

Tadeusz Marek PERYT, Tomasz Stanisław PIĄTKOWSKI

Osady caliche w wapieniu cechsztyńskim zachodniej części syneklizy perybałtyckiej

WSTĘP

W ramach opracowywania formacji cechsztyńskiej w Instytucie Geologicznym, w zespole pod kierownictwem R. Wagnera, stwierdziliśmy w wapieniu cechsztyńskim obecność struktur, które swoim wykształceniem przypominają caliche. Ponieważ profile caliche są doskonałymi wskaźnikami okresów wynurzenia subaeralnego i mają z tego względu wartość dla rekonstrukcji przebiegu sedymentacji osadów kopalnych, rozpoczęliśmy szczegółowe badania zaobserwowanych struktur. Podstawą opracowania stały się płytki cienkie¹ barwione alizaryną S oraz polery, wykonane ze skał z górnej części wapienia cechsztyńskiego (fig. 1). Wstępne wyniki badań przedstawia niniejszy artykuł.

Dostęp do materiałów wiertniczych był możliwy dzięki uprzejmości kierownictw Zakładu Złóż Soli i Surowców Chemicznych oraz Zakładu Struktur Węglanych Nizy, którym winni jesteśmy swą wdzięczność. Pragnęlibyśmy podziękować mgrowi R. Wagnerowi za umożliwienie wykonania niniejszego opracowania, za zachętę i liczne dyskusje oraz doc. drowi R. Dadlezowi za cenne uwagi krytyczne. P. Ślęga wykonał płytki cienkie, M. Krajewski — badania mikrochemiczne, Pani R. Ufnal — fotografie; wszystkim Im składamy podziękowania.

PRZEGLĄD BADAŃ

Osady caliche (hiszp. cal = wapień) „... powstają w wyniku epigenetycznej akumulacji węglanu wapnia (kalcytu) w osadach nieskonsolidowanych w związku z procesami glebowymi...” (L. F. Aristarain, 1970, p. 201), zazwyczaj w półpustynnych ciepłych obszarach z długimi okresami suszy; optymalna ilość rocznych opadów dla tworzenia się caliche

¹ Fotografii płytek cienkich wykonano przed ich barwieniem. Skład chemiczny w zbadanych płytkach został uwypuklony na rysunkach zamieszczonych w tekście.

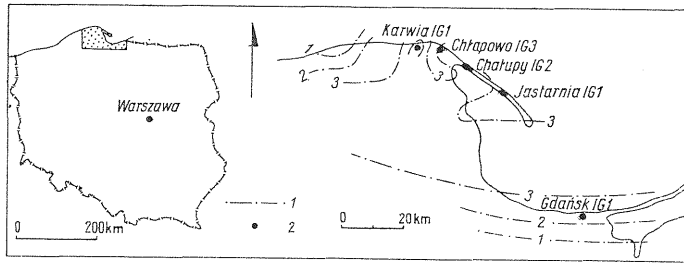


Fig. 1. Miąższość kompleksu pizolitowego wapienia cech-szyńskiego w zachodniej części syneklizy perybaltyckiej (w metrach)

Thickness of the pisolitic complex of Zechstein Limestone in the western part of the Peri-Baltic syncline (in meters)
 1 — izopachyty kompleksu pizolitowego; 2 — otwory wiertnicze
 1 — isopachytes of the pisolitic complex; 2 — boreholes

wynosi 150—250 mm (E. Rutte, 1958). Kompletny profil caliche wykazuje dobrze zindywidualizowane poziomy i składa się zazwyczaj ze strefy soczewek stwardniałych wapieni drobnoziarnistych (*caprock*, *calcrete*, *croûte zonaire* lub *Kruste*), pod którymi występują duże poduszcowate masy, drobne gruzły, strefy nieregularnej inkrustacji i nawet częściowo zlitfikowane strefy, w których spoiwem jest kalcyt (W. A. Price, 1933; J. H. Bretz, L. Horberg, 1949; C. N. Brown, 1956; E. Rutte, 1958; H. R. Blank, E. W. Tynes, 1965 i inni). W odróżnieniu od stwardniałych *calcrete*, mniej związane partie profilu caliche określane są jako *caliche* (H. R. Blank, E. W. Tynes, 1965) lub *kreda* (H. F. Nelson, 1959). Specjalną odmianą profilu caliche jest *Nari*, która tworzy się w wyniku powierzchniowej lub przypowierzchniowej przemiany skał węglanowych i cechuje się obecnością drobnej sieci żyłek, otaczającej nie zmienione pozostałości skały węglanowej (J. E. Sanders, G. M. Friedman, 1967; W. E. Krumbein, 1968). C. C. Reeves (1970, 1975) uważa, że caliche podlega zmianom z biegiem czasu. Młody osad reprezentowany jest przez przyszkowate otoczki ewaporatowe węglań wapienia, otaczające poszczególne ziarna skalne, dojrzały zawiera przestrzenie pizolitowe i gruzły węglań wapienia wymieszane z piaskiem, natomiast stary — pizolity, popękane pizolity i gruzły oraz spoiwo opalowe.

Holocenijskie i plejstocenijskie stwardniałe powierzchniowe pokrywy wapienne (*calcrete*) na Florydzie (H. G. Multer, J. E. Hoffmeister, 1968; H. G. Multer, 1969), Wyspach Bahama (N. D. Newell, J. K. Rigby, 1957; L. S. Kornicker, 1958; P. R. Supko, D. Marszałek, W. Bock, 1970), Barbados (N. P. James, 1972), Puerto Rico (C. A. Kaye, 1959) i w Izraelu (W. E. Krumbein, 1968) wykazują cechy świadczące o powstaniu w środowiskowym, wadycznym środowisku diagenetycznym. P. A. Scholle i D. J. J. Kinsman (1974) oraz B. H. Purser i J. P. Loreau (1973) wykazali natomiast, że pokrywy węglanowe na wapieniach plejstocenijskich w Abu Dhabi w Zatoce Perskiej oraz na Bonaire (Antyle Holenderskie) tworzą się w supralitoralnych obszarach wadycznych cechujących się obecnością solanek hypersalinowych.

Szerokie rozprzestrzenienie współczesnych profili caliche sugeruje ich częste występowanie także w przeszłości geologicznej, przy czym w wielu

przypadkach rozróżnienie caliche jest bardzo trudne, zwłaszcza gdy profil jest rozwinięty szczytkowo. Obserwuje się to przede wszystkim w środowiskach przybrzeżnomorskich.

WYSTĘPOWANIE OSADÓW CALICHE W PROFILU WAPIENIA CECHSZTYŃSKIEGO

Wapień cechsztyński w zachodniej części syneklizy perybałtyckiej ma miąższość od 6 do 12 m i jest wyraźnie dwudzielny (fig. 2). Dolna jego część to przeważnie zailone mikryty z drobnymi rozproszonymi onkoidami, zawierające niewielką ilość fauny, głównie otwornicowej. Górną część wapienia cechsztyńskiego tworzą onkolity i stromatolity (fig. 1, 2). Wyróżnić można tutaj 4 cykle sedimentacyjne, z których 3 kończą się stromatolitami (fig. 3). W zachodniej części badanego rejonu poziomy stromatolitowe i towarzyszące im onkolity są rozdzielone warstwami zailonego mikrytu, ku wschodowi zaś mikryty wyklinowują się, co prowadzi do łączenia się poziomów onkolitowo-stromatolitowych (fig. 3). Stromatolitom i onkolitom towarzyszą liczne otwornice płożące, występujące zarówno w obrębie, jak i na ściankach bocznych poszczególnych form stromatolitowych (fig. 6; tabl. III, fig. 11). Ponadto na ściankach stromatolitów występują kalcytowe formy konkrecyjne, których kierunek laminacji jest prostopadły lub zbliżony do prostopadłego w stosunku do laminacji algowej (tabl. III, fig. 10, 11). Podobne formy stwierdzono w obrębie onkolitów (tabl. I, fig. 8; tabl. II, fig. 9). Szczegółowe badania wykazały, że formy te — makroskopowo identyczne — mają różną genezę, przy czym ich wspólną cechą jest pochodzenie nieorganiczne. Dość dużą część form stanowią osady caliche, których wykształcenie omówimy na wybranych przykładach.

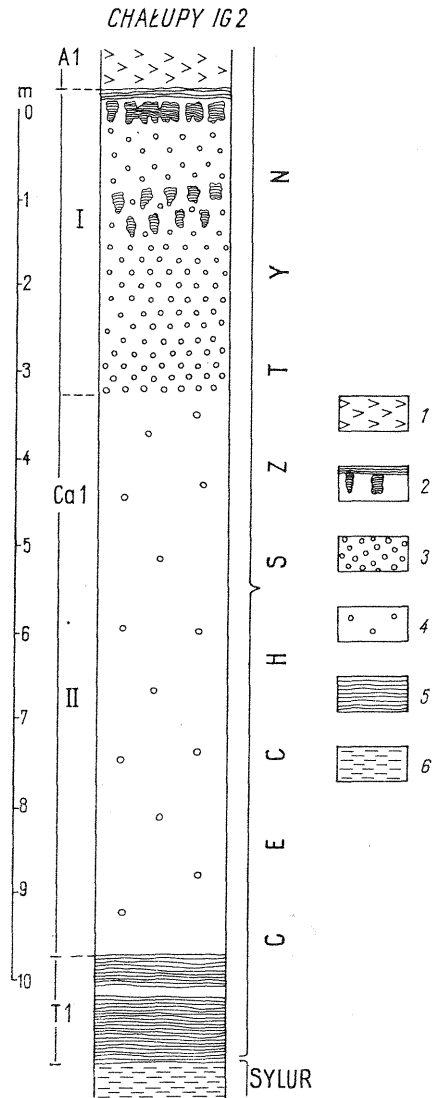


Fig. 2. Profil mikrofacjalny wapienia cechsztyńskiego typowy dla zachodniej części syneklizy perybałtyckiej

Microfacies profile of the Zechstein Limestone characteristic of the western part of the Peri-Baltic syncline

1 — anhydrites; 2 — stromatolites; 3 — oncolites; 4 — clayey micrites; 5 — marls; 6 — siltstones; I — pisolitic complex; II — micritic complex

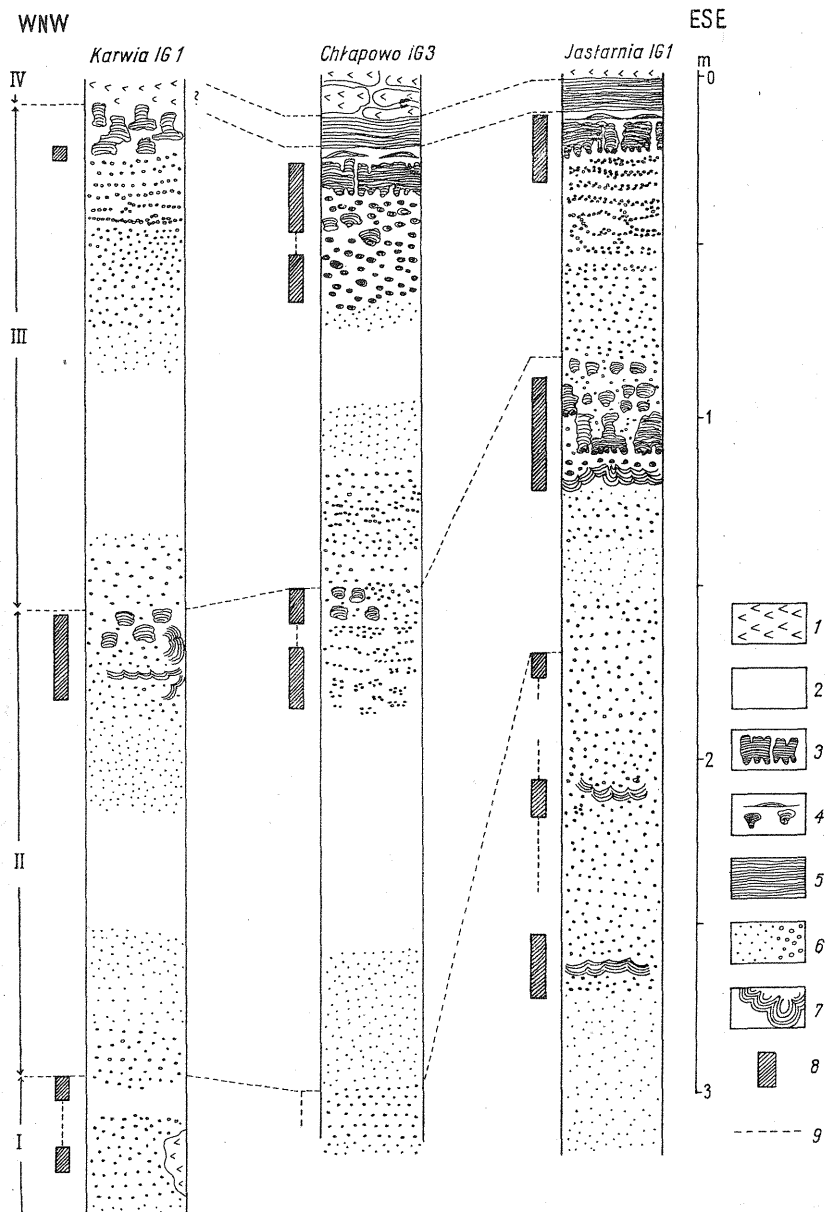


Fig. 3. Wykształcenie mikrofacjalne górnej części wapienia cechsztyńskiego w zachodniej części syneklizy perybałtyckiej

Microfacies development of the upper Zechstein Limestone in the western part of the Peri-Baltic syncline

1 — anhydrites; 2 — clayey micrites; 3–5 — stromatolitic structures: 3 — columns, 4 — isolated domes, 5 — mats; 6 — oncolites; 7 — caliche; 8 — occurrence of caliche deposits; 9 — correlation lines; I–IV — sedimentary cycles

1 — anhydrites; 2 — clayey micrites; 3–5 — stromatolitic structures: 3 — columns, 4 — isolated domes, 5 — mats; 6 — oncolites; 7 — caliche; 8 — occurrence of caliche deposits; 9 — correlation lines; I–IV — sedimentary cycles

Otwór Chałupy IG 2, głęb. 976,0 m (fig. 4; tabl. I, fig. 8). Tło skały stanowi mikryt dolomitowo-kalcytowy, w którym tkwią wielopowłokowe pizoidy. Jądrami pizoidów są najczęściej dolomitowe intraklasty, rzadziej — kalcytowe (ale z pewną domieszką dolomitu) onkoidy algowe. Jądra są otoczone przez dość regularne laminy czysto kalcytowe, jaśniejsze i ciemniejsze. Miejscami tworzą one ciągłe powłoki (pokrywy) o długości do kilku centymetrów. W powłokach tych wyraźnie widać kierunek narastania lamin od góry ku dołowi. Wzrost lamin w pizoidach i w ciągłych pokrywach następował w kilku fazach, oddzielonych od siebie okresami częściowej abrazji utworzonych form, o czym świadczy nieregularny charakter kontaktu lamin powstałych w kolejnych fazach.

Opisane pizoidy (są to osady caliche) powstały w warunkach subaeralnych, po częściowej dolomityzacji osadzonego wcześniej mułu wę-

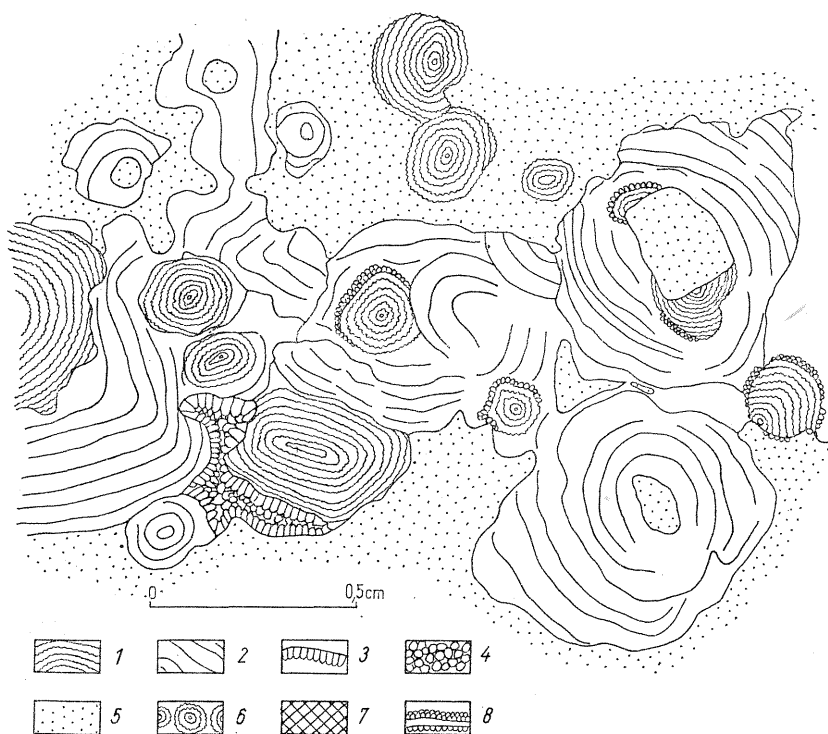


Fig. 4. Struktury caliche w wapieniu cechsztyńskim z otworu Chałupy IG 2, głęb. 976,0 m (fragment zdjęcia płytki cienkiej zilustrowanej na tabl. I, fig. 8)

Caliche structures from the Zechstein Limestone of the Chałupy IG 2 borehole, depth 976.0 m (fragment of thin section illustrated in Pl. I, Fig. 8)

1-4 — kalcyt: 1 — struktury stromatolitowe, 2 — struktury caliche, 3 — cement palisadowy, 4 — cement mozaikowy; 5 — dolomit (i kalcyt) — tło skalne oraz intraklasty; 6 — kalcyt (i dolomit) — onkoidy; 7 — anhydryt; 8 — otwornice pojące

1-4 — calcite: 1 — stromatolitic structures, 2 — caliche structures, 3 — palisade cement, 4 — mosaic cement; 5 — dolomite (and calcite) — matrix and intraclasts; 6 — calcite (and dolomite) — oncoids; 7 — anhydrite; 8 — sessile foraminifers

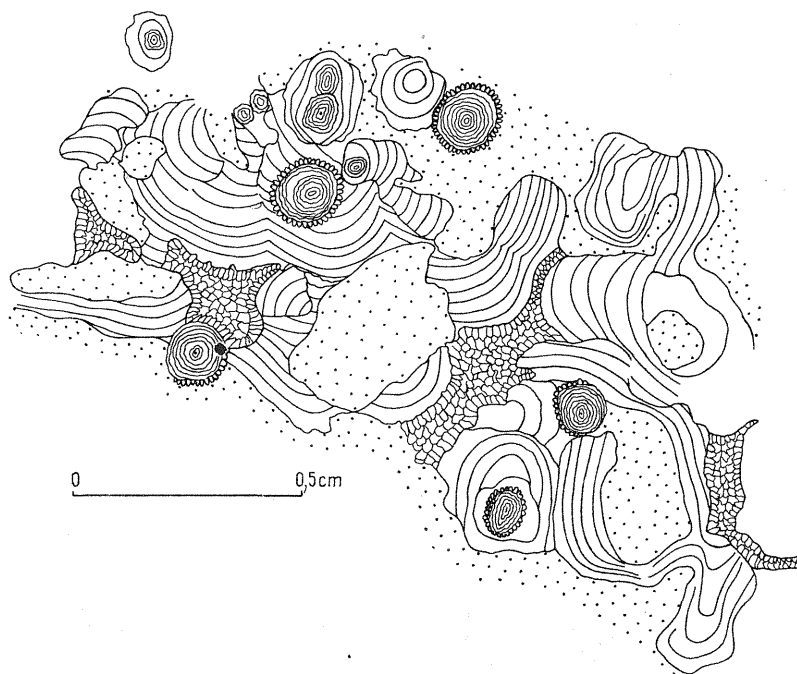


Fig. 5. Struktury caliche w wapieniu cechsztyńskim z otworu Jastarnia IG 1, głęb. 1116,45 m (fragment płytki cienkiej przedstawionej na tabl. II, fig. 9)

Caliche structures from the Zechstein Limestone of the Jastarnia IG 1 borehole, depth 1116.45 m (fragment of thin section illustrated in Pl. II, Fig. 9)

Objaśnienia jak na fig. 4

Explanations as in Fig. 4

głanowego i jego częściowej lityfikacji, na co wskazują kanciaste okruchy dolomitowych intraklastów. Tworzenie się caliche było przerywane okresami częściowej erozji, prawdopodobnie w warunkach subaeralnych. Na-przemianległe jaśniejsze i ciemniejsze laminy kalcytowe w caliche są, jak się wydaje, wynikiem różnego zabarwienia przez materiał organiczny i nie mają związku ze zmiennością teksturalną. Takie organiczne zabarwienie jest częste zarówno w pokrywach współczesnych (H. G. Multer, J. E. Hoffmeister, 1968; N. P. James, 1972), jak i kopalnych (R. A. Walls, W. B. Harris, W. E. Nunan, 1975).

Otwór Jastarnia IG 1, głęb. 1116,45 m (fig. 5; tabl. II, fig. 9). W czysto dolomitowym tle skalnym tkwią drobne, kalcytowe onkoidy algowe oraz pizoidy, których jądra stanowią niewielkie onkoidy algowe (często obrośnięte przez otwornice płożące) lub intraklasty (najczęściej mikryt dolomitowy z drobnymi kalcytowymi onkoidami). Podobnie jak w przypadku opisanym wyżej, również i tutaj można zaobserwować kil-kufazowy wzrost pizoidów, jak i wzrost ku dołowi pokryw ciągłych. Zewnętrzna warstwa tych pokryw jest z reguły nadzarta i pokryta glau- konitem, który wypełnia również drobne wyzarcia. Pomiedzy ciągłymi

pokrywami występuje sparyt kalcytowy. Bezpośrednio przy kontakcie z caliche sparyt ma wykształcenie palisadowe, dalej zaś — mozaikowe.

Obecność obrastów otwornic płożących na onkoidach algowych wskazuje na zwolnienie tempa sedymentacji (T. M. Peryt, praca w druku), które poprzedziło dolomityzację i lityfikację osadzonego mułu oraz wynurzenie i wykształcenie się caliche. Tworzenie się caliche było przerywane okresami częściowej erozji. Obserwowane niekiedy rozpuszczanie kalcytu na zewnętrznych powłokach osadu caliche jest prawdopodobnie związane z małymi zmianami pH, co z kolei może być wynikiem zanurzenia, przy czym obecność glaukonitu sugeruje zwolnioną sedymentację. Po zanurzeniu nastąpiła cementacja sparytem.

Otwór Chłapowo IG 3, głęb. 951,6 m (tabl. III, fig. 10) i 951,4 m (fig. 6; tabl. III, fig. 11). Na podłożu onkolitowym występują nieregularne formy stromatolitowe, oddzielone od siebie szerokimi przestrzeniami wypełnionymi dolomitowym onkomikrytem; formy onkolitowe są bardzo drobne. Pojedyncze większe formy jak również fragmenty fauny są obrośnięte przez otwornice płożące (tabl. III, fig. 10). Po między onkoidami stanowiącymi podłoże stromatolitów oraz od spodu stromatolitów wykształciły się osady caliche, na zewnątrz których występuje palisadowy kalcyt (tab. III, fig. 10). Caliche występuje również na bocznych ściankach stromatolitów (tabl. III, fig. 11). Sporadycznie pomiędzy stromatolitem a osadami caliche występują otwornice płożące. Stromatolit jest spękany, przy czym kalcytowe żyłki przecinają wyłącznie sam stromatolit (tabl. III, fig. 11).

W obrębie kalcytowego stromatolitu obserwuje się liczne, wyspowo rozmieszczone, nieregularne przestrzeniewypełnione dolomitom.

Po okresie sedymentacji w środowisku sublitoralnym nastąpiło zwol-

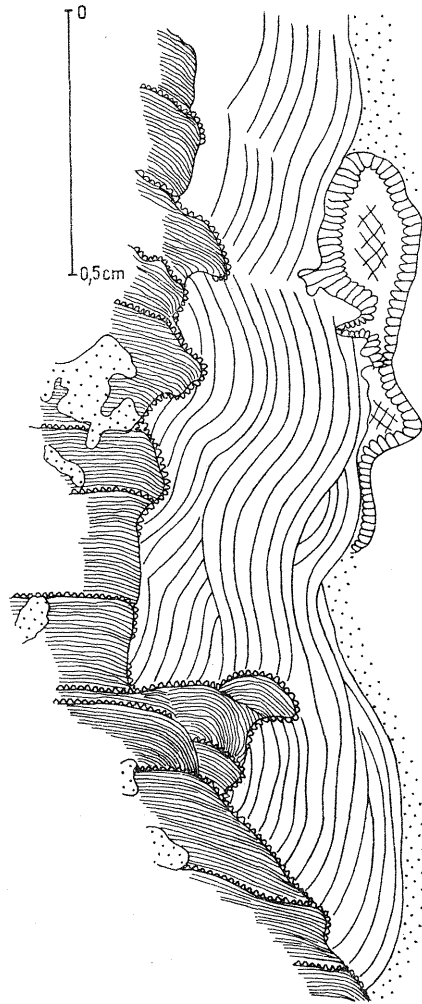


Fig. 6. Struktury caliche w wapieniu cechsztyńskim z otworu Chłapowo IG 3, głęb. 951,4 m (fragment płytki cienkiej zilustrowanej na tabl. III, fig. 11)

Caliche structures from the Zechstein Limestone of the Chłapowo IG 3 borehole, depth 951.4 m (fragment of thin section illustrated in PL. III, Fig. 11)

Objaśnienia jak na fig. 4

Explanations as in Fig. 4

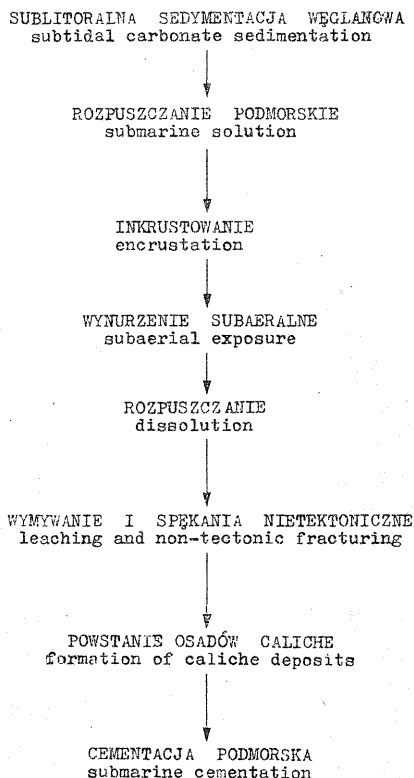


Fig. 7. Rekonstrukcja następstwa zjawisk i procesów prowadzących do utworzenia się osadów caliche w badanym rejonie

Reconstruction of the sequence of events and processes which resulted in the development of caliche deposits in the studied area

nienie jej tempa (rejestrowane przez inkrustacje otwornic płożących), a następnie wynurzenie i utworzenie się caliche. Wtedy to dochodziło do rozpuszczania kalcytu w stromatolitach; w powstałych w ten sposób próżniach osadził się później mikryt dolomitowy. Z okresem wynurzenia związane jest także powstanie sieci drobnych żyłek tnących stromatolity. Cement palisadowy powstał najprawdopodobniej po zanurzeniu.

Otwór Chałupy IG 2, głęb. 974,7 m (tabl. IV, fig. 12). Kalcytowe osady caliche występują bądź to na kalcytowo-dolomitowych onkopkach, których zewnętrzne powłoki są najczęściej inkrustowane skorupkami otwornic płożących, bądź też rzadziej na kalcytowo-dolomitowych intraklastach. Najbardziej zewnętrzna powłoka osadów caliche jest spirytyzowana. Etapy wzrostu tych osadów podkreślają laminy składające się głównie z materiału ilastego. Na zewnątrz caliche występuje kalcytowy cement palisadowy.

PORÓWNANIE CALICHE Z INNYMI TEGO TYPU OSADAMI
KOPALNYMI

Badane osady są bardzo podobne do pizolitów, jednej z najczęstszych postaci kopalnych (jak również współczesnych) utworów caliche. Zostały one po raz pierwszy opisane przez R. Ruedemanna (1929) w utworach dolnego permu Teksasu i Nowego Meksyku jako osady o genezie algowej co później było powszechnie przyjmowane. Dopiero C. M. Thomas (1965, 1968) i R. J. Dunham (1965, 1969) udowodnili, że pizolity i towarzyszące im akumulacje podobne do mat algowych są w rzeczywistości wadycznymi osadami caliche. C.G.St.C. Kendall (1969) uznał, że pizolity są pochodzenia morskiego i dopiero później zostały przeobrażone przez procesy tworzące caliche. Interpretacja taka została jednak odrzucona (D. B. Smith, 1974; P. A. Scholle, D. J. J. Kinsman, 1974). Nasze badania wykazały niewątpliwą obecność hybrydów, których istnienie w osadach dolnego permu Teksasu i Nowego Meksyku postulował C. G. St. C. Kendall (1969), i świadczą o możliwości występowania takich hybrydów również w innych utworach. Odróżnienie pizolitów algowych od pizolitów-caliche w wielu przypadkach będzie bardzo trudne, niekiedy nawet, niemożliwe, jednakże ze względu na istotę zagadnienia próby takie powinny być czynione.

Biorąc pod uwagę ewolucję środowiska sedymentacji oraz następstwo osadów, górna część wapienia cechsztyńskiego w zachodniej części syneklizy perybałtyckiej bardzo przypomina noryckie wapienie z północnej Sycylii (R. Catalano, B. d'Argenio, G. Lo Cicero, 1974), przy czym te ostatnie zawierają bogatszy zespół caliche (m.in. struktury *tepee* i caliche bułaste) w porównaniu z osadami opisanymi przez nas.

Na podkreślenie zasługuje fakt występowania pizolitów-caliche w stropowej części osadów węglanowych, bezpośrednio poniżej ewaporatów w dewonie Saskatchewan (N. C. Wardlaw, G. E. Reinson, 1971).

WNIOSKI

Przypuszczalna sekwencja zjawisk, w wyniku której utworzyły się profile z caliche w zachodniej części syneklizy perybałtyckiej, została przedstawiona na fig. 7. W normalnej sekwencji subaeralne wynurzenie było poprzedzone zwolnieniem tempa sedymentacji, z którym związane jest podmorskie rozpuszczenie oraz lityfikacja osadu. W rezultacie wynurzenia dochodziło do tworzenia się caliche, po czym następowało zanurzenie, częściowa jego erozja oraz cementacja w warunkach sublitoralnych.

Jak się wydaje, głównym źródłem CaCO_3 dla tworzenia się caliche było rozpuszczanie metastabilnych węglanów z utworzonej wcześniej skały. Jest możliwe, że dużą rolę w dostarczaniu CaCO_3 odgrywać mogło *salt spray*, czyli rozpylone ziarna ewaporatowe roznoszone z miejsca wytrącania się przez wiatry.

Dotychczas nie opisano osadów caliche w utworach cechsztynu, jed-

nakże dane z literatury oraz badania nasze prowadzone na innych obszarach wydają się wskazywać, że tworzenie się profilów caliche w wapieniu cechsztyńskim było bardzo częste, przy czym dotychczas osady te utożsamiano ze stromatolitami. Według nas przynajmniej część form zilustrowanych i opisanych jako stromatolity (*stromarie*) przez K. Kerkmanna (1969, Taf. II, Fig. 5; Taf. VI, Fig. 4; Taf. XVII, Fig. 2, 3 i inne) oraz E. Piekarską i S. Kwiatkowskiego (1975, Pl. 3) reprezentują w istocie osady caliche.

Obecność caliche ma ważne implikacje paleogeograficzne, gdyż wskazuje na okresowe wynurzenie niektórych części zbiornika w czasie sedymentacji górnej części wapienia cechsztyńskiego. Należy zaznaczyć, że dla centralnej części zbiornika typowe są wielopowłokowe delikatne onkoidy, nazwane przez H. Füchtbauera (1968) *tender*. Głębokość ich powstania badacz ten określił na nie mniejszą niż 30 m, a J. C. M. Taylor i V. S. Colter (1975) — przy założeniu autochtoniczności onkoidów typu *tender* — na 100—150 m. Onkoidy *tender* są często uderzająco podobne do wadycznych pizoidów, dlatego też sama obecność tych pierwszych nie może być uważana za wskaźnik większej głębokości morza cechsztyńskiego. Jak się wydaje, pomocna w rozstrzygnięciu genezy wielopowłokowych onkoidów może być obecność onkoidów otwornicowo-algowych, a zwłaszcza form, u których zewnętrzna powłoka pokryta jest otwornicami płójącymi. Formy takie nie zostały dotychczas stwierdzone w profilach caliche.

Zakład Geologii Ropy i Gazu Niżu
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 15 stycznia 1976 r.

PIŚMIENNICTWO

- ARISTARAIN L. F. (1970) — Chemical analyses of caliche profiles from the High Plains, New Mexico. *J. Geol.*, **78**, p. 201—212, nr 2. Chicago.
- BLANK H. R., TYNES E. W. (1965) — Formation of caliche in situ. *Bull. Geol. Soc. America*, **76**, p. 1387—1392, nr 12. Boulder.
- BRETZ J. H., HORBERG L. (1949) — Caliche in southeastern New Mexico. *J. Geol.*, **57**, p. 491—511, nr 5. Chicago.
- BROWN C. N. (1956) — The origin of caliche on the northeastern Llano Estacado, Texas. *J. Geol.*, **64**, p. 1—15, nr 1. Chicago.
- CATALANO R., D'ARGENIO B., LO CICERO G. (1974) — I ciclotemi triassici di Capo Rama (Monti di Palermo). *Geol. rom.*, **13**, p. 125—145. Roma.
- DUNHAM R. J. (1965) — Vadose pisolite in the Capitan Reef (abstract). *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, **49**, p. 338, nr 3. Tulsa.
- DUNHAM R. J. (1969) — Vadose pisolite in the Capitan reef (Permian), New Mexico and Texas. *Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ.*, **14**, p. 182—191. Tulsa.

- FÜCHTBAUER H. (1968) — Carbonate sedimentation and subsidence in the Zechstein basin (northern Germany). In: *Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe*, p. 196—204, Springer-Verlag, Berlin.
- JAMES N. P. (1972) — Holocene and Pleistocene calcareous crust (caliche) profiles: criteria for subaerial exposure. *J. Sediment. Petrol.*, **42**, p. 817—835, nr 4. Tulsa.
- KAYE C. A. (1959) — Shoreline features and Quaternary shoreline changes, Puerto Rico. *US geol. Survey Prof. Paper* **317—B**, p. 49—140.
- KENDALL C. G. St. C. (1969) — An environmental reinterpretation of the Permian evaporite/carbonate shelf sediments of the Guadalupe Mountains. *Bull. Geol. Soc. America*, **80**, p. 2503—2526, nr 12. Boulder.
- KERKMANN K. (1969) — Riffe und Algenbänke im Zechstein von Thüringen. *Freiberger Forsch. Paläont.* **C 252**, p. 1—85. Leipzig.
- KORNICKER L. S. (1958) — Bahamian limestone crusts. *Geol. Coast., Ass. Geol. Soc. Trans.*, **8**, p. 167—170.
- KRUMBEIN W. E. (1968) — Geomicrobiology and geochemistry of the „Nari Limestone” (Israel). In: *Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe*, p. 138—147, Springer-Verlag, Berlin.
- MULTER H. G. (1969) — Field guide to some carbonate rock environments: Florida Keys and western Bahamas. *Miami Geol. Soc., Inst. Mar. Atmo. Sc.*, p. 159. Miami.
- MULTER H. G., HOFFMEISTER J. E. (1968) — Subaerial laminated crusts of the Florida Keys. *Bull. Geol. Soc. America*, **79**, p. 183—192, nr 2. Boulder.
- NELSON H. F. (1959) — Disposition and alteration of the Edwards Limestone, central Texas. In: *Symposium on Edwards Limestone in Central Texas*. Univ. Texas Pub., **5905**, p. 21—95.
- NEWELL N. D., RIGBY J. K. (1957) — Geological studies on the Great Bahama Bank. In: *Regional Aspects of Carbonate Deposition*. Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ., **5**, p. 15—79. Tulsa.
- PERYT T. M. (praca w druku) — Environmental significance of foraminiferal-algal oncolites. In: *Recent Research on Fossil Algae*. Springer-Verlag, Berlin.
- PIEKARSKA E., KWIATKOWSKI S. (1975) — Microfacial analysis of the Zechstein Limestone in the eastern part of the Peri-Baltic syncline (Preliminary report). *Acta geol. pol.*, **25**, p. 79—114, nr 1. Warszawa.
- PRICE W. A. (1933) — Reynosa problem of South Texas, and origin of caliche. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, **17**, p. 488—522, nr 5. Tulsa.
- PURSER B. H., LOREAU J.P. (1973) — Aragonitic, supratidal encrustations on the Trucial Coast, Persian Gulf. In: *The Persian Gulf*, p. 343—376, Springer-Verlag, Berlin.
- REEVES C. C., Jr. (1970) — Origin, classification, and geologic history of caliche on the southern High Plains, Texas and eastern New Mexico. *J. Geol.*, **78**, p. 352—362, nr 3. Chicago.
- REEVES C. C., Jr. (1975) — Calcrete (caliche) — its origin, morphology, and development history (abstract). *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, **59**, p. 920—921, nr 5. Tulsa.
- RUEDEMANN R. (1929) — Coralline algae, Guadalupe Mountains. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, **13**, p. 1079—1080. Tulsa.
- RUTTE E. (1958) — Kalkkrusten in Spanien. *Neues Jahrb. Geol. Paläont. Abh.*, **106**, p. 52—138, nr 1. Stuttgart.
- SANDERS J. E., FRIEDMAN G. M. (1967) — Origin and occurrence of dolostones,

- In: Carbonate Rocks. Developments in Sedimentology, **9A**, p. 169—265, Elsevier. Amsterdam.
- SCHOLLE P. A., KINSMANN D. J. J. (1974) — Aragonitic and high-Mg calcite from the Persian Gulf — a modern analog for the Permian of Texas and New Mexico. *J. Sediment. Petrol.*, **44**, p. 904—916, nr 3. Tulsa.
- SMITH D. B. (1974) — Sedimentation of upper Artesia (Guadalupian) cyclic shelf deposits of northern Guadalupe Mountains, New Mexico. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, **58**, p. 1699—1730, nr 9. Tulsa.
- SUPKO P. R., MARSZALEK D., BOCK W. (1970) — Sedimentary environments and carbonate rocks of Bimini, Bahamas. *Fourth Ann. Field Trip, Miami Geol. Soc.*, p. 30.
- TAYLOR J. C. M., COLTER V. S. (1975) — Zechstein of the English sector of the southern North Sea basin. In: *Petroleum and the Continental Shelf of North-West Europe*, **1** Geology, p. 249—263, Applied Science Publishers Ltd. London.
- THOMAS C. M. (1965) — Origin of pisolites (abstract). *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, **49**, p. 360, nr 3. Tulsa.
- THOMAS C. M. (1968) — Vadose pisolites in the Guadalupe and Apache Mountains, West Texas. In: *Guadalupian Facies, Apache Mountains area, West Texas. Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists Guidebook 1968 Field Trip*, p. 32—35.
- WALLS R. A., HARRIS W. B., NUNAN W. E. (1975) — Calcareous crust (caliche) profiles and early subaerial exposure of Carboniferous carbonates, northeastern Kentucky. *Sedimentology*, **22**, p. 417—440, nr 3. Oxford.
- WARDLAW N. C., REINSON G. E. (1971) — Carbonate and evaporite deposition and diagenesis, Middle Devonian Winnipegosis and Prairie Evaporite Formations of south-central Saskatchewan. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, **55**, p. 1759—1786. Tulsa.

Тадеуш Марек ПЕРЫТ, Томаш Станислав ПІЊТКОВСКИ

ОТЛОЖЕНИЯ КАЛИЧЕ В ЦЕХШТЕЙНОВОМ ИЗВЕСТНЯКЕ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИБАЛТИЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ (СЕВЕР ПОЛЬШИ)

Резюме

В цехштейновом известняке на севере Польши в пределах строматолитово-онколитового комплекса (фиг. 1—3) установлено залегание отложений каличе. Чаще всего они представляют собой пизолиты и корки в виде покрова (табл. I—IV, фиг. 4—6); пизолиты являются гибридами и частично имеют альгальное происхождение, а частично образовались в результате процессов, приводящих к образованию каличе. Вероятная последовательность явлений, приводящих к образованию отложений каличе показана на фиг. 7. Наличие отложений каличе в цехштейновом известняке на севере Польши имеет важное палеогеографическое значение, так как свидетельствует о периодическом поднятии над уровнем моря обширных территорий цехштейнового бассейна во время седиментации известняка.

Tadeusz Marek PERYT, Tomasz Stanisław PIĄTKOWSKI

**CALICHE DEPOSITS IN THE ZECHSTEIN LIMESTONE IN THE WESTERN
PART OF THE PERI-BALTIC SYNECLISE (NORTHERN POLAND)**

S u m m a r y

Caliche deposits were found within the stromatolitic-oncolitic complex of the Zechstein Limestone in northern Poland (Figs. 1—3). They are most commonly developed in the form of pisolites and crusts (Pl. I—IV, Figs. 4—6); the pisolites are hybrids, partly of algal and partly of caliche origin. The probable sequence of events leading to caliche development is presented in Fig. 7. The occurrence of caliche deposits in the Zechstein Limestone of northern Poland has important palaeogeographical implications as it indicates the periodic subaerial exposure of vast regions of the Zechstein basin during the sedimentation of the Zechstein Limestone.

Translated by Tadeusz Marek Peryt

TABLICA I

Fig. 8. Struktury caliche w wapieniu cechsztyńskim z otworu Chałupy IG 2, głęb. 976 m
Caliche structures from the Zechstein Limestone of the Chałupy IG 2 borehole, depth 976 m

TABLICA II

Fig. 9. Struktury caliche w wapieniu cechsztyńskim z otworu Jastarnia IG 1, głęb. 1116,45 m
Caliche structures from the Zechstein Limestone of the Jastarnia IG 1 borehole, depth 1 116.45 m

TABLICA III

Fig. 10. Struktury caliche w wapieniu cechsztyńskim z otworu Chłapowo IG 3, głęb. 951,6 m
Caliche structures from the Zechstein Limestone of the Chłapowo IG 3 borehole, depth 951.6 m
Fig. 11. Struktury caliche w wapieniu cechsztyńskim z otworu Chłapowo IG 3, głęb. 951,4 m
Caliche structures from the Zechstein Limestone of the Chłapowo IG 3 borehole, depth 951.4 m

TABLICA IV

Fig. 12. Struktury caliche w wapieniu cechsztyńskim z otworu Chałupy IG 2, głęb. 974,7 m
Caliche structures from the Zechstein Limestone of the Chałupy IG 2 borehole, depth 974.7 m

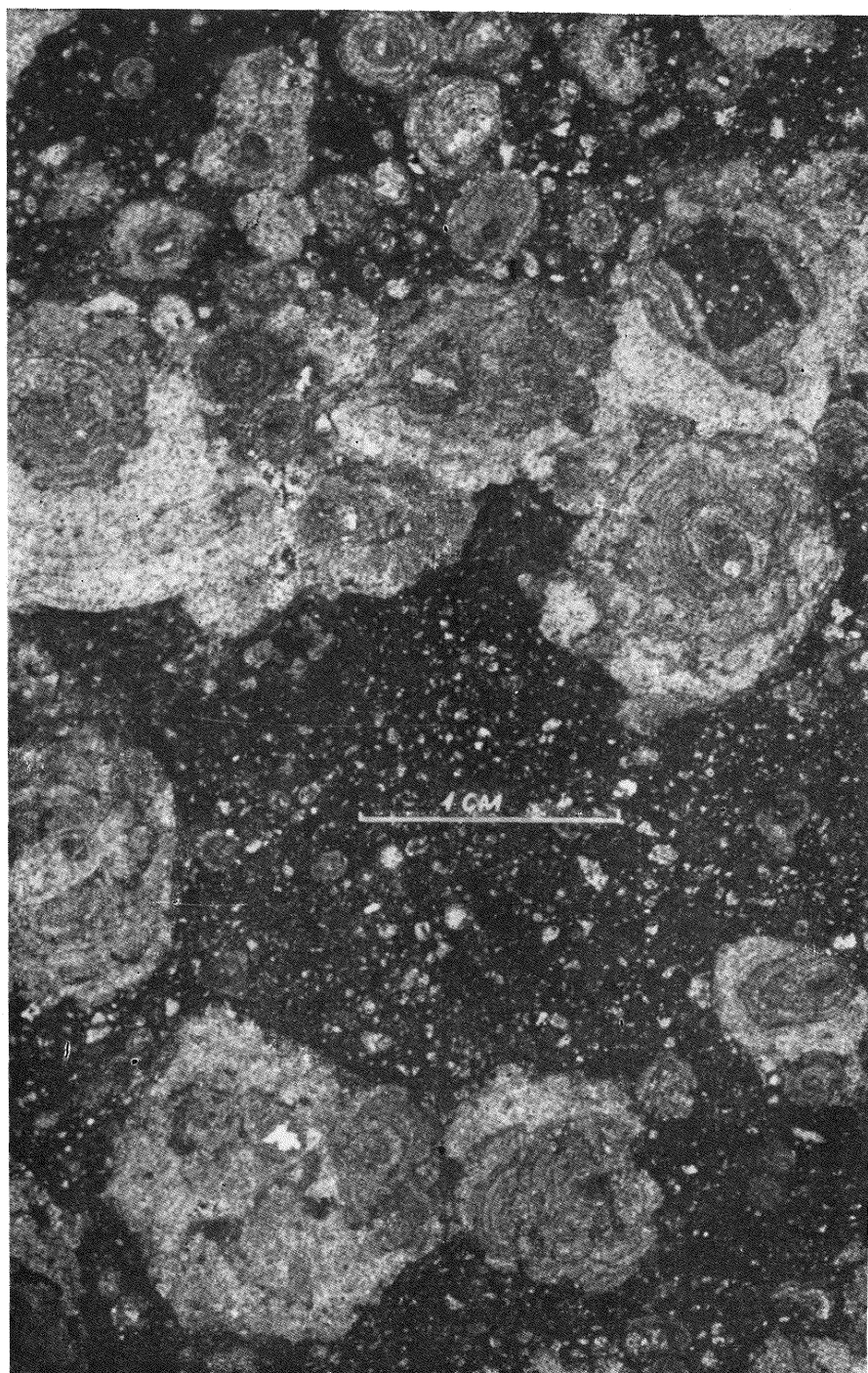


Fig. 8

Tadeusz Marek PERYT, Tomasz Stanisław PIĄTKOWSKI — Osady caliche w wapieniu cech-sztyńskim zachodniej części syneklizy perybałtyckiej

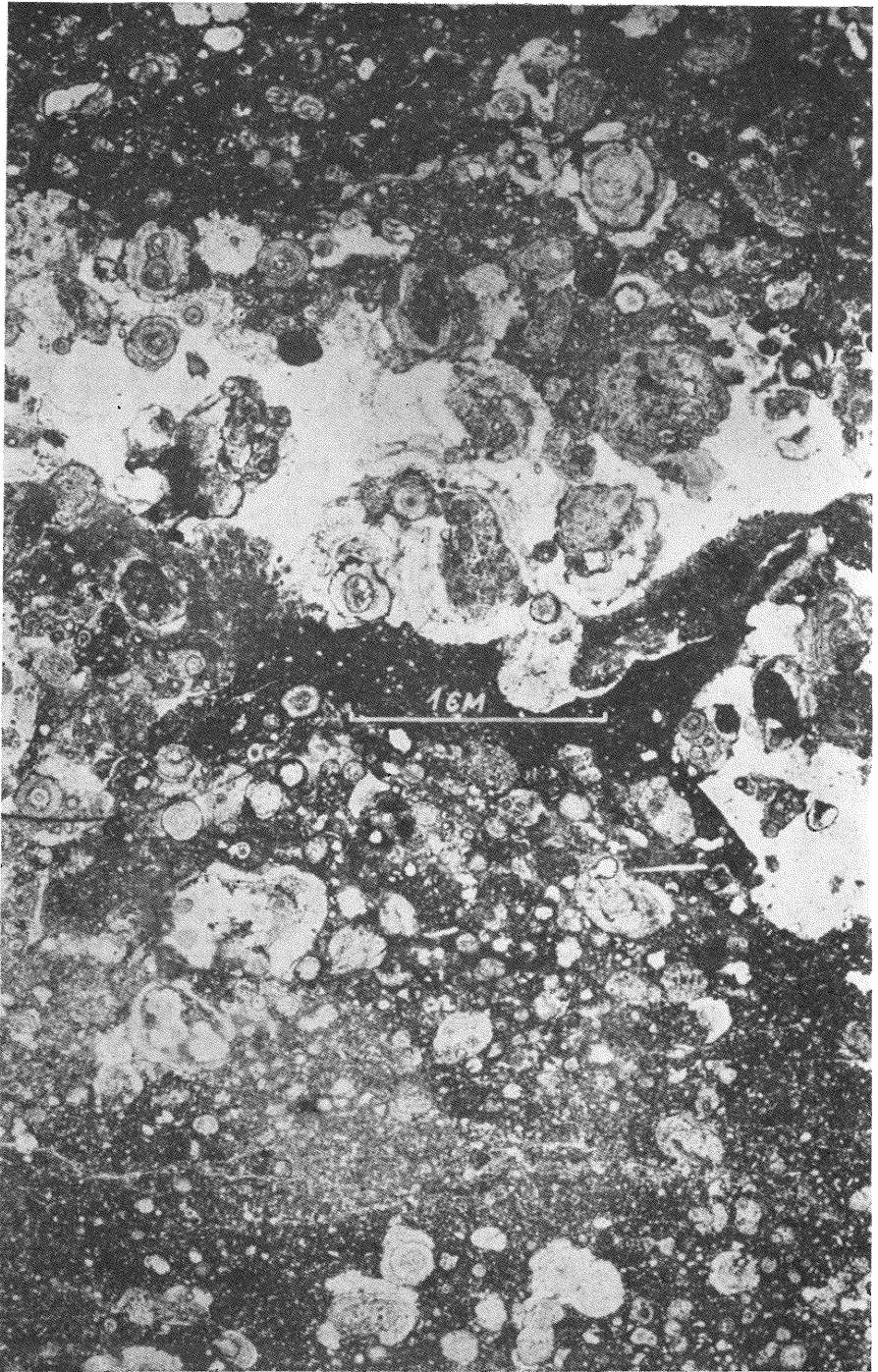


Fig. 9

Tadeusz Marek PERYT, Tomasz Stanisław PIĄTKOWSKI — Osady caliche w wapieniu cech-sztyńskim zachodniej części syneklizy perybałtyckiej

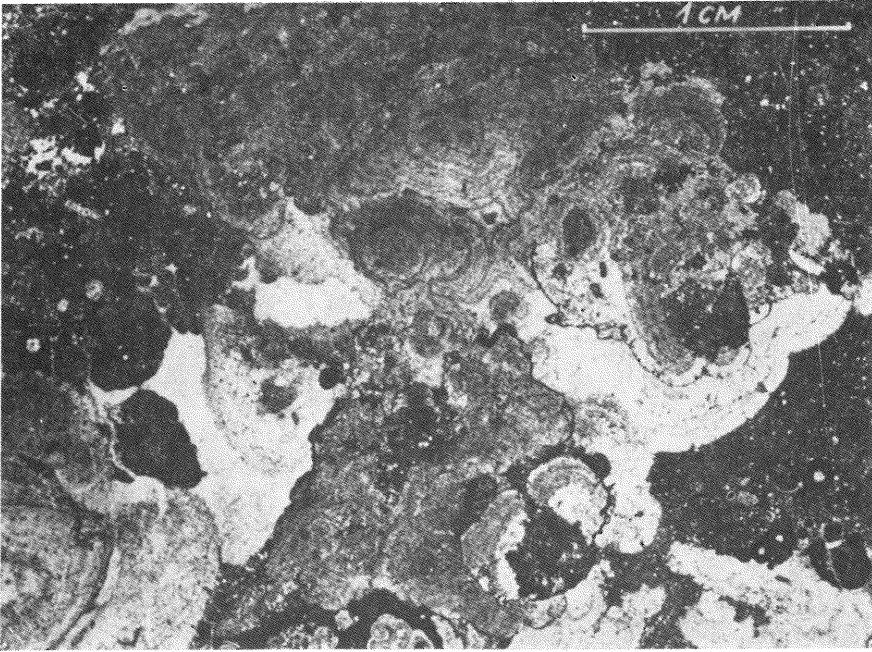


Fig. 10

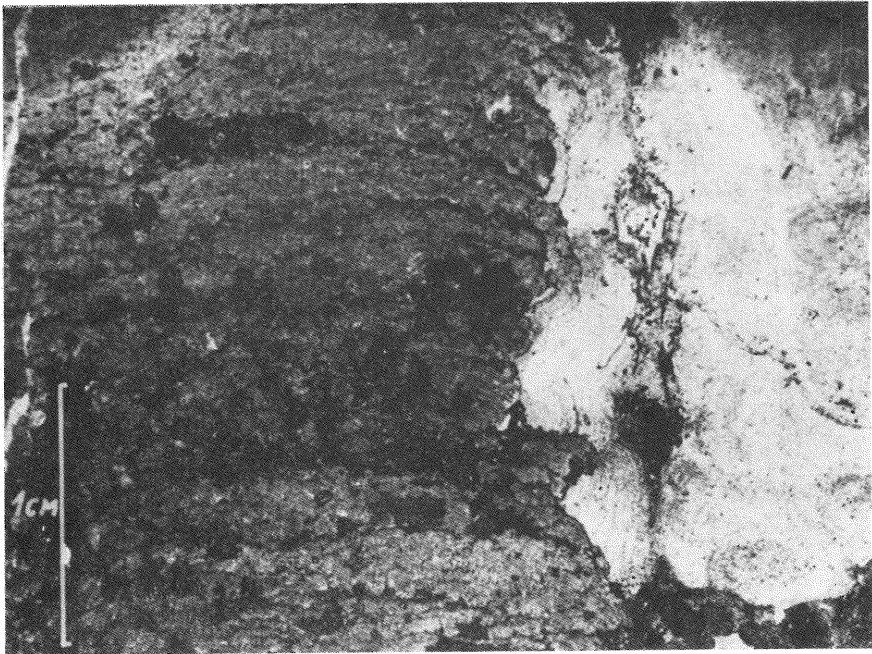


Fig. 11

Tadeusz Marek PERYT, Tomasz Stanisław PIĄTKOWSKI — Osady caliche w wapieniu cech-sztyńskim zachodniej części syneklizy perybałtyckiej

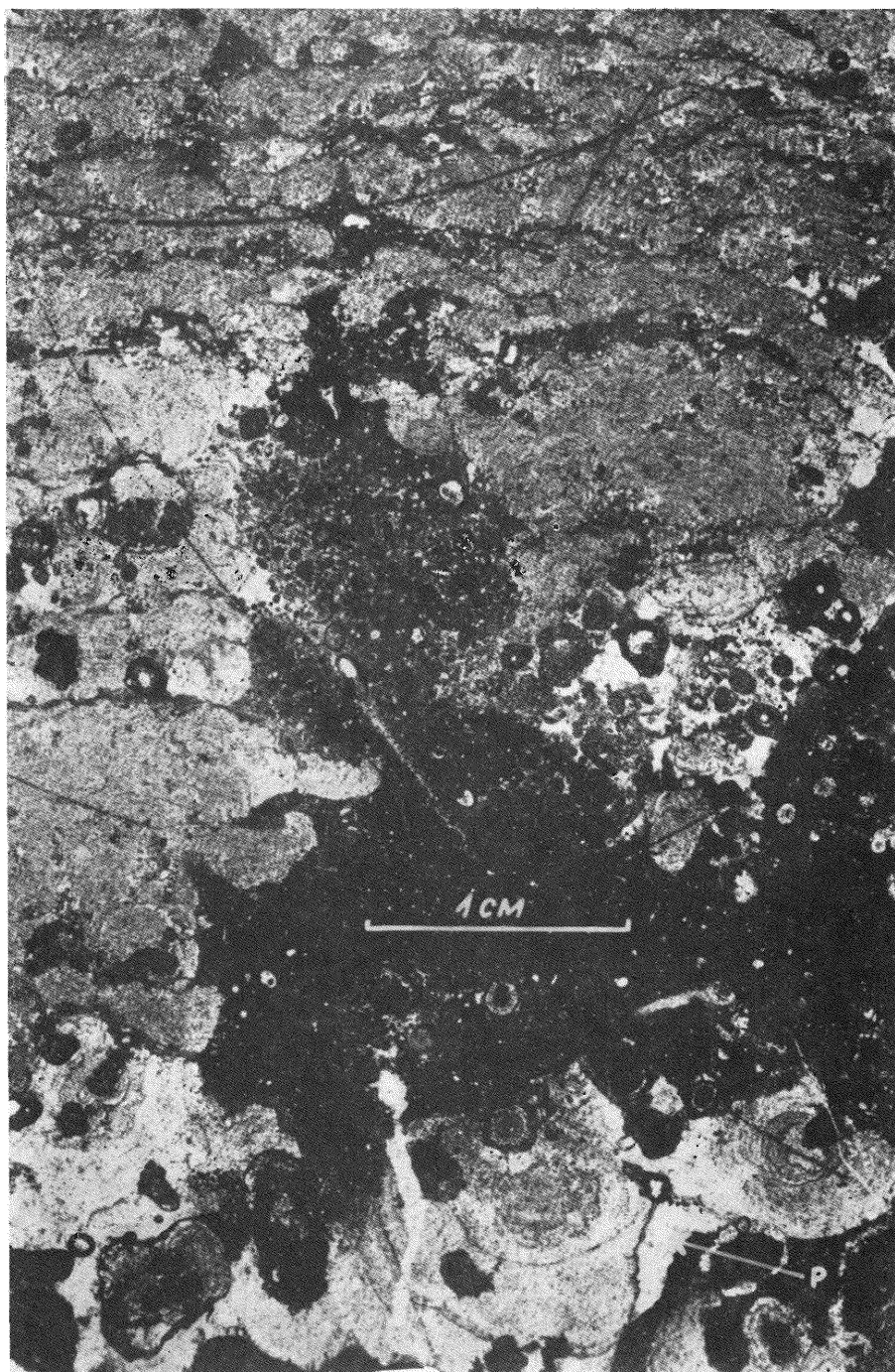


Fig. 12

Tadeusz Marek PERYT, Tomasz Stanisław PIĄTKOWSKI — Osady caliche w wapieniu cech-sztyńskim zachodniej części syneklizy perybałtyckiej