



UKD 552.58:550.72/73:561.231/232:539.24:552.122:552.541:551.736.3(438–16)

Projekt 157

Tadeusz Marek PERYT, Ryszard WAGNER

## Mikrostruktury stromatolitów i onkoidów z wapienia cechsztyńskiego Polski północno-zachodniej

Omówiono mikrostruktury utworów cjanobakteryjnych: stromatolitów i onkoidów występujących w wapieniu cechsztyńskim NW Polski oraz zinterpretowano środowiska ich powstania. Wyróżniono dwa zasadnicze typy mikrostruktur stromatolitów: zwartą i okienkową (fenestralną), związane z pierwotnym zróżnicowaniem środowiska powstania i składu mineralnego stromatolitów. Stwierdzono identyczność mikrostruktur utworów cjanobakteryjnych niezależnie od ich makrostruktur, co może wskazywać na biologiczne uwarunkowanie ich powstania.

### WSTĘP

W wapieniu cechsztyńskim Polski północno-zachodniej utwory cjanobakteryjne – stromatolity i onkolity – występują przede wszystkim w górnej jego części (E. Czajor, R. Wagner, 1973; R. Wagner, 1976, 1979), chociaż nierzadko spotyka się sekwencje utworzone niemal w całości przez te utwory. Stromatolity i onkolity występują zarówno w centralnej, jak i peryferycznej części zbiornika, i dlatego też podjęto badania porównawcze mikrostruktur dla określenia ich genezy.

W nauce o stromatolitach jako mikrostrukturę utworów cjanobakteryjnych rozumie się skład materiału organicznego, rozmieszczenie i kształt laminy – podstawowej jednostki tworzącej struktury cjanobakteryjne – oraz związki między laminami (T.M. Peryt, 1981a). Z badań współczesnych stromatolitów i ich odpowiedników wiadomo, że laminacja jest związana z powtarzającymi się zmianami środowiska wpływającymi na życie maty mikrobiologicznej. Zmiany mikrostruktur stromatolitowych odzwierciedlają zmiany zespołów sinic tworzących stromatolity, przy czym mogą one zachodzić równocześnie ze zmianami środowiska sedymentacji oraz makrostruktury stromatolitów.<sup>1</sup> Końcowy efekt działalności podobnych zespołów sinic w różnych warunkach środowiskowych może się wyrażać różnymi makrostrukturami o identycznych mikrostrukturach. Z tego też względu wnioski

<sup>1</sup> Jako makrostrukturę w nauce o stromatolitach rozumie się takie cechy, jak rozkład stromatolitów, sposób ich rozgałęzienia czy też stopień wypukłości (T.M. Peryt, 1981a)

dotyczące zmian mikrostruktur w czasie i przestrzeni powinny wpływać ze szczegółowej analizy zmian środowiska sedymentacji w poszczególnych sekwencjach wapienia cechsztyńskiego.

Stromatolity i onkoidy z wapienia cechsztyńskiego Polski północno-zachodniej były uprzednio przedmiotem badań M. Szulczewskiego (1975), który stwierdził, że stromatolity z Grzybnicy IG 1 tworzyły się w strefie pływów, natomiast struktury stromatolitowe znane z innych otworów wiertniczych, a wśród nich onkolity — pod stałym przykryciem wodą. Przy opisie onkolitów M. Szulczewski (1975) z powodzeniem zastosował systematykę tych form podaną przez B.W. Logana i in. (1964).

Materiał do badań pochodził z otworów wiertniczych wykonanych przez Instytut Geologiczny oraz Przedsiębiorstwo Poszukiwań Naftowych w Pile. Wstępne opracowania i ekspertyzy petrograficzne wykonały E. Czajor (IG) oraz L. Piątkowska (KG Północ). Fotografie płytek cienkich są dziełem J. Modrzejewskiej, a rysunki — E. Lepy. Wymienionym Osobom i Instytucjom składamy podziękowania za ich pomoc.

## UTWORY CYANOBAKTERYJNE ZE ŚWIERZNA

W otworze Świerzna 4 utwory cjanobakteryjne reprezentowane są przez onkoidy i stromatolity (fig. 1).

Onkoidy są zazwyczaj formami kulistymi o wielkości na ogół około 0,5 mm, niekiedy większej, przy czym formy o średnicy powyżej 2 mm są rzadkie (tabl. I, fig. 4; tabl. II, fig. 6). Jądra onkoidów zbudowane są zazwyczaj z tego samego materiału co i korteks; rzadko są to litoklasty. Budowa korteksu jest słabo widoczna, ponieważ laminy — różniące się od siebie przede wszystkim wielkością kryształów oraz barwą — są mało kontrastowe (tabl. II, fig. 7). Mimo to w niektórych onkoidach widać wyraźnie kilkufazowość wzrostu, przy czym fazy te były niekiedy przedzielone okresami częściowego niszczenia powierzchni onkoidu (tabl. II, fig. 7). Niekiedy można obserwować inkrustacje powłok onkoidu otwornicami płózącymi, co również zdaje się świadczyć o przerwach w sedymentacji.

Onkoidy opisane powyżej są wykształcone identycznie jak onkoidy z centralnej części zbiornika cechsztyńskiego, zilustrowanego przez H. Führtbauera (1968), T.M. Peryta i H. Ważny (1980) oraz T.M. Peryta (1981b). Są to onkoidy spongiostromatowe, chociaż biorąc pod uwagę fanerozoiczną historię onkoidów wydaje się, że były one pierwotnie onkoidami porostromatowymi, powstałymi w strefie sublitoralnej (T.M. Peryt, 1981c). Głębokość ich powstania można dokładniej określić przyjmując (bardzo prawdopodobne) założenie sztormowej genezy, która wyjaśnia zarówno okresowość ruchu onkoidów, jak również bardzo zmienne wysortowanie oraz redepozycję. Wiatry o sile i długotrwałości huraganu wiejące nad zbiornikiem wapienia cechsztyńskiego (przyjmując 200 km szerokości zbiornika) mogły wytworzyć fale o wysokości średniej 9 m i maksymalnej 15 m (P.D. Komar, 1976, fig. 4–5). Fale średnie mogły przemieszczać ziarna o średnicy 2 cm nawet na głębokości 14 m, podczas gdy fale maksymalne — ziarna o średnicy 5 cm do głębokości 20 m (P.D. Komar, 1976, fig. 8–9). Brak intraklastów o tak dużej średnicy może sugerować, że głębokość powstania onkoidów była większa niż 15–20 m.

Onkoidy są niekiedy podłożem stromatolitów kolumniowych (tabl. I, fig. 4); w takich przypadkach mikrostruktura stromatolitów jest taka sama jak onkoidów. Wyraźne przerwy we wzroście stromatolitów zaznaczają się obecnością inkrustacji otwornicowych, jak również lamin wyraźnie wzbogaconych w

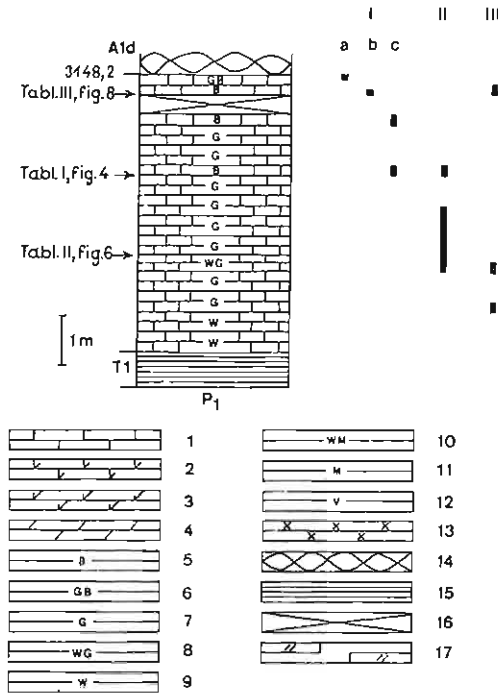


Fig. 1. Wykształcenie litologiczne wapienia cechsztyńskiego w otworze Świerżno 4  
Lithological development of the Zechstein Limestone in the well Świerżno 4

1 – wapień; 2 – wapień dolomityczny; 3 – dolomit wapienisty; 4 – dolomit; skały typu: 5 – boundstone; 6 – grainstone/boundstone; 7 – grainstone; 8 – wackestone-grainstone; 9 – wackestone; 10 – wackestone/mudstone; 11 – mudstone; 12 – osad wadyczny; 13 – skała o strukturze silnie zmodyfikowanej przez procesy diagenetyczne; 14 – anhydryt bulasty; 15 – margiel; 16 – brak rdzenia; 17 – przewarstwienia mulowcowe; I – stromatolity; a – ze środowiska sebhya, b – formy fenestralne, c – formy zwarte; II – onkoidy; III – diagenеза wadyczna; P<sub>1</sub> – czerwony spagowiec; T1 – lupek miedzionośny; A1d – anhydryt dolny

1 – limestone; 2 – dolomitic limestone; 3 – calcareous dolomite; 4 – dolomite; 5 – boundstone; 6 – grainstone/boundstone; 7 – grainstone; 8 – wackestone-grainstone; 9 – wackestone; 10 – wackestone/mudstone; 11 – mudstone; 12 – vadose deposit; 13 – recrystallized rock; 14 – nodular anhydrite; 15 – marl; 16 – no core; 17 – siltstone interlayers; I – stromatolites; a – from a sabkha environment, b – fenestral forms, c – dense forms; II – oncoids; III – vadose diagenesis; P<sub>1</sub> – Rotliegendes; T1 – Kupferschiefer; A1d – Lower Anhydrite

materiał detrytyczny; niekiedy obserwuje się cienkie przewarstwienia detrytyczne w obrębie stromatolitów (tabl. I, fig. 4). Ich genezę – podobnie jak obserwowane zjawiska obalania kolumniek stromatolitowych lub ich rozkruszenia – należy wiązać z działalnością sztormów.

Omówione stromatolity tworzyły się w środowisku sublitoralnym, płytszym niż onkoidy; dokładniejsze określenie głębokości ich powstania nie jest możliwe.

Drugim typem stromatolitów jest typ o k i e n k o w y (fenestralny) – tabl. III, fig. 8. W rezultacie silnej diagenезы niewiele można powiedzieć o pierwotnej mikrostrukturze; opierając się na ogólnym podobieństwie do form z obszaru przed-sudeckiego, powstałych w strefie międzypłykowej (T.M. Peryt, 1981d), oraz wyraźnej okienkowości (fenestralności) formy zilustrowanej można przyjąć, że pochodzi ona z tej samej strefy co stromatolity rejonu przed-sudeckiego.

W strefie nadpływowej, w środowisku sebhya, powstał trzeci typ stromatolitu stwierdzonego w otworze Świerżno 4; występuje on w stropie wapienia cechsztyńskiego na granicy z anhydrytem dolnym.

## UTWORY CJANOBAKTERYJNE Z DEBRZNA

Utwory cjanobakteryjne w Debrznie IG 1, podobnie jak w Świerznie 4, reprezentowane są przez onkoidy i stromatolity (fig. 2). Onkoidy są podobnie wykształcone, przy czym uwagę zwraca dość częste występowanie litoklastów, świadczących prawdopodobnie o nieco płytszym środowisku powstania onkoidów z Debrzna. Szczególną cechą opisywanych skał całego wapienia cechsztyńskiego jest intensywna diagenetyzacja wadcyczna, w związku z czym geneza wielu form i struktur jest problematyczna. Dotyczy to zwłaszcza ziarn obleczonych, nawet jeśli mikrostruktury są dobrze zachowane.

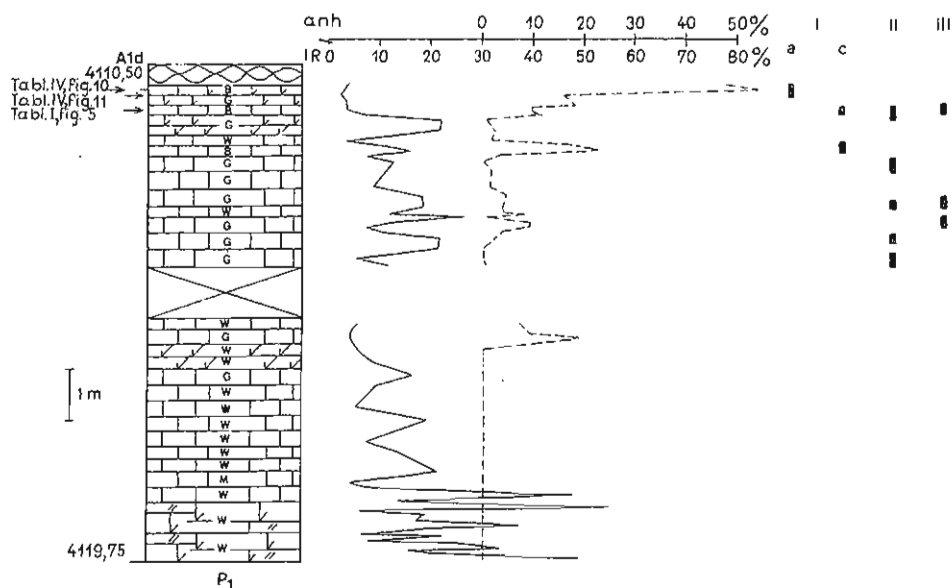


Fig. 2. Wykształcenie litologiczne wapienia cechsztyńskiego w otworze Debrzno IG 1  
Lithological development of the Zechstein Limestone in the well Debrzno IG 1

Anh - anhydrit; IR - części nierozpuszczalne; pozostałe objaśnienia jak przy fig. 1.

Anh - anhydrite; IR - insoluble residue; see Fig. 1 for other explanations

W Debrznie IG 1 występują dwa typy stromatolitów. Pierwszy z nich to stromatolit kolumnkowy (tabl. I, fig. 5). Swoim ogólnym wykształceniem przypomina on bardzo stromatolity kolumnkowe z wapienia cechsztyńskiego wyniesienia Łeby (T.M. Peryt, T.S. Piątkowski, 1977) i obszaru przedsudeckiego (T.M. Peryt, 1981*d*) oraz współczesne stromatolity koloformowe z Shark Bay, powstające w strefie nizejplywowej. Z powodu dość intensywnych zmian diagenetycznych szczególności mikrostrukturalne budowy są słabo widoczne (tabl. III, fig. 9).

Stromatolity drugiego typu, występujące na granicy wapienia cechsztyńskiego i anhydrytu dolnego (tabl. IV, fig. 10, 11), uległy diagenetyzacji związanej ze środowiskiem sebhya. Najbardziej destruktywnym był proces kalcytyzacji (dolomitu i anhydrytu) i dlatego ich struktura jest wyjątkowo słabo zachowana, jednak można stwierdzić, że stromatolity te były formami gładkimi, typowymi dla sebhya.

## UTWORY CJANOBAKTERYJNE Z GRZYBNICY

W Grzybnicy IG 1 występują stromatolity (fig. 3) o bardzo dużym zróżnicowaniu mikrostruktur; pierwotna różnorodność mikrostruktur została tutaj podkreślona w trakcie diagenety.

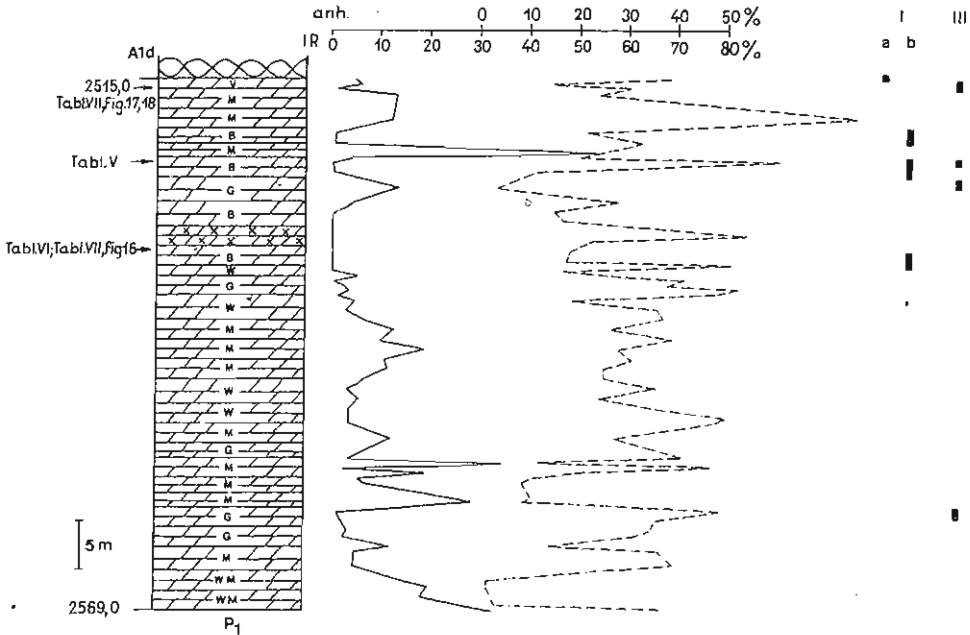


Fig. 3. Wykształcenie litologiczne wapienia cechsztyńskiego w otworze Grzybnica IG 1  
Lithological development of the Zechstein Limestone in the well Grzybnica IG 1

Objaśnienia jak przy fig. 1 i 2  
See Fig. 1 and 2 for explanations

Biorąc pod uwagę charakter laminacji, wyróżnić można dwa zasadniczo się od siebie różniące typy. Pierwszy, występujący w górnej części wapienia cechsztyńskiego, wykazuje duże podobieństwo do form gładkich z Debrzna, powstałych w środowisku sebhya. Cechuje go słabe zachowanie cech mikrostrukturalnych, niemniej jednak wyraźnie widoczna jest duża liczba okienek. W obrębie drugiego typu obserwuje się kilka odmian mikrostrukturalnych, między którymi istnieją ciągłe przejścia (tabl. V, fig. 12, 13; tabl. VI, fig. 14, 15; tabl. VII, fig. 16). Odmiany te różnią się od siebie zróżnicowaną wielkością kryształów dolomitu, obecnością i liczbą okienek (obecnie wypełnionych anhydrytem) oraz zawartością i częstością inkrustacji otwornicowych. Duża zmienność mikrostruktur, obserwowana często w obrębie jednego stromatolitu, jest związana ze zmiennymi warunkami środowiska powstania stromatolitów na pograniczu bardzo płytkiej części strefy niższej oraz dolnej części strefy międzypłykowej.

Oprócz form wymienionych powyżej, w Grzybnicy stwierdzono formy problematyczne, reprezentowane przez stromatolity biogeniczne, *Archaeolithoporella* i/lub kalkret, ale z powodu stanu zachowania dokładna diagnoza nie jest możliwa.

Onkoidów w profilu Grzybnicy nie stwierdzono. Ziarna obleczone występujące w dolnej części wapienia cechsztyńskiego to najprawdopodobniej grudki i ocidy, natomiast w stropie – głównie pizoidy wadcyczne (tabl. VI, fig. 17, 18; R. Wagner i in., 1978, ryc. 6).

## WNIOSKI

Stromatolity w wapieniu cechsztyńskim Polski północno-zachodniej powstały w kilku środowiskach: w strefie nadpływowej (stromatolity na granicy wapienia cechsztyńskiego i anhydrytu dolnego na całym omawianym obszarze), międzypływowej i najwyższej części strefy niżepływowej (stromatolity z Grzybnicy oraz niektóre stromatolity z centralnej części zbiornika) oraz niżepływowej (większość stromatolitów z centralnej części zbiornika). Onkoidy powstawały w strefie sublitoralnej w rezultacie działania okresowych zjawisk katastroficznych, takich jak sztormy i huragany.

Bardzo podobne lub identyczne mikrostruktury stwierdzono w różnych typach makrostruktur osadów cjanobakteryjnych, co zdaje się wskazywać jednoznacznie na biologiczne uwarunkowanie powstania mikrostruktur. W onkoidach i stromatolitach sublitoralnych stwierdzono obecność mikrostruktury zwartej<sup>2</sup> (tabl. II, fig. 7; tabl. III, fig. 9), różniącej się wyraźnie od mikrostruktur okienkowych (tabl. V, fig. 12, 13; tabl. VI, fig. 14, 15; tabl. VII, fig. 16) typowych dla stromatolitów powstałych w najwyższej części strefy niżepływowej oraz w strefie międzypływowej i nadpływowej. Zmiany mikrostruktur okienkowych wynikały z niewielkich zmian poziomu morza (być może spowodowanych pływami) i związanych z tym zmian zespołów sinic oraz sekwencji i intensywności procesów dia-genetycznych.

Słaby stan zachowania (czy nawet zatarcie) mikrostruktur osadów cjanobakteryjnych wynikał z niestabilnego pierwotnego składu mineralnego. Przez analogię ze środowiskami współczesnymi sebhy można przyjąć, że stromatolity powstałe w środowisku sebhy były aragonitowe. Z kolei onkoidy oraz stromatolity strefy sublitoralnej zbudowane były z kalcytu magnezowego – skład pierwotnie aragonitowy można wykluczyć ze względu na występowanie razem z osadami cjanobakteryjnymi muszli ślimaków zbudowanych ze sparytu o wielkości kryształów wielokrotnie przekraczających wielkość kryształów we współwystępujących onkoidach i stromatolitach. Stromatolity okienkowe ze strefy międzypływowej oraz górnej części strefy niżepływowej były prawdopodobnie zbudowane z aragonitu. Różnice w pierwotnym składzie mineralnym stromatolitów dodatkowo – w trakcie dia-genety – uwypukliły różnice mikrostrukturalne między stromatolitami powstałymi w zasadniczo odmiennych środowiskach (sublitoralnym i perylitoralnym).

Zakład Geologii Złóż Ropy i Gazu  
Instytutu Geologicznego  
Warszawa, ul. Rakowiecka 4  
Nadesłano dnia 20 lutego 1981 r.

<sup>2</sup> Termin zaproponowany przez T.S. Piątkowskiego (1980)

## PIŚMIENICTWO

- CZAJOR E., WAGNER R. (1973) – Typy genetyczne skal oraz mikrofacje i paleogeografia wapienia cechsztyńskiego (Ca 1) w strefie Koszalina – Chojnic. *Kwart. Geol.*, 17, p. 471–485, nr 3.
- FÜCHTBAUER H. (1968) – Carbonate sedimentation and subsidence in the Zechstein Basin (northern Germany). W: *Recent developments in carbonate sedimentology in Central Europe*, p. 196–204. Springer, Berlin.
- KOMAR P.D. (1976) – Beach processes and sedimentation. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- LOGAN B.W., REZAK R., GINSBURG R.N. (1964) – Classification and environmental significance of algal stromatolites. *Jour. Geol.*, 72, p. 68–83, nr 1.
- PERYT T.M. (1981a) – Stromatolity współczesne i kopalne. *Prz. Geol.*, 29, p. 272–278, nr 6.
- PERYT T.M. (1981b) – Dolomityzacja osadów wapienia cechsztyńskiego w rejonie Wrześni. *Kwart. Geol.*, 25, p. 477–488, nr 3.
- PERYT T.M. (1981c) – Phanerozoic oncoids: an overview. *Facies*, 4, p. 197–214.
- PERYT T.M. (1981d) – Stromatolity w wapieniu cechsztyńskim monokliny przedśudeckiej. *Kwart. Geol.*, 25, p. 609–628, nr 4.
- PERYT T.M., PIĄTKOWSKI T.S. (1977) – Stromatolites from the Zechstein Limestone (Upper Permian) of Poland. W: *Fossil Algae*, p. 124–135. Springer, Berlin.
- PERYT T.M., WAŻNY H. (1980) – Microfacies and geochemical development of the basin facies of the Zechstein Limestone (Ca1) in western Poland. *Contr. Sed.*, 9, p. 279–306.
- PIĄTKOWSKI T.S. (1980) – Utwory algowe wapienia cechsztyńskiego na obszarze syneklizy perybaltyckiej. *Arch. Inst. Geol. Warszawa*.
- SZULCZEWSKI M. (1975) – Klasyfikacja i znaczenie facjalne struktur glonowych z cechsztynu północno-wschodniej Polski. *Arch. Inst. Geol. Warszawa*.
- WAGNER R. (1976) – Cechsztyń. W: *Perm i mezozoik niecki pomorskiej*. *Pr. Inst. Geol.*, 79, p. 18–39.
- WAGNER R. (1979) – Cechsztyń. W: *Budowa geologiczna niecki szczecińskiej i bloku Gorzowa*. *Pr. Inst. Geol.*, 96, p. 18–25.
- WAGNER R., PIĄTKOWSKI T.S., PERYT T.M. (1978) – Polski basen cechsztyński. *Prz. Geol.*, 26, p. 673–686, nr 12.

Тадеуш Марек ПЕРЫТ, Рышард ВАГНЕР

**МИКРОСТРУКТУРЫ СТРОМАТОЛИТОВ И ОНКОИДОВ  
В ЦЕХШТЕЙНОВОМ ИЗВЕСТНЯКЕ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ПОЛЬШИ**

Резюме

На северо-западе Польши в цехштейновом известняке цианобактериевые отложения – строматолиты и онколиты, залегающие в основном в верхах этого известняка (фиг. 1–3), отмечены как в центральной части бассейна, так и на его периферии. Строматолиты образовались в разных средах. В надприливно-отливной зоне образовались строматолиты пограничья цехштейнового известняка и нижнего ангидрита (табл. IV, фиг. 10, 11), встречающиеся на всей изучаемой площади. В межприливно-отливной зоне и в самых верхах нижеприливно-отливной зоны образовались строматолиты, обнаруженные в скважине Гжибница ИГ 1 (табл. V, фиг. 12, 13; табл. VI, фиг. 14, 15; табл. VII, фиг. 16) и некоторые строматолиты центральной части бассейна (табл. III, фиг. 8). Большинство строматолитов центральной части бассейна образовалась в сублитеральной среде (табл. I, фиг. 4, 5; табл. III, фиг. 9). Зачастую строматолиты не связаны с онколитами (табл. I, фиг. 4; табл. II, фиг. 6, 7), образовавшимися в сублитеральной зоне как результат таких катастрофических явлений, как штормы и ураганы. Весьма похожие

и аналогичные микроструктуры отмечаются независимо от макроструктур цианобактериальных пород (табл. II, фиг. 7; табл. III, фиг. 9), что, вероятно, может служить показателем биологических условий образования микроструктур. В онкоидах и строматолитах обнаружена компактная микроструктура, чётко отличающаяся от окошечных (фенестральных) микроструктур, типичных для строматолитов, образовавшихся в самой высокой части нижеприливно-отливной зоны и в зонах: межприливно-отливной и надприливно-отливной. Изменчивость окошечных микроструктур (табл. V, фиг. 12, 13; табл. VI, фиг. 14, 15; табл. VII, фиг. 16) обусловлена небольшими колебаниями уровня моря (возможно в результате приливов и отливов) и связанных с ними изменениями групп синезеленых водорослей и очерёдности и интенсивности процессов диагенеза.

Плохая сохранность, даже стёртость микроструктур цианобактериальных пород (табл. II, фиг. 7; табл. III, фиг. 9; табл. V, фиг. 12, 13) явилась результатом нестабильного первичного минерального состава. Окошечные строматолиты и строматолиты среды *sebkha*, вероятно, были арагонитовыми, а строматолиты сублитеральной зоны состояли из высокомагнезиевого кальцита. Различия первичного минерального состава ещё более (в процессе диагенеза) подчеркнули разницу микроструктур строматолитов, образовавшихся в принципиально различных средах (сублитеральной и перилитеральной).

Tadeusz Marek PERYT, Ryszard WAGNER

#### MICROSTRUCTURES OF STROMATOLITES AND ONCOIDS FROM THE ZECHSTEIN LIMESTONE OF NORTH-WESTERN POLAND

##### Summary

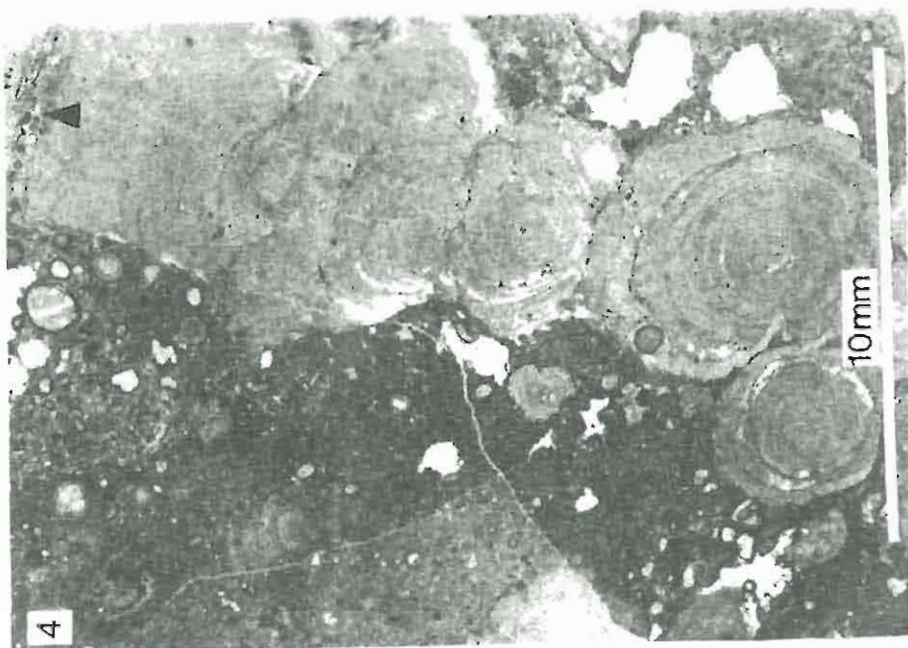
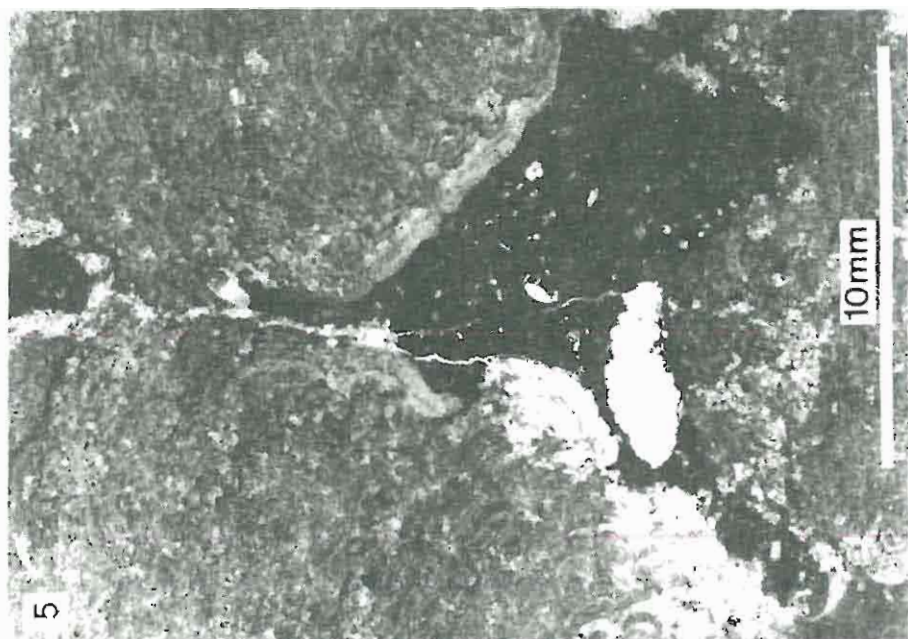
Cyanobacterial deposits: stromatolites and oncolites, occurring mainly in the upper Zechstein Limestone of NW Poland (Figs 1–3) have been found both in the central and peripheral parts of the basin. Stromatolites originated in different environments. In a supratidal environment, stromatolites occurring at the Zechstein Limestone-Lower Anhydrite boundary (Tabl. IV, Figs 10, 11) in the whole area studied formed. In an intertidal environment and in the highest part of subtidal zone stromatolites from the well Grzybnica IG 1 (Tabl. V, Figs 12, 13; Tabl. VI, Figs 14, 15; Tabl. VII, Fig. 16) and some other stromatolites from the central part of the basin (Tabl. III, Fig. 8) formed. The majority of stromatolites from the central part of the basin formed in a subtidal environment (Tabl. I, Figs 4, 5; Tabl. III, Fig. 9). The occurrence of stromatolites usually shows a relation to occurrence of oncolites (Tabl. I, Fig. 4; Tabl. II, Figs 6, 7) that originated in a subtidal environment from action of periodic catastrophic events such as storms and hurricanes.

Very similar and identical microstructures, irrespective of macrostructures of cyanobacterial deposits have been stated (Tabl. II, Fig. 7; Tabl. III, Fig. 9) what seems to indicate explicitly that the origin of microstructures has been biologically conditioned. In oncolites and stromatolites a dense microstructure has been stated that distinctly differs from fenestral microstructures characteristic of stromatolites that originated in the highest part of subtidal zone and in the intertidal and supratidal zones. The changes of fenestral microstructures (Tabl. V, Figs 12, 13; Tabl. VI, Figs 14, 15; Tabl. VII, Fig. 16), resulted from small changes of sea level, may be related to tides, and from changes of blue-green communities and sequences of diagenetic processes of different intensity that have been connected with those sea level changes.

The poor preservation or even obliteration of microstructures of cyanobacterial deposits (Tabl. II, Fig. 7; Tabl. III, Fig. 9; Tabl. V, Figs 12, 13) resulted from the unstable primary mineralogical composition. Fenestral stromatolites and *sebkha* stromatolites were probably built of aragonite; for subtidal stromatolites the high Mg-calcite composition is assumed. It seems that the differences in microstructures of stromatolites of essentially different environments of their formation have been additionally emphasized during diagenesis by the different primary mineralogical composition.

Translated by Tadeusz Marek Peryt



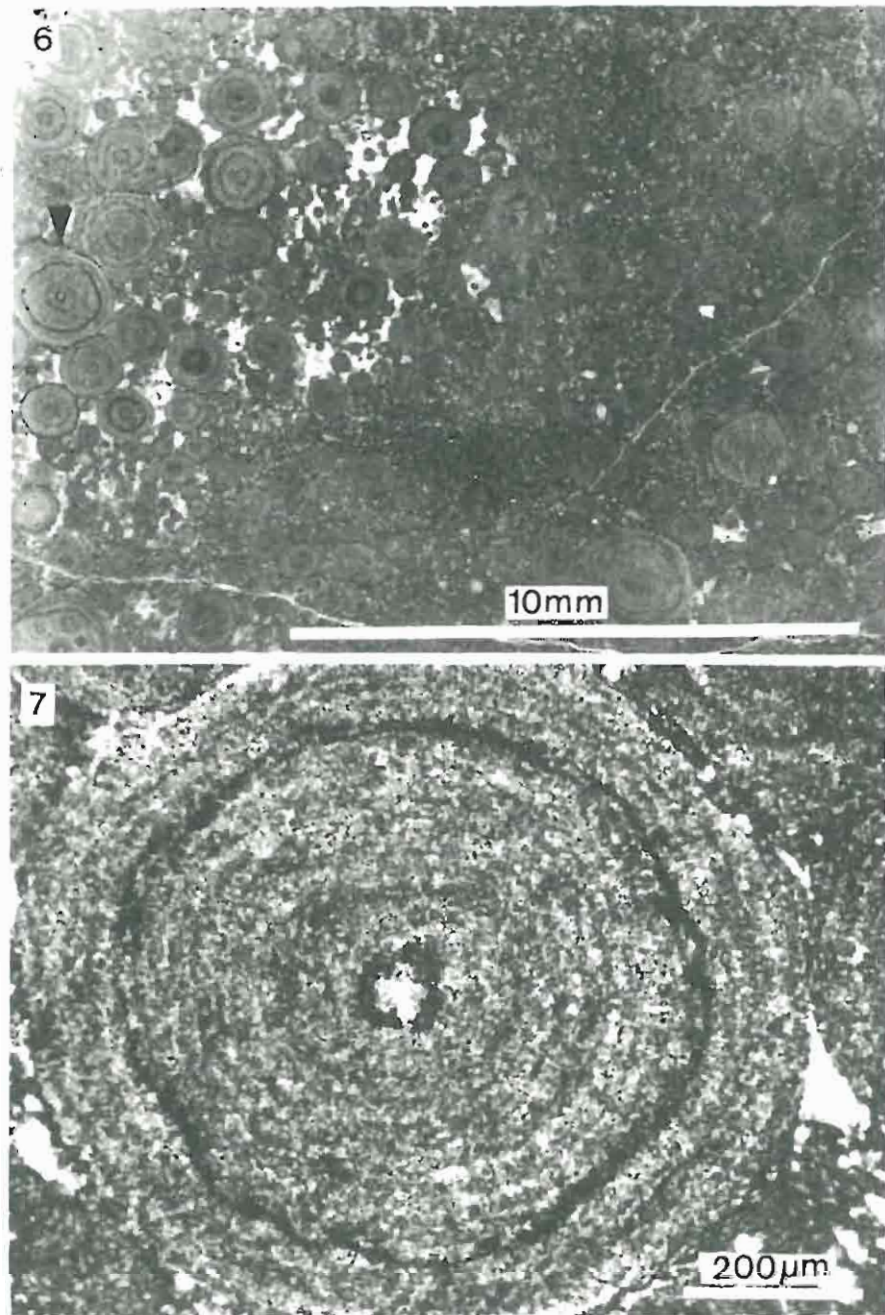


Tadeusz Marek PERYT, Ryszard WAGNER — Mikrostruktury stromatolitów i onkoidów z wapienia cechsztyńskiego Polski północno-zachodniej

#### TABLICA I

Fig. 4. Stromatolit kolumnkowy o genezie sublitoralnej rozwinięty na onkoidzie. Widoczna kilkofazowość wzrostu stromatolitu; dłuższe przerwy we wzroście zaznaczone powłokami otwornic inkrustujących oraz warstewki detrytyczne (strzałka). Otwór Świerżno 4, głęb. 3150,9 m  
Columnar stromatolite of subtidal origin developed on oncoid. Several phases of stromatolite growth are visible; longer pauses in growth are marked by layers of encrusting foraminifera and detrital layers (arrow). Well Świerżno 4, depth 3150.9 m

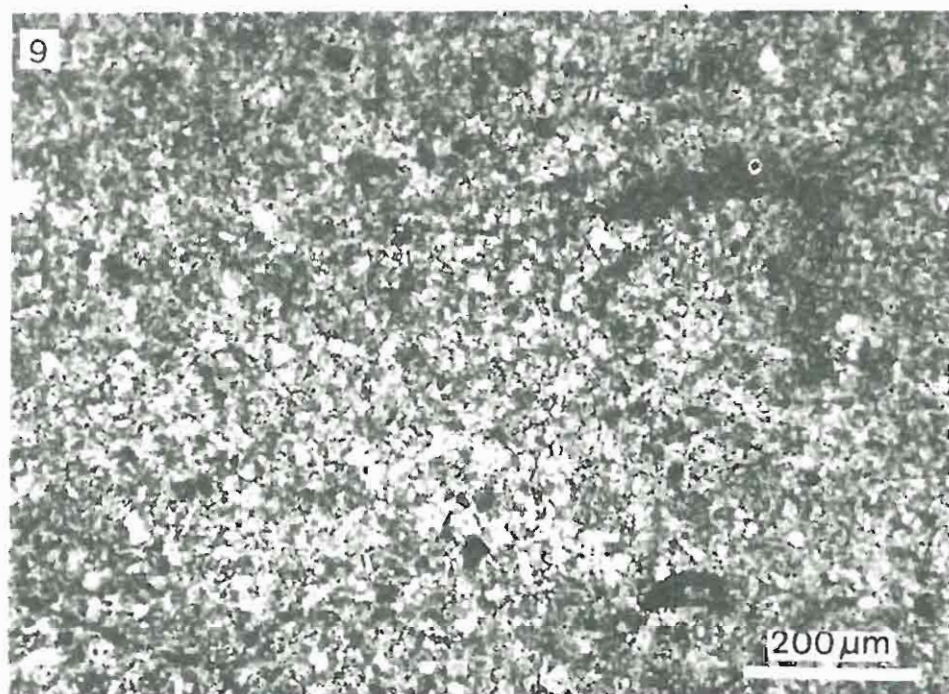
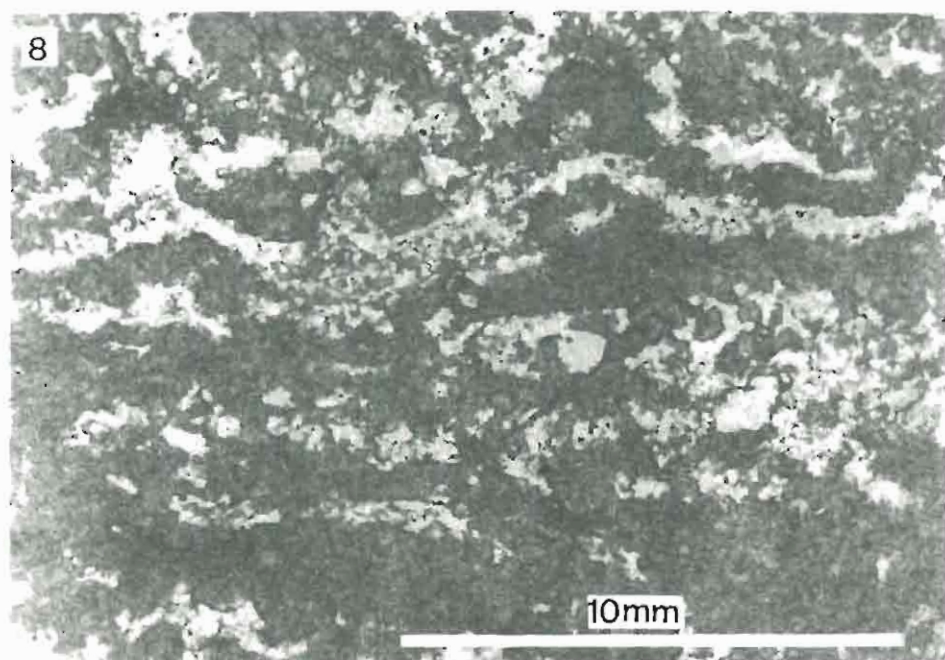
Fig. 5. Stromatolit kolumnkowy o genezie sublitoralnej; na bocznej ścianie stromatolitu pokrywy wadyczne. Otwór Debrzno 1G 1, głęb. 4110,9 m  
Columnar stromatolite of subtidal origin; vadose crusts are developed on stromatolite walls. Well Debrzno 1G 1, depth 4110.9 m



Tadeusz Marek PERYT, Ryszard WAGNER — Mikrostruktury stromatolitów i onkojdów z wapienia cechsztyńskiego Polski północno-zachodniej

TABLICA II

- Fig. 6. Onkolit. Oprócz onkoidów występują litoklasty. Strzałką zaznaczono onkoid przedstawiony na tabl. II, fig. 7. Otwór Świerzno 4, głęb. 3151,8 m  
Oncolite. Besides oncooids, lithoclasts occur. Arrow indicates oncoid presented in Tabl. II, Fig. 7.  
Well Świerzno 4, depth 3151.8 m
- Fig. 7. Onkoid spongiostromatowy; budowa wewnętrzna słabo zachowana; mikrostruktura zwarta. Otwór Świerzno 4, głęb. 3151,8 m  
Spongiostromate oncoid with poorly preserved internal fabrics: dense microstructure. Well Świerzno 4, depth 3151.8 m



Tadeusz Marek PERYT, Ryszard WAGNER – Mikrostruktury stromatolitów i onkoidów z wapienia cechsztyńskiego Polski północno-zachodniej

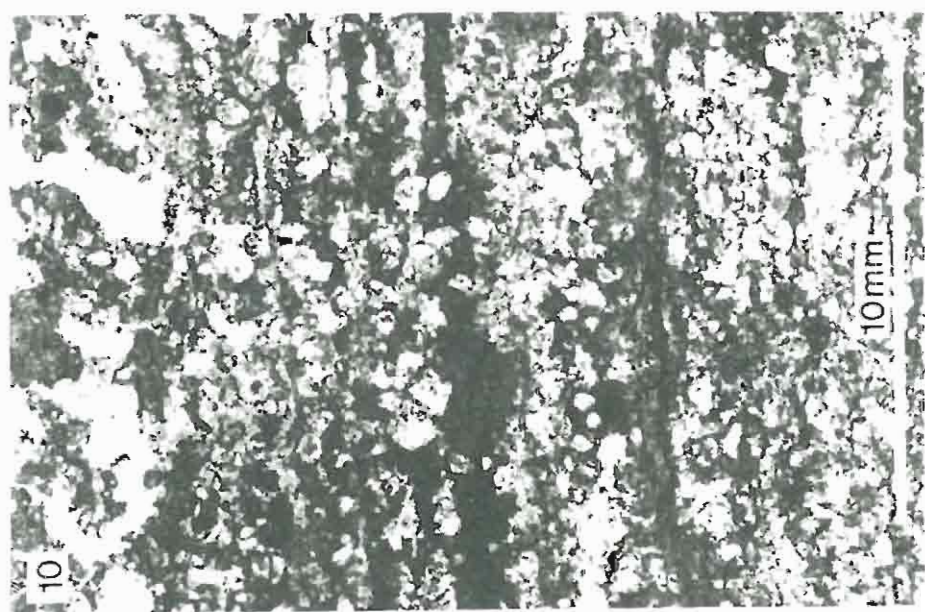
TABLICA III

Fig. 8. Stromatolit okienkowy (fenestralny). Otwór Świerzno 4, głęb. 3148,6 m

Fenestral stromatolite. Well Świerzno 4, depth 3148.6 m

Fig. 9. Mikrostruktura zwarta stromatolitu zilustrowanego na tabl. I, fig. 5. Otwór Debrzno 1G 1,  
głęb. 4110,9 m

Dense microstructure of stromatolite illustrated in Tabl. I, Fig. 5. Well Debrzno 1G-1, depth 4110.9 m

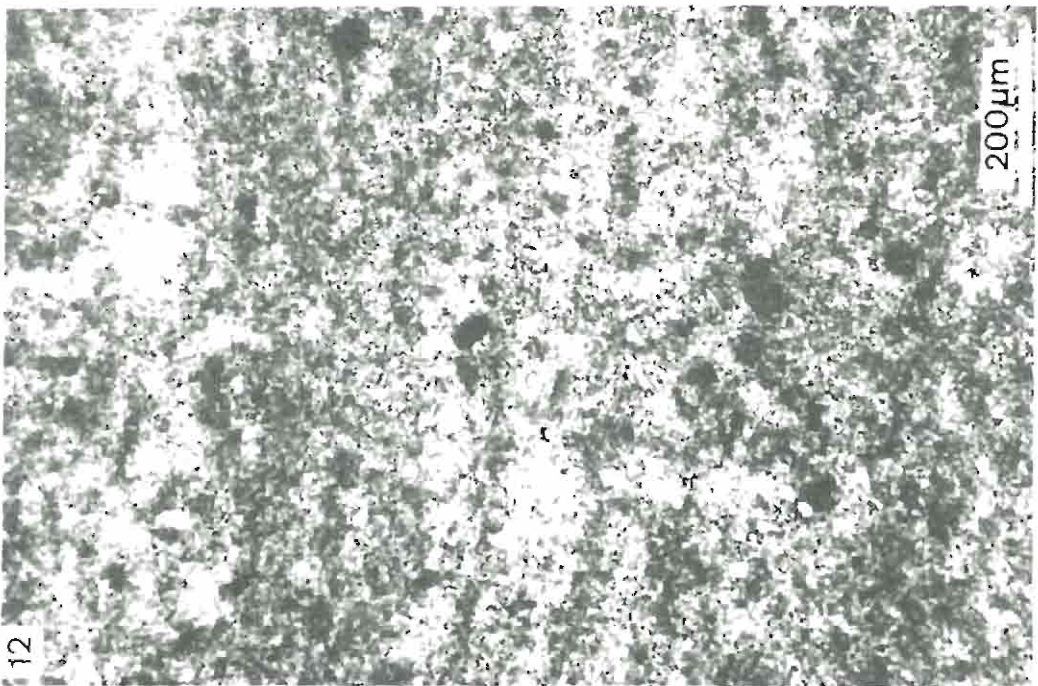
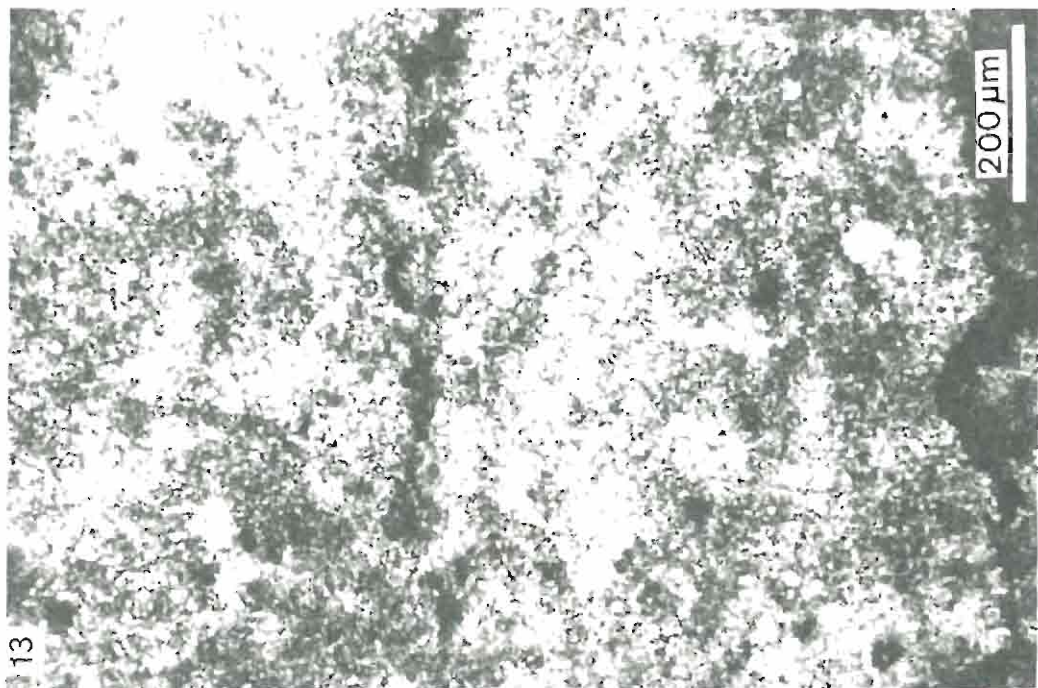


Tadeusz Marek PERYT, Ryszard WAGNER — Mikrostruktury stromatolitów i onkoidów z wapienia cechsztyńskiego Polski północno-zachodniej

TABLICA IV

- Fig. 10. Stromatolit ze środowiska sebhya. Otwór Debrzno IG 1, głęb. 4110,5 m  
Sabkha stromatolite. Well Debrzno IG 1, depth 4110.5 m
- Fig. 11. Stromatolit ze środowiska sebhya. Otwór Debrzno IG 1, głęb. 4110,6 m  
Sabkha stromatolite. Well Debrzno IG 1, depth 4110.6 m

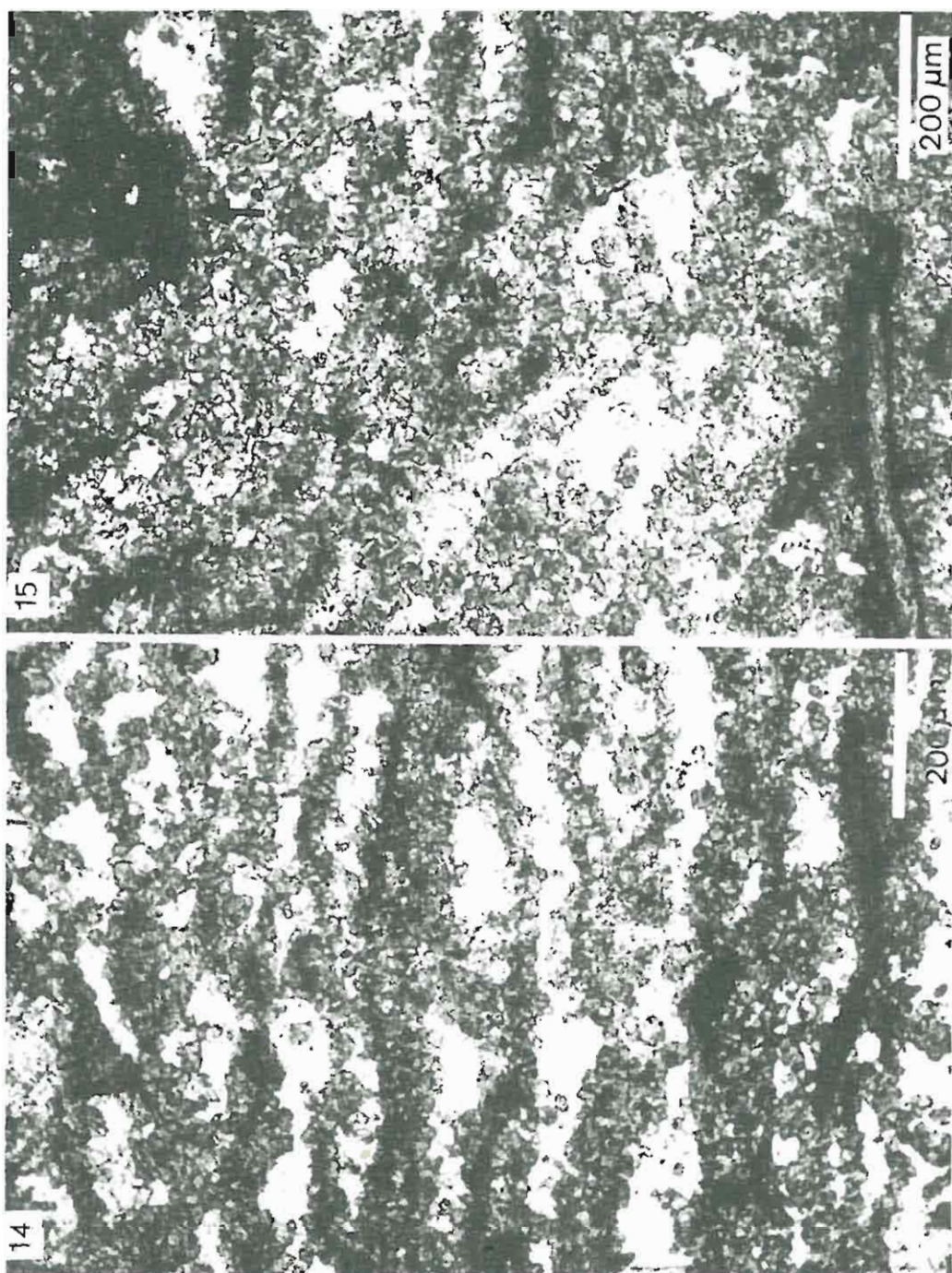




Tadeusz Marek PERYT, Ryszard WAGNER – Mikrostruktury stromatolitów i onkoidów z wapienia cechsztyńskiego Polski północno-zachodniej

TABLICA V

- Fig. 12. Mikrostruktura stromatolitu okienkowego. Charakterystyczna jest (mimo silnego zatarcia) dość drobna laminacja oraz duża ilość peloidów. Otwór Grzybница IG 1, głęb. 2523,6 m  
Microstructure of fenestral stromatolite. Despite of strong obliteration, minute lamination and numerous peloids are visible. Well Grzybница IG 1, depth 2523,6 m
- Fig. 13. Mikrostruktura stromatolitu okienkowego. Laminy o znacznie większej grubości, mniejsza ilość peloidów, występują inkrustacje otwornicowe. Otwór Grzybница IG 1, głęb. 2523,6 m  
Microstructure of fenestral stromatolite. Laminae are considerably thicker, peloids are rare, foraminiferal encrustations occur. Well Grzybница IG 1, depth 2523,6 m



Tadeusz Marek PERYT, Ryszard WAGNER – Mikrostruktury stromatolitów i onkoidów z wapienia  
cechsztyńskiego Polski północno-zachodniej

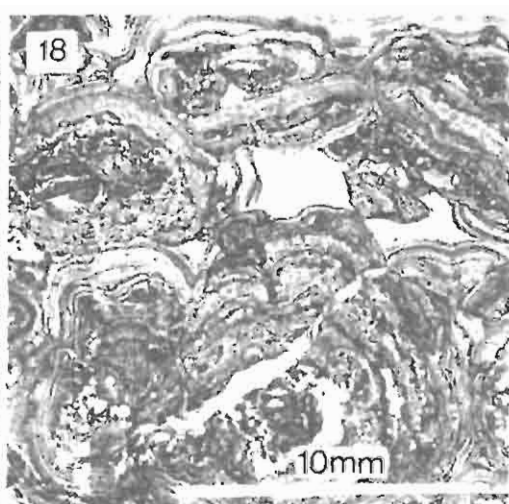
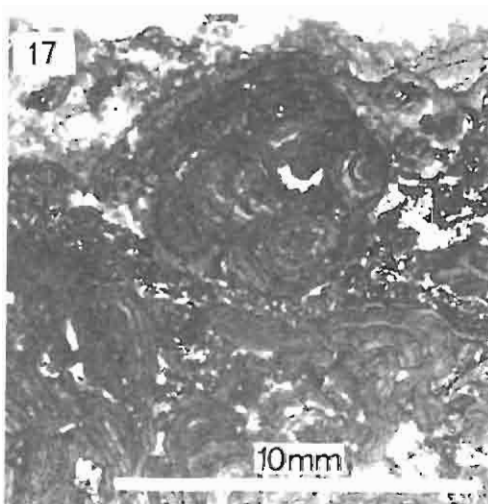
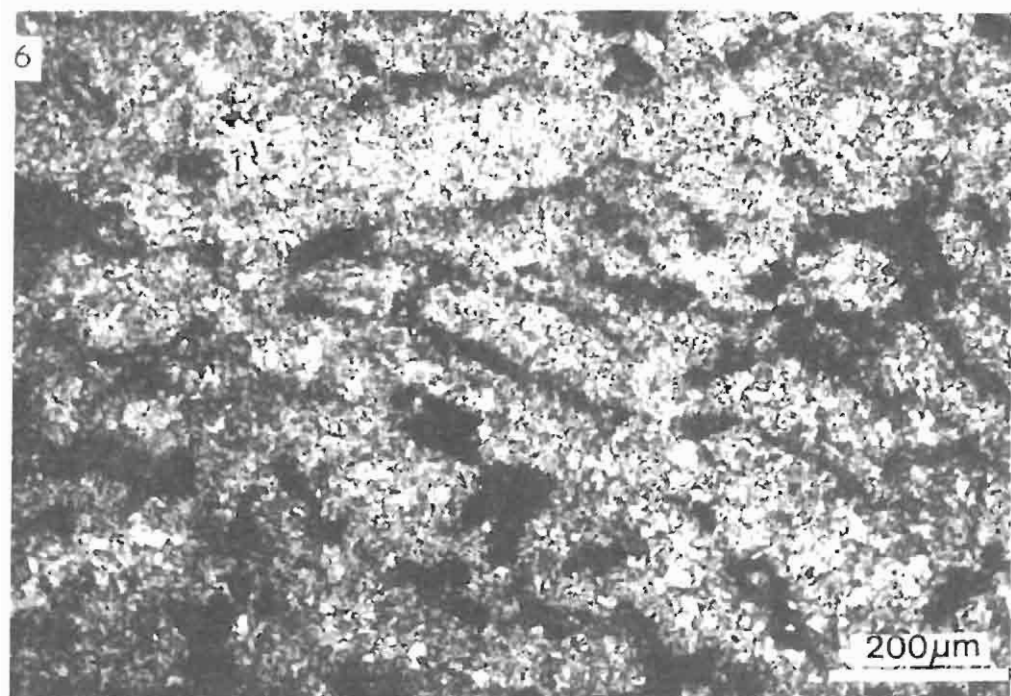
TABLICA VI

Fig. 14. Mikrostruktura stromatolitu okienkowego. Na płaszczyznach laminacji częste inkrustacje otwornicowe, duża ilość okienek (fenestr) wypełnionych anhydrytem. Otwór Grzybnica IG 1, głęb. 2532,6 m

Microstructure of fenestral stromatolite. Frequent foraminiferal encrustations on laminae surfaces; numerous fenestrae are filled by anhydrite. Well Grzybnica IG 1, depth 2532,6 m

Fig. 15. Mikrostruktura stromatolitu okienkowego. Ilość okienek wypełnionych anhydrytem mniejsza, otwornice płózące tworzą miejscami drobne narośla (strzałki). Otwór Grzybnica IG 1, głęb. 2532,6 m

Microstructure of fenestral stromatolite. The number of fenestrae that are filled by anhydrite is smaller, encrusting foraminifera form small protuberances in places (arrows). Well Grzybnica IG 1, depth 2532,6 m



Tadeusz Marek PERYT, Ryszard WAGNER – Mikrostruktury stromatolitów i onkoidów z wapienia cechsztyńskiego Polski północno-zachodniej

TABLICA VII

Fig. 16. Mikrostruktura stromatolitu okienkowego. Częste otwornice płózące, nieliczne okienka. Wyraźna niezgodność – zaznaczona skośnym ustawieniem dwóch zespołów lamin – w kierunku wzrostu stromatolitu. Otwór Grzybница IG 1, głęb. 2532,6 m

Microstructure of fenestral stromatolite. Frequent enrusting foraminifera, rare fenestrae. Distinct unconformity in the direction of stromatolite growth that is marked by oblique disposition of two lamina sets. Well Grzybница IG 1, depth 2532.6 m

Fig. 17. Pizoidy wadcyczne. Otwór Grzybница IG 1, głęb. 2516,0 m

Vadose pisoids. Well Grzybница IG 1, depth 2516.0 m

Fig. 18. Pizoidy wadcyczne. Otwór Grzybница IG 1, głęb. 2516,1 m

Vadose pisoids. Well Grzybница IG 1, depth 2516.1 m