution under pressure.

Keywords: Lower Triassic, oolitic limestones, microfacies, diagenesis

W profilu otworu Gorzów Wielkopolski IG 1 (zachodnia Polska, ryc. 1) – w formacji bałtyckiej (dolny pstry piaskowiec) oraz w formacji pomorskiej (środkowy pstry piaskowiec) najniższego triasu (ryc. 2) – występują wapienie oolitowe, a także, dużo rzadziej, wapienie stromatolityczne i bioklastyczne, miejscami piaszczyste. Wapienie te tworzą przewarstwienia (rzadko przekraczające 1 m miąższości) w osadach drobnoklastycznych, najczęściej lami-

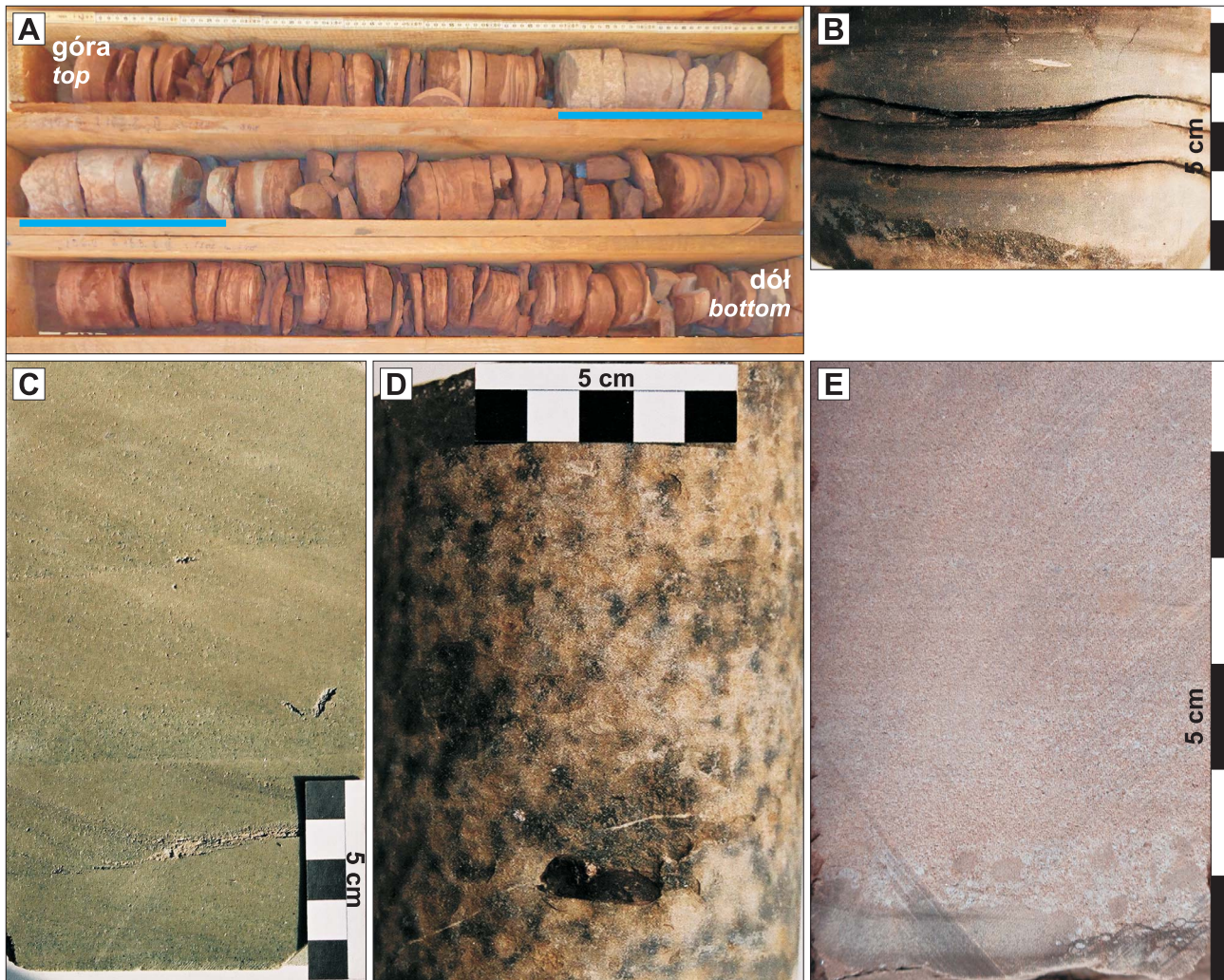
nowanych soczewkowo i faliście, miejscami marglistych (ryc. 3A). Z przewarstwień wapiennych pobrano 44 próbki rdzenia wiertniczego, z których wykonano 46 szlifów cienkich do analiz petrograficzno-mikrofacjalnych w mikroskopie polaryzacyjnym. Na wyselekcjonowanych 10 szlifach wykonano badania katodoluminescencyjne (CL) oraz badania geochemiczne mikrosondą jonową *Cameca* SX 100/SEM.



Ryc. 1. Lokalizacja otworu Gorzów Wielkopolski IG 1 na tle rozkładu facji środkowego pstrego piaskowca w Polsce (wg Szyperko-Teller, 1997, zmodyfikowane)

Fig. 1. Location of the Gorzów Wielkopolski IG 1 borehole on the background of the Middle Buntsandstein facies distribution in Poland (after Szyperko-Teller, 1997, modified)

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00–975 Warszawa; marek.jasionowski@pgi.gov.pl; anna.becker@pgi.gov.pl; ORCID-ID: M. Jasionowski – 0000-0003-3825-7859, A. Becker – 0000-0001-6255-4007



Ryc. 3. Wapienie oolitowe najniższego triasu z otworu Gorzów Wielkopolski IG 1: **A** – przewarstwienie szarego wapienia oolitowego (zaznaczone na niebiesko) wśród czerwono-brązowych iłowców mułowcowych, laminowanych soczewkowo, miejscami faliście, podrzędnie masywnych, fm. pomorska, głęb. 2158,9–2161,9 m, skrzynki z rdzeniem mają długość 1 m; **B** – wapień oolitowy laminowany smużyście, fm. bałtycka, głęb. 2293,76 m; **C** – warstwowanie przekątne w szarym wapieniu oolitowym, fm. pomorska, głęb. 2121,0 m; **D** – wapień oolitowy z intraklastem czerwono-brązowego iłowca w spągu, fm. bałtycka, głęb. 2473,95 m; **E** – jasnowieśniowy wapień oolitowy laminowany horyzontalnie z lamina zlepieńca śródformacyjnego w spągu, fm. pomorska, głęb. 2170,0 m. Fot. A. Becker

Fig. 3. Lowermost Triassic oolitic limestones in the Gorzów Wielkopolski IG 1 borehole: **A** – grey oolitic intercalation (depicted in blue) within lenticular to wavy laminated, partly massive reddish-brown muddy claystones, Pomerania Fm., 2158.9–2161.9 m depth; core boxes in Fig. A are 1 m in length; **B** – flaser-laminated oolitic limestone, Baltic Fm., 2293.76 m; **C** – grey cross-bedded oolitic limestone, Pomerania Fm., 2121.0 m depth; **D** – oolitic limestone with a reddish-brown claystone intraclast at the bottom, Baltic Fm., 2473.95 m depth; **E** – horizontally laminated reddish oolitic limestone with an intraformational conglomeratic leg at the bottom, Pomerania Fm., 2170.0 m. Photo by A. Becker

→

Ryc. 4. Mikrofacje wapieni oolitowych najniższego triasu z otworu Gorzów Wielkopolski IG 1. Fotografie w mikroskopie polaryzacyjnym (PL) i w katodoluminescencji (CL): **A** – drobnoziarnisty, dobrze wysortowany greinston ooidowy, składający się z radialnych ooidów wygaszających światło krzyżowo, scementowany kalcytem blokowym (próbka 49 z głęb. 2431,85 m), PL – skrzyżowane polaryzatory; **B** – niewysortowany greinston ooidowy, scementowany kalcytem blokowym (próbka 117 z głęb. 2199,82 m), PL – skrzyżowane polaryzatory; **C i D** – silnie zapiaszczony greinston ooidowy, scementowany kalcytem blokowym (pomarańczowy w CL) oraz dolomitom (liczne kryształy o romboidalnym pokroju, świecące na różowo w CL w przestrzeni porowej między ooidami); w ooidach widoczne cienkie, koncentryczne obwódki dolomitu (różowe w CL; próbka z głęb. 2134,2 m), C – PL – skrzyżowane polaryzatory, D – CL; **E** – fosforytowy bioklast (łuska ryby?) w greinstonie ooidowym, ziarna węglanowe są otoczone drobnokrystalicznym cementem obwódkowym, a reszta przestrzeni porowej jest wypełniona cementem blokowym (próbka 108 z głęb. 2228,5 m), PL – skrzyżowane polaryzatory; **F** – zrekrystalizowany greinston ooidowo-bioklastyczny z widocznymi zarysami muszli małego ślimaka (lewa część zdjęcia) oraz skorupkami nieidentyfikowalnych drobnych organizmów (próbka 134 z głęb. 2170,09 m), PL – bez analizatora. Fot. M. Jasionowski

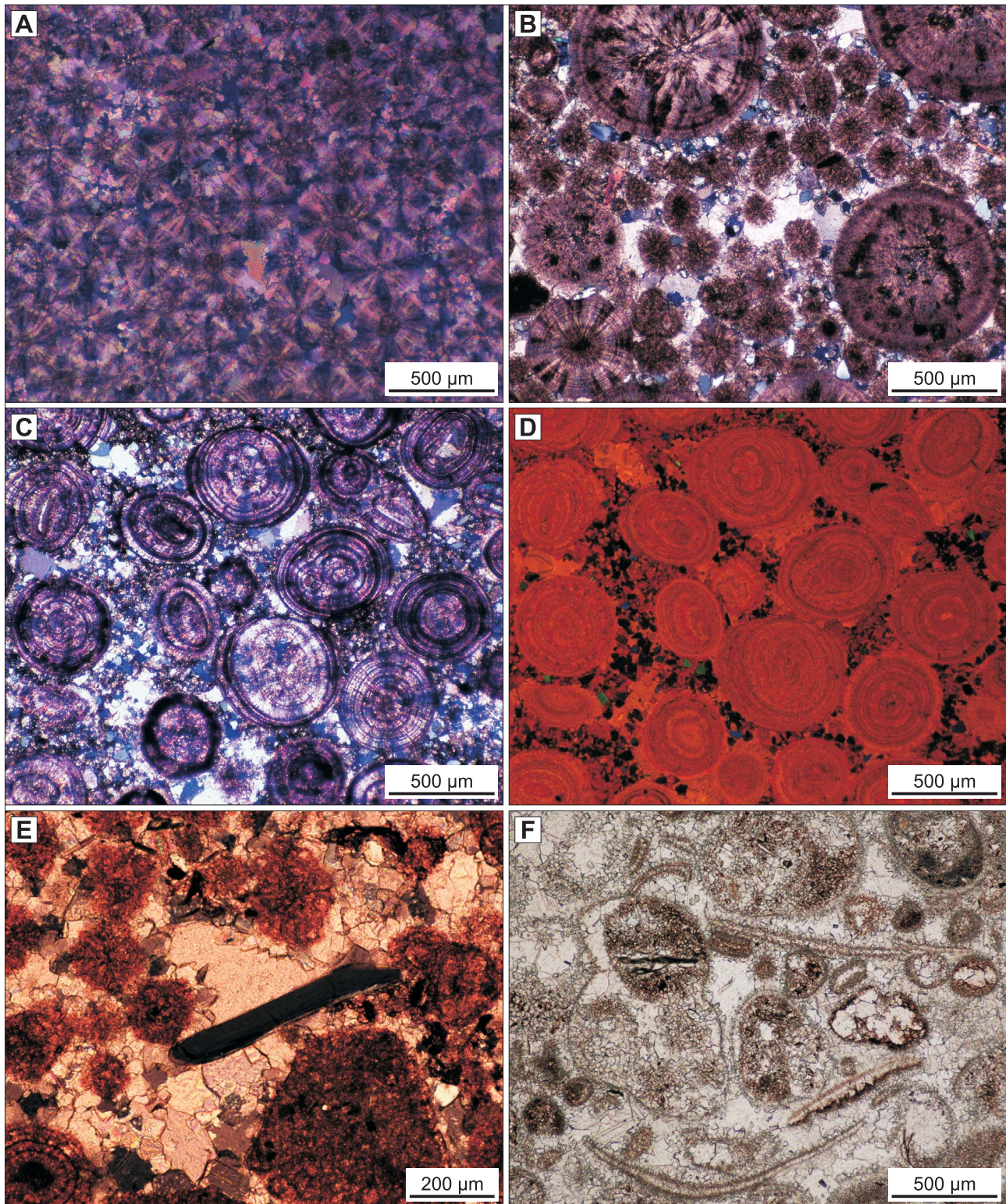
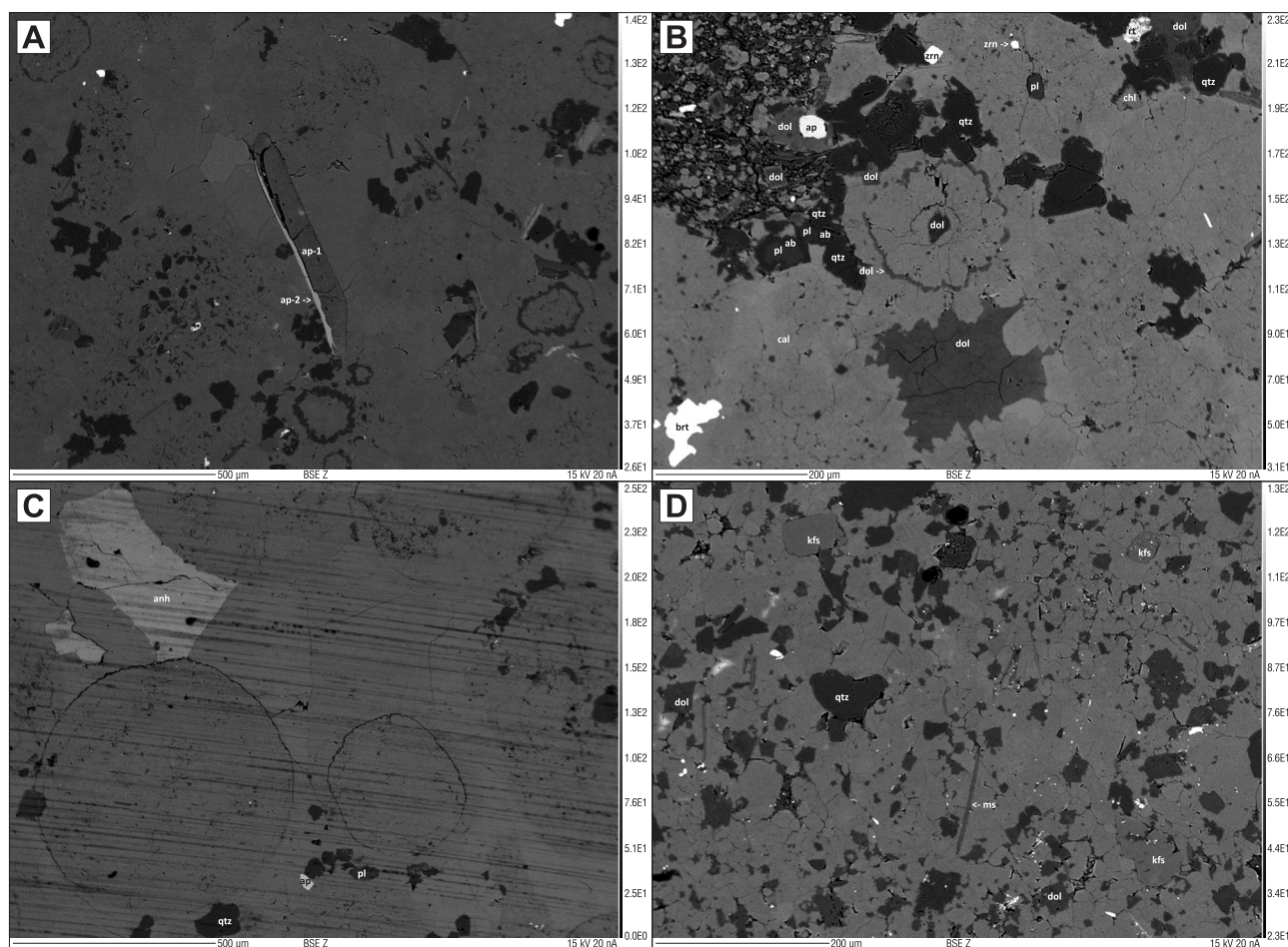


Fig. 4. Microfacies of the Lower Triassic oolitic limestones from the Gorzów Wielkopolski IG 1 borehole. Microphotographs in polarized light (PL) and cathodoluminescence (CL): **A** – fine-grained, well-sorted ooid grainstone, composed of radial ooids with cross-like extinction pattern under crossed polars, cemented with blocky calcite (sample 49, depth 2431.85 m), PL – crossed polars; **B** – unsorted ooidal grainstone, cemented with blocky calcite (sample 117, depth 2199.82 m), PL – crossed polars; **C** and **D** – ooid grainstone with significant admixture of quartz grains, cemented with blocky calcite (orange in CL) with a large content of dolomite (pinkish in CL), that forms concentric rims within the ooids, and numerous rhomboid single crystals in the pore space between the ooids (sample from a depth of 2134.2 m), **C** – PL – crossed polars, **D** – CL; **E** – phosphatic bioclast (fish scale?) in ooid grainstone, carbonate grains are surrounded by fine-crystalline rim cement and the rest of the pore space is occluded with blocky calcite cement (sample 108, depth 2228.5 m), PL – crossed polars; **F** – recrystallized ooidal-bioclastic grainstone, with outlines of a small snail shell (left part of the photo) and shells of unidentifiable small organisms (sample 134, depth 2170.09 m), PL – no analyzer. Photo by M. Jasionowski



Ryc. 5. Wapienie oolitowe – fotografie w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM): **A** – fosforanowa łuska? ryby składająca się z dwóch odmian apatytu (próbka 108 z głęb. 2228,5 m); **B** – różne generacje kryształów dolomitu (obwódka dolomitowa w ooidzie, mozaika cementu dolomitowego oraz pojedyncze, idiomorficzne kryształy), widoczny również autogeniczny baryt oraz liczne ziarna materiału terygenicznego – kwarc, skalenie, apatyt i cyrkon (próbka 49 z głęb. 2431,85 m); **C** – cement anhydrytowy wypełniający część przestrzeni porowej między ooidami – większość zajmują kalcytowy cement blokowy (próbka 115 z głęb. 2202,00 m); **D** – romboidalne kryształy autogenicznego dolomitu w madstonie zawierającym dużą domieszkę materiału terygenicznego – kwarc, łuszczyki i skalenie (próbka 158 z głęb. 2105,96 m). Fot. G. Zieliński

Fig. 5. Oolitic limestones – Scanning Electron Microscope (SEM) images: **A** – a phosphatic fish scale? composed of two varieties of apatite (sample 108, depth 2228.5 m); **B** – various generations of dolomite crystals – dolomite rim within an ooid, dolomite cement mosaic and single idiomorphic crystals, authigenic barite and numerous grains of terrigenous material – quartz, feldspars, apatite and zircon – are also visible (sample 49, depth 2431.85 m); **C** – anhydrite cement occluding part of the pore space between the ooids – most of it is occupied by calcite blocky cement (sample 115, depth 2202.00 m); **D** – rhomboid crystals of authigenic dolomite in mudstone that contains also a large admixture of terrigenous material – quartz, mica, feldspar (sample 158, depth 2105.96 m). Photo by G. Zieliński

Osady formacji bałtyckiej były deponowane w środowisku sebhya przybrzeżnej i laguny, formacji pomorskiej zaś w środowisku laguny czy nawet płytkiego szelfu (Becker, 2005, 2014; Feldman-Olszewska, 2014). Nadal w literaturze jest dyskutowany problem istnienia ingresji morskich w basenie środkowej Europy, w tym Polski, i kierunku ich rozprzestrzeniania się w najwcześniejszym triasie. Szulc (2019) wykazał występowanie morskiej fauny w wyższej formacji pomorskiej otworu Gorzów Wielkopolski IG 1, co wydaje się przesądzać o morskiej genezie co najmniej tej części sukcesji.

Badane przewarstwienia węglanowe są na ogół słabo zróżnicowane mikrofacjalnie, szczególnie w dolnej części profilu (formacja bałtycka). Zdecydowanie dominują wśród nich greinstony ooidowe (ryc. 4A–D). W wyższej części profilu (formacja pomorska) poza greinstonami ooidowymi występują sporadycznie także stromatolity

(próbka nr 136, ryc. 2) i greinstony onkoidowe (próbka 155, ryc. 2) oraz madstony (próbka nr 158, ryc. 2). Po części wynika to z faktu preferencyjnego opróbowania przewarstwień wapieni oolitowych (por. opis facji w Feldman-Olszewska, 2014 oraz Szulc, 2019). W większości badanych przewarstwień ziarna ooidowe są drobne i dobrze wysortowane (ryc. 4A) – w szczególności w niższej części profilu (formacja bałtycka). Ooidy mają sferyczny lub lekko owalny kształt, a ich średnica waha się zwykle w przedziale 200–400 μm . Rzadziej spotyka się greinstony ooidowe gruboziarniste lub też słabo wysortowane, zawierające duże ooidy (ryc. 4B), o średnicy ponad 1 mm. Utwory o takim wykształceniu występują prawie wyłącznie w wyższej części profilu (formacja pomorska). Greinstony ooidowe tylko w nielicznych przypadkach zawierają większą domieszkę piasku kwarcowego (ryc. 4C, D), rozproszonego między ooidami bądź tworzącego drobne laminy.

W badanych utworach występują różne typy ooidów, podobnie jak w analogicznych osadach pstręgo piaskowca w innych częściach basenu triasowego (np. Usdowski, 1962; Paul i in., 2011; Becker i in., 2020). Dominują ooidy radialne (ryc. 4A), ale spotyka się także ooidy koncentryczne (tangencjalne) i radialno-koncentryczne. Jądrami ooidów są drobne peloidy lub inne nieidentyfikowalne ziarna mikrytowe – często wzrost ooidów następował na ziarnach tak małych, że prawie nierozpoznawalnych. Bardzo rzadko obserwuje się ooidy złożone (agregaty ooidowe) i ooidy regenerowane. Nie zauważono, by jądrami ooidów były ziarna kwarcu lub inny materiał terygeniczny.

Opisywane wapienie oolitowe są prawie całkowicie pozbawione bioklastów. Jedyne szczątki organiczne, które zaobserwowano w analizowanych szlifach, to nieliczne, płytkowe bioklasty o składzie apatytu (być może łuski ryb, ryc. 4E, ryc. 5A) oraz, jeszcze rzadziej spotykane, muszle ślimaków i drobne skorupy innych organizmów – małży? lub małżoraczków? (ryc. 4F). Są one obecnie rozpuszczone (pierwotnie aragonitowe), a widoczne dzięki zachowanym powłokom mikrytowego cementu kalcytowego, który wytrącił się na nich wcześniej.

Oprócz kwarcu minerałami terygenicznymi występującymi akcesorycznie w badanych osadach są m.in. skalenie (potasowe i plagioklasy), apatyt, łuszczyki, minerały ilaste i cyrkon (ryc. 4C, D, ryc. 5A–D).

PROCESY DIAGENETYCZNE

Głównymi procesami diagenetycznymi, jakim były poddane badane utwory, są: cementacja, rozpuszczanie oraz dość rzadko kompaktacja chemiczna (rozpuszczanie pod ciśnieniem); ponadto w części badanych próbek można zaobserwować wyraźne oznaki rekrytalizacji ooidów.

Stwierdzono trzy generacje cementów kalcytowych. Najwcześniejszą stanowi cement obwódkowy (ryc. 4E), tworzący cienkie powłoki wokół ooidów czy innych ziaren. Składa się on z drobnych, niekiedy włóknistych kryształów. W CL cement ten wykazuje często brak świecenia i ma prawdopodobnie genezę synsedymencyjną. Późniejsze cementy, związane z pogrzebaniem, to grubokrystaliczny cement blokowy (ryc. 4A, B, C, E, ryc. 5C), świecący zazwyczaj intensywnie w CL (ryc. 4D), oraz stwierdzony w kilku próbkach cement poikilitowy (duże monokryształy obejmujące wiele ziaren). Ponadto sporadycznie spotyka się także cementy anhydrytowe (ryc. 5C).

Kompaktacja chemiczna obejmująca rozpuszczanie pod ciśnieniem przejawia się obecnością szwów stylolitowych oraz wcisków na granicy ziaren. Stwierdzono ją tylko w nielicznych badanych próbkach. Wydaje się, że była ona w dużym stopniu kontrolowana obecnością lub brakiem wczesnych cementów synsedymencyjnych.

Wyniki badań mikrosondą wykazały, że wapienie składają się prawie wyłącznie z kalcytu niskomagnezowego. Miejscami są widoczne domieszki dolomitu, który tworzy cienkie, koncentryczne laminki w ooidach oraz drobne „wprysnięcia”, a czasem idiomorficzne kryształy (ryc. 5A, B, D). Dolomit ten jest także widoczny w obrazach CL, na których wykazuje wyraźną, różnowarową barwę (ryc. 4D). Geneza dolomitu może być związana z diagenetycznym przeobrażeniem kalcytu magnezowego w kalcyt nisko-

magnezowy i spowodowanym przez ten proces uwolnieniem jonów Mg do roztworów porowych.

Innymi minerałami autigenicznymi, występującymi akcesorycznie w badanych utworach, są (poza dolomitem) m.in.: celestyn, baryt (ryc. 5B), krzemionka oraz piryt.

PODSUMOWANIE

Przewarstwienia wapieni w osadach niższego pstręgo piaskowca w otworze Gorzów Wielkopolski IG1 charakteryzują się słabym zróżnicowaniem mikrofacjalnym, w szczególności w dolnej części profilu (formacja bałtycka), gdzie występują prawie wyłącznie drobnoziarniste, dobrze wysortowane greinstony ooidowe. Wyższa część profilu (formacja pomorska) jest bardziej zróżnicowana. Obok greinstonów, podobnych jak w formacji bałtyckiej, spotyka się w niej greinstony ooidowe gruboziarniste lub też słabo wysortowane, a ponadto podrzędnie stromatolity, greinstony onkoidowe i madstony. Diageniza tych osadów nie była bardzo intensywna – obejmowała głównie cementację kalcytem i podrzędnie anhydrytem, rekrytalizację części ooidów i innych ziaren (w tym bioklastów węglanowych) oraz podrzędnie rozpuszczanie pod ciśnieniem.

Autorzy składają serdeczne podziękowania Recenzentce – dr Marcie Kuberskiej za cenne uwagi i wskazówki, które pozwoliły na ulepszenie artykułu. Prace zostały sfinansowane ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki (grant statutowy PIG-PIB nr 61.2201.2200.00.0).

LITERATURA

- BECKER A. 2005 – Sequenzstratigraphie und Fazies des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im östlichen Teil des Germanischen Beckens (Deutschland, Polen). *Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften*, Reihe B, Beiheft 21: 1–117.
- BECKER A. 2014 – Facje i cykliczność sedimentacji dolnego i środkowego pstręgo piaskowca. [W:] *Feldman-Olszewska A. (red.), Gorzów Wielkopolski IG 1. Prof. Głęb. Otw. Wiert. Państw. Instyt. Geol.*, 141: 155–164.
- BECKER A., FIJAŁKOWSKA-MADER A., JASIONOWSKI M. 2020 – Marine vs. terrestrial environments during Early Triassic deposition on the northeastern margin of the Central European Basin – a multidisciplinary study on the Middle Buntsandstein of the Bartoszyce IG 1 borehole, NE Poland. *Geol. Quart.*, 64: 1023–1047.
- FELDMAN-OLSZEWSKA A. 2014 – Charakterystyka litologiczno-stratygraficzna utworów dolnego i środkowego pstręgo piaskowca oraz stratygrafia sekwencji. [W:] *Feldman-Olszewska A. (red.), Gorzów Wielkopolski IG 1. Prof. Głęb. Otw. Wiert. Państw. Inst. Geol.*, 141: 141–154.
- GAJEWSKA I., SZYPERKO-ŚLIWCZYŃSKA A. 1979 – Pstry piaskowiec dolny i środkowy. [W:] *Jaskowiak-Schoeneich M. (red.), Budowa geologiczna niecki szczecińskiej i bloku Gorzowa. Pr. Inst. Geol.*, 96: 25–37.
- PAUL J., PERYT T.M., BURNE R.V. 2011 – Kalkowsky's Stromatolites and Oolites (Lower Buntsandstein, Northern Germany). [W:] *Advances in Stromatolite Geobiology: Lecture Notes in Earth Sciences*, 131: 13–28.
- SZULC J. 2019 – Lower Triassic marine Buntsandstein deposits in the Central European Basin. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 170: 311–320.
- SZYPERKO-ŚLIWCZYŃSKA A. 1973 – Korelacja profili dolnego i środkowego pstręgo piaskowca w zachodniej Polsce. *Kwart. Geol.*, 17 (2): 261–273.
- SZYPERKO-TELLER A. 1997 – Trias dolny (pstry piaskowiec). *Litostratygrafia i litofacje. Sedymencja, paleogeografia i paleotektonika*. [W:] *Marek S., Pajchłowa M. (red.), Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. Pr. Państw. Inst. Geol.*, 143: 121–132.
- USDOWSKI H.E. 1962 – Die Entstehung der kalkoolithischen Fazies des norddeutschen Unteren Buntsandsteins. *Beiträge zur Mineralogie und Petrographie*, 8: 141–179.

Praca wpłynęła do redakcji 11.04.2023 r.
Akceptowano do druku 10.05.2023 r.