

Kalcytowe pseudomorfozy po siarczanach z warstw terebratulowych

Adam Bodzioch*, Tomasz Wojaczyk*

Adam Bodzioch & Tomasz Wojaczyk — *Calcitic pseudomorphs after sulphates from the Terebratula Beds (Middle Triassic, Upper Silesia, southern Poland)*; Prz. Geol. 46: 450–452.

Summary. Calcitic pseudomorphs after sulphate minerals (Figs. 2, 3) have been found in the vicinity of Dziewkowice and Góra św. Anny (Upper Silesia, Poland), in the Terebratula Beds (Fig. 1) deposited during maximum flood of the Lower Muschelkalk transgression. The close relation between pseudomorphs and *Thalassinoides* burrows, as well as their co-occurrence with pyrite, can be explained as the effect of bacterial activity during early diagenesis:

- storm deposition of allochthonous coquina layer,
- decomposition of soft tissue of buried animals by aerobic bacteria: crystallization of sulphate minerals,
- decomposition of sulphates in anaerobic conditions,
- in situ replacement of sulphates by calcium carbonate, i.e. origin of pseudomorphs
- crystallization of pyrite.

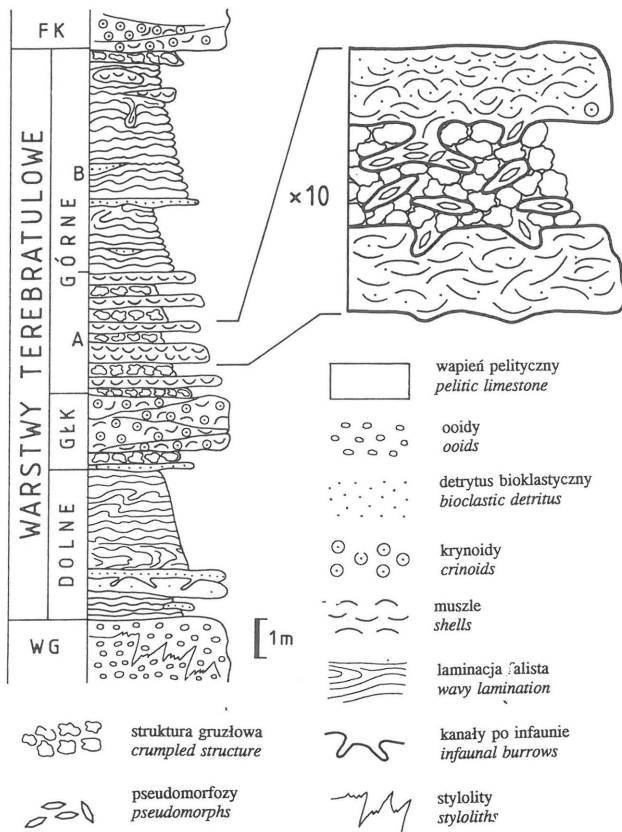
Key words: Middle Triassic, Terebratula beds, early diagenesis, pseudomorphism, calcitic, sulfates, biogenic, processes, bacteria, aerobic environment, Upper Silesia

Siarczany oraz różnego rodzaju relikty po nich występują dość pospolicie w morskich utworach epikontynentalnego triasu Europy. W Polsce znajdowano je dotychczas w rewie i środkowym wapieniu muszlowym obrzeżenia Gór Świętokrzyskich oraz na niżu (np. Senkowiczowa, 1973; Gajewska, 1988; Szyperko-Teller & Moryc, 1988; Czapowski i in., 1992), a także w poziomach komórkowych retu i wapienia muszlowego na Górnym Śląsku (np. Bodzioch & Kwiatkowski, 1992). We wszystkich tych przypadkach utworzenie się siarczanów było spowodowane ewaporacją. Opisane tu pseudomorfozy pochodzą z warstw terebratulowych, które osadziły się w najbliższej strefie górnośląskiego basenu sedymentacji muszlowego (np. Szulc, 1993), co wyklucza ich ewaporacyjną genezę. Wstępne opracowanie pseudomorfoz, znalezionych przez autorów w nieczynnym kamieniołomie w Dziewkowicach koło Strzelec Opolskich oraz w łomikach na Górze św. Anny (Wojaczyk, 1997) wskazuje, że są one wynikiem złożonych

procesów biochemicznych zachodzących we wczesnych stadiach diagenety.

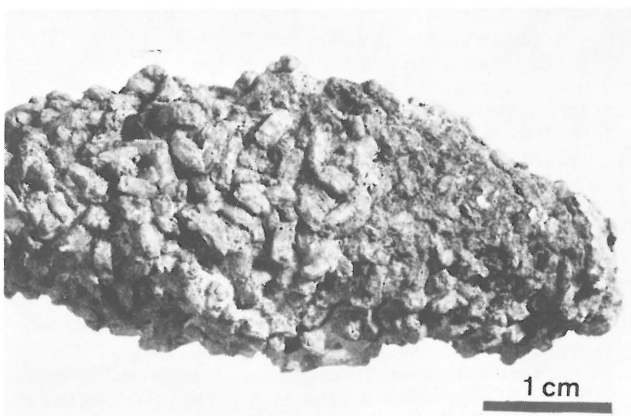
Obecność kalcytowych pseudomorfoz po siarczanach została stwierdzona w niższej części warstw terebratulowych górnych (*sensu* Assmann, 1944; Siedlecki, 1949; Kotlicki & Kubicz 1974; Bodzioch, 1985), składającej się z naprzemianległych ławic muszlowców o genezie sztormowej (Dżułyński & Kubicz, 1975) i pelitycznych wapieni gruzłowych, których struktura powstała w wyniku intensywnej penetracji osadu przez bezszkieletową infaunę (Bodzioch, 1985; Niedźwiedzki, 1993). Pseudomorfozy występują w ławicach wapieni gruzłowych oraz w stropie ławic muszlowców, wewnątrz kanałów *Balanoglossites* i *Thalassinoides* (ryc. 1), tworząc kryształki narosłe lub wypełnienia kanałów (ryc. 2). Poszczególne pseudomorfozy są automorficznymi kryształami o pokroju słupkowym lub grubotabliczkowym, należącymi do klasy bipiramidy rombowej, a ich maksymalne wymiary dochodzą do 1 cm. Najpowszechniej obserwowane postacie słupów rombowych i ich kombinacje z piramidami rombowymi oraz liczne zbliżnienia wskazują, że pierwotnie mogły to być kryształki anhydrytu lub celestynu.

*Instytut Geologii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza
ul. Maków Polnych 16, 60-686 Poznań



Ryc. 1. Pozycja litostratygiczna pseudomorfoz po siarczanach z warstw terebratulowych. Góra św. Anny. WG — warstwy górażdżańskie, FK — formacja karchowicka, GŁK — główna ławica krynoidowa

Fig. 1. Lithostratigraphical position of calcitic pseudomorphs from the Terebratula Beds. Góra św. Anny. WG — Górażdże Beds, FK — Karchowice Formation, GŁK — Main Crinoidal Layer

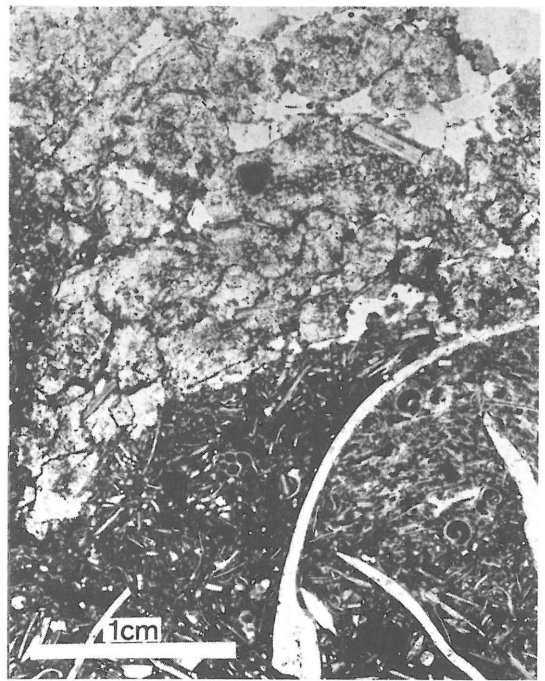


Ryc. 2. Fragment wypełnienia kanału *Thalassinoides* składający się z kalcytowych pseudomorfoz po siarczanach. Warstwy terebratulowe górne, Góra św. Anny

Fig. 2. The infilling of a *Thalassinoides* burrow consisting of calcitic pseudomorphs after sulphate minerals. Terebratula Beds, Góra św. Anny

Wewnątrz pseudomorfoz występuje gruboziarnisty sparyt, natomiast wokół nich — mikryt silnie wzbogacony w żelazo i minerały ilaste (ryc. 3). W bezpośrednim otoczeniu pseudomorfoz obserwuje się koncentrację stosunkowo dużych kryształów pirytu oraz zastąpienie pierwotnej substancji mineralnej muszli cementem sparytowym.

Ścisły związek omawianych pseudomorfoz z kanałami po bezszkieletowej infaunie sugeruje bezpośrednią zależ-



Ryc. 3. Sparytowe wypełnienia pseudomorfoz i otaczający je, wzbogacony w żelazo węglan wapnia. Płytką cienką, warstwy terebratulowe, Góra św. Anny

Fig. 3. Sparry calcite infilling pseudomorphic crystals and ferrous carbonate surrounding them. Thin section, Terebratula Beds, Góra św. Anny

ność ich występowania od rozkładu tkanek zwierzęcych. Podobną sugestię można znaleźć także w literaturze niemieckiej w odniesieniu do celestynu występującego w dolnym wapieniu muszlowym SW Niemiec (np. Schwarz, 1975), jednak dotychczas zależność ta nie była wyjaśniona. Głównym problemem jest tu zjawisko krystalizacji siarczanów w środowisku pełnomorskim. Analizując zgromadzony materiał postawiliśmy hipotezę, że utworzenie się zarówno siarczanów, jak i kalcytowych pseudomorfoz po nich oraz pirytu, następowało wskutek rozwoju bakterii siarkowych. Hipoteza ta jest oparta na następujących przesłankach:

— rozkład tkanek zwierzęcych następuje przede wszystkim wskutek aktywności mikroorganizmów,

— struktura gruzłowa wapieni omawianego poziomu jest wynikiem intensywnej penetracji osadu przez bezszkieletową infaunę,

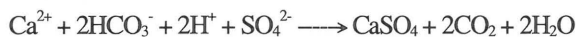
— muszłowce przykrywające ławice wapieni gruzłowych są utworem sztormowym, wobec czego ich gwałtowna depozycja mogła uśmiercić większość osobników organizmów bytujących pod powierzchnią osadu (np. Schäfer, 1962),

— każda ławica muszłowca mogła stanowić warstwę izolującą wody porowe uwięzione w ławicach wapieni gruzłowych od wód dennych, co ogranicza wymianę substancji chemicznych,

— bakterie biorące udział w przemianach siarki występują pospolicie w osadach morskich do głębokości kilku metrów poniżej powierzchni osadu (np. Curtis, 1980).

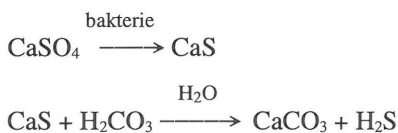
Procesy metaboliczne bakterii rozkładających tkanki zwierzęce mogą prowadzić albo do utleniania, albo do redukcji siarki zawartej w tkankach (np. Domagała & Domka, 1994). W omawianym przypadku, liczne ślady życia makrofauny wskazują, że wody porowe występujące w osadzie gruzłowym bezpośrednio po depozycji warstwy muszłowca

zawierały tlen, wobec czego pierwszym ogniwem rozkładu tkanek zwierzęcych były bakterie tlenowe. Powodują one utlenienie siarki organicznej do jonów siarczanowych SO_4^{2-} , i w konsekwencji — do powstania zdysocjowanego kwasu siarkowego, który reagując z rozpuszczonym w wodzie kwaśnym węglanem wapnia powoduje wytrącenie siarczanów, np.:

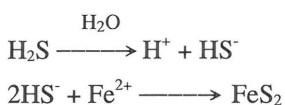


Oprócz wytrącenia siarczanu wapnia, reakcja ta dostarcza dwutlenku węgla do środowiska. Skutkiem tego jest silne rozpuszczanie węglanu wapnia, szczególnie szczątków szkieletowych zbudowanych z aragonitu i wysokomagnezowego kalcytu, w tym przypadku — muszli ramienionogów. Wobec tego, proces zapewnia dostawę jonów wapniowych i w efekcie — umożliwia wzrost kryształów anhydrytu.

Systematyczne zużywanie tlenu przez bakterie aerobowe, a także postęp izolacji geochemicznej następujący stosownie do krystalizacji cementów w warstwie muszłowca i do przyrostu osadu, mógł spowodować zaistnienie warunków beztlenowych w wodach porowych. Położyło to kres krystalizacji siarczanów (zanik bakterii tlenowych) i dało początek rozwojowi bakterii beztlenowych, redukujących siarczany w procesie desulfurikacji (np. Domagała & Domka, 1994). Produktem redukcji są siarczki, które ulegając hydrolizie dają w efekcie węglany oraz siarkowodór:



Węglan wapnia krystalizujący w miejscu rozkładanych siarczanów utworzył pseudomorfozy, natomiast siarkowodór ulegał częściowej dysocjacji, powodując uwolnienie do środowiska jonów wodorosiarczkowych. Mogły się one trwale łączyć praktycznie tylko z jonami żelaza, dając w efekcie piryt powszechnie występujący w omawianych utworach:



Duże tempo bakteryjnego rozkładu substancji organicznych i nieorganicznych, jak również ograniczona głębokość występowania bakterii w osadach morskich wskazują, że omówione powyżej procesy mogły się rozwijać tylko w bardzo wczesnym stadium diagenety, bezpośrednio po depozycji ławicy muszłowca. Przedstawiona interpretacja prowadzi ponadto do wniosku dotyczącego środowiska sedymentacji warstw terebratulowych. Ich ciemnopopielata barwa, wynikająca z dużej ilości rozproszonego pirytu, jest wyjaśniana silnym niedotlenieniem wód dennych (np. Dżułyński & Kubicz, 1975; Szulc, 1993). Z drugiej strony, w ławicach muszłowców zachowane są autochtoniczne zespo-

ły skamieniałości osiadłej epifauny zawieszinożernej (Bodzioch, 1985; Kaim, 1997), co wskazuje na ruchliwość wód dennych, a więc i na względnie dobre ich natlenienie. Zaprezentowany tu model diagenety warstw terebratulowych likwiduje tę sprzeczność, ponieważ warunki redukcyjne rozwijały się w warstwach izolowanych przez ławice muszłowców od wód dennych, które mogły być dobrze natlenione.

Autorzy pragną podziękować Prof. dr hab. Florianowi Domce (Wydział Chemii UAM) za liczne i nieocenione konsultacje z zakresu procesów biochemicznych.

Literatura

- ASSMANN P. 1944 — Die Stratigraphie der oberschlesischen Trias. T. II — Der Muschelkalk. Abh. Reichsamts Bodenforsch., 208: 1–125.
- BODZIOCH A. 1985 — Palaeoecology and sedimentary environment of the Terebratula Beds (Lower Muschelkalk) from Upper Silesia (South Poland). Ann. Soc. Geol. Pol., 55: 127–138.
- BODZIOCH A. & KWIATKOWSKI S. 1992 — Sedimentation and early diagenesis of the Röhth Cavernous Limestone from Gogolin (Upper Silesia). Ann. Soc. Geol. Pol., 62: 223–242.
- CURTIS C.D. 1980 — Diagenetic alteration in black shales. J. Geol. Soc. London, 137: 189–194.
- CZAPOWSKI G., PERYT T.M. & RAUP O.B. 1992 — Carbonate-anhydrite-halite cycles in the Roet (Lower Triassic) of Western Poland. Bull. Pol. Acad. Sc., Earth Sc., 40: 161–164.
- DOMAGAŁA Z. & DOMKA F. 1994 — Desulfurikacja i jej niektóre aspekty ekologiczne. Wiad. Chem., 48: 105–130.
- DŻUŁYŃSKI S. & KUBICZ A. 1975 — Storm accumulations of brachiopod shells and sedimentary environment of the Terebratula Beds in the Muschelkalk of Upper Silesia. Roczn. Pol. Tow. Geol., 45: 157–167.
- GAJEWSKA I. 1988 — Paleomiąższości i litofacje wapienia muszłowego i kajpru dolnego oraz paleotektonika triasu środkowego na Niżu Polskim. Kwart. Geol., 32: 73–82.
- KAIM A. 1997 — Brachiopod-bivalve assemblages of the Middle Triassic Terebratula Beds, Upper Silesia, Poland. Acta Palaeont. Pol., 42: 333–359.
- KOTLIŃSKI S. & KUBICZ A. 1974 — Trias Śląska Opolskiego. [W:] Przew. 46 Zjazdu Pol. Tow. Geol., Opole 1974: 18–26.
- NIEDŹWIEDZKI R. 1993 — Warunki sedymentacji osadów dolnego wapienia muszłowego w rejonie Góry św. Anny. Acta Univ. Wratisl. Pr. Geol.-Miner., 36: 61–77.
- SCHÄFER W. 1962 — Aktuo-Paläontologie. Nach Studien in der Nordsee. Krammer, Frankfurt/M.
- SCHWARZ U.H. 1975 — Sedimentary structures and facies analysis of shallow marine carbonates (Lower Muschelkalk, Middle Triassic, Southwestern Germany). Contributions to Sedimentology, 3: 1–100.
- SENKOWICZOWA H. 1973 — Trias. Obszary występowania i stratygrafia. Obszar pozakarpcki. [W:] Sokołowski S. (red.), Budowa geologiczna Polski, T. 1, Stratygrafia, cz. 2, Mezozoik. Wyd. Geol.: 30–87.
- SIEDLECKI S. 1949 — Zagadnienia stratygrafii morskich osadów triasu krakowskiego. Roczn. Pol. Tow. Geol., 18: 191–272.
- SZULC J. 1993 — Early Alpine tectonics and lithofacies succession in the Silesian part of the Muschelkalk Basin. A synopsis. [W:] Hagdorn H. & Seilacher A. (ed.) Muschelkalk. Schöntaler Symposium 1991. (Sonderbände der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg 2), Stuttgart, Korb (Goldschneck) 1993: 19–28.
- SZYPERKO-TELLER A. & MORYC W. 1988 — Rozwój basenu sedymentacyjnego pstrego piaskowca na obszarze Polski. Kwart. Geol., 32: 53–72.
- WOJACZYK T. 1997 — Budowa geologiczna Góry św. Anny ze szczególnym uwzględnieniem utworów triasu. Arch. Inst. Geol. UAM, Poznań.