

ALEKSANDRA KOSTECKA

CECHSZTYŃSKIE WAPIENIE LAMINOWANE W NIECCE GAŁĘZICKIEJ (GÓRY ŚWIĘTOKRZYSKIE)

(Tabl. XVIII—XXIII i 10 fig.)

Laminated limestones of Zechstein at the Gałęzice Syncline (Holy Cross Mountains)

(Pl. XVIII—XXIII and 10 Figs.)

Treść. W zachodniej części synkliny gałęzickiej wśród utworów dolnego cechsztynu występuje cienka seria wapieni laminowanych wykazujących często drobnofałdkowe zaburzenia i zbrekcjowanie. Uważane są one za wynik podmorskiego spełzywania słabo skonsolidowanego materiału. W pracy niniejszej omówione zostały typy struktur związanych z osadzaniem się i spływaniem materiału oraz geneza wapieni.

WSTĘP

W zachodniej części synkliny gałęzickiej (SW od Kielc) w obrębie osadów dolnego cechsztynu występuje bardzo charakterystyczna cienka seria wapieni wykazujących swoiste cechy strukturalne jak: poziomą lub falistą laminację, drobne zaburzenia fałdowe i zbrekcjowanie. Wapienie te zostały opisane przez J. Czarnockiego (1923) jako utwory przypominające tufy. Obserwowane w nich zjawiska strukturalne autor ten wiązał z procesami termalnymi. Inny pogląd wyraził Z. Kortański (1959), który uważał, że sfaldowanie drobnolaminowanych wapieni powstało w wyniku podmorskich spływów słabo skonsolidowanego osadu, a brekcje są również pochodzenia osadowego, przy czym powstały one już po stwardnieniu wapiennego sedymentu.

Szczegółowe opracowanie wapieni laminowanych stanowi jeden z fragmentów badań autorki nad sedimentacją cechsztynu synkliny gałęzickiej. W pierwszej fazie badania te objęły profil widoczny w przekopie drogi na wzgórzu Skałka oraz odsłonięcia utworów dolnego cechsztynu w Gałęzicach (A. KostECKA, 1960).

W tym miejscu pragnę złożyć podziękowanie prof. drowi H. Świdzińskiemu za opiekę nad całością pracy, doc. drowi S. Dzułyńskiemu, doc. drowi T. Wieserowi, doc. drowi A. Obercowi oraz drowi S. Alexandrowiczowi za cenne uwagi i dyskusje.

Osobne podziękowanie składam prof. drowi T. Skawinie i drowi S. Janiczkiowi za przeprowadzenie doświadczeń laboratoryjnych.

POZYCJA GEOLOGICZNA WAPIENI LAMINOWANYCH

Wapienie laminowane występują w Gałęzicach w najwyższej części dolnego cechsztynu (J. Czarnocki 1923), tworząc serię około 1 m miąższości. Jak wynika z dotychczasowych obserwacji, jest to utwór lokalny, ograniczony na powierzchni do wąskiego pasa o długości około 1 km, ciągnącego się po północnej stronie wierzchołków wzgórz Skalka i Sachty. Na obszarze tym wapienie laminowane spotyka się w formie luźnych bloków lub okruchów w zwietrzelinie, a jedynym miejscem, gdzie występują in situ, jest przekop drogi we wschodniej części wzgórza Skalka.

Utwory podścielające je odznaczają się dość znaczną zmiennością facjalną. W zachodniej części Skalki jej południowy stok buduje seria płytowych wapieni bitumicznych; nad nią spoczywają plamiste brunatne wapienie o nierównych, gruzłowatych powierzchniach ławic, przechodzące ku stropowi w jasnoszare, gruboławicowe wapienie porowate z wrostkami barytu i galeny. Wspomniane wapienie laminowane zajmują wyższą pozycję stratygraficzną. Spotyka się je jedynie w postaci luźnych okruchów w zwietrzelinie. J. Czarnocki (1923) podaje, że wapienie te pozostają w ścisłym związku z wapieniami porowatymi.

W przekopie drogi we wzgórzu Skalka, ponad serią wapieni bitumicznych o miąższości około 10 m, pojawiają się cienkopłytkowe, nieco margliste wapienie laminowane, przechodzące stopniowo ku górze w zwarte stalowoszare wapienie o niespokojnej laminacji i zaburzeniach typu fałdzików i brekcji, z soczewkami różowobiałych krzemieni. Miąższość wapieni laminowanych waha się w granicach 3 m. Zaznaczyć należy, że na skutek niedostatecznego odsłonięcia nie udało się zaobserwować bezpośredniego kontaktu pakietu omawianych wapieni z podścielającymi je utworami. Niemniej występowanie wapieni porowatych na kontakcie z serią laminowaną nie wydaje się prawdopodobne.

Na wschód od przekopu aż do drogi oddzielającej wzgórze Skalka od Sachty obserwacje południowego zbocza Skalki są utrudnione ze względu na brak odsłonień. Natomiast sam szczyt budują gruboławicowe ciemnoszare wapienie bitumiczne o gruzłowatych powierzchniach warstw. Ponad nimi spoczywają prawdopodobnie wapienie laminowane, o czym świadczą okruchy i bloki oraz różowe krzemienie napotymane w zwietrzelinie.

Na wzgórzu Sachty spąg cechsztynu stanowią zlepierce z otoczkami wapieni dewońskich spojonych żółtym lepiszczem. Budują one południowy stok wzgórza; ponad nimi parumetrowa seria bitumicznych wapieni cienkopłytkowych, następnie gruboławicowych o miąższości około 3 m budujących szczytową partię Sachty. Wyżej spotyka się wapienie laminowane w postaci luźnych okruchów i bloków o rozmiarach dochodzących czasem do 0,5 m średnicy.

Obecność wapieni laminowanych została stwierdzona w otworze wiertniczym, wykonanym przez Stację Świętokrzyską Instytutu Geologicznego we wsi Gałęzice, w odległości około 100 m na północ od wychodni tych utworów.

Jak wynika z przytoczonych profilów, w Gałęzicach wapienie laminowane są stosunkowo stałym poziomem, gdy tymczasem utwory podścielające ulegają wyraźnym zmianom facjalnym. Ku północy wapienie laminowane chowają się pod utwory środkowego cechsztynu, wykształ-

cone w tym rejonie jako margle i łupki margliste z wkładami wapieni (J. Czarnocki 1923).

CHARAKTERYSTYKA WAPIENI LAMINOWANYCH

Wapienie laminowane składają się z naprzemianległych cienkich warstewek (lamin) jasnych i ciemnych (różne odcienie barwy szarej do żółtawoszarej). Grubość lamin jest bardzo zmienna i waha się od 0,016 mm do 3 mm.

W obrazie mikroskopowym widać, że głównym elementem skałotwórczym wapieni jest kalcyt. Jako niewielkie domieszki występują substancje ilaste oraz materiał detrytyczny w formie pyłu kwarcowego, mik, chlorytów i skaleni. Ponadto obecne są związki żelaza i bituminy.

Wielkość kryształów kalcytu zmienia się dość znacznie. W laminach jasnych średnica ziarn waha się od 6 do 50 mikronów. Kryształy są czyste o zarysach ksenomorficznych, niekiedy zbliżniaczone. W laminach ciemnych kryształy kalcytu mają średnicę w granicach 2 do 8 mikronów, często nawet poniżej 2 mikronów. Ciemna barwa lamin w płytkach cienkich spowodowana jest głównie drobnym, niemal pelitycznym materiałem wapiennym, który słabo reaguje na światło spolaryzowane, a ponadto w wielu wypadkach nieznaczna domieszka substancji ilastych oraz związków żelaza i bituminów.

Kwarzec występuje w postaci drobnych ziarn o przeciętnej średnicy 40 mikronów. Na ogół ziarna te są ostrokrawędziste, rzadziej zaokrąglone, powierzchnie ich są często spekane, niekiedy z drobnymi wrostkami muskowitu. Pospolite jest u nich proste wygaszanie światła, ściemnianie faliste posiadają nieliczne osobniki.

Znacznie rzadziej spotykane są miki i chloryty. Występują one w formie drobnych, wydłużonych łuseczek, których wielkość waha się w granicach 30 do 70 mikronów.

Wśród minerałów można jeszcze wyróżnić całkowicie zserycytizowane skalenie oraz sporadycznie glaukonit. Średnice ziarn zarówno pierwszych, jak i drugich osiągają wartość podobną jak u kwarcu.

Należy podkreślić, że wszystkie wyżej wspomniane minerały detrytyczne grupują się w laminach ciemnych lub w ich najbliższym sąsiedztwie, przy czym u ziarn o wydłużonych kształtach dłuższa oś jest zgodna z warstwowaniem. Laminę jasną natomiast są niemal zupełnie pozbawione tych domieszek.

Pospolitym składnikiem wapieni laminowanych są bituminy. Tworzą one bądź formy niteczkowate rozgałęziające się, bądź też drobnutkie pomarańczowobrunatne kuleczki, niekiedy pojedyncze, a niekiedy mikroskopijne agregaty. Ta druga forma występowania jest znacznie częstsza. Podobnie jak minerały detrytyczne bituminy grupują się głównie w laminach ciemnych.

Jednym ze składników opisywanych wapieni są związki żelaza. Występują one w formie czarnego drobno rozproszonego pyłu (piryt ?) oraz brunatnordzawych tlenków tworzących małe, nieregularne skupienia. Zwiętrzałe okruchy skały są niemal całkowicie przepojone tlenkami żelaza, w związku z czym przybierają intensywnie żółtą barwę.

Nie podobna pominąć w tym miejscu chalcedonu tworzącego ważny element składowy wapieni laminowanych. Chalcedon mlecznobiały o różowej korze tworzy płasko-soczewkowate płaskury o długości kilkunastu

lub nawet parudziesięciu cm i przeciętnej grubości 3 cm. Często jednak jego nieregularne ostrokrawędziste okruchy tkwią bezładnie w masie wapiennej. Obydwie powierzchnie wkładek chalcedonowych, zarówno spągowa jak i stropowa, wyraźnie odcinają się od tła wapiennego, są poszarpane, nierówne, niekiedy posiadają ostro zakończone wyrostki. W płytce cienkiej chalcedon wykazuje bardzo drobnokrystaliczną jednolitą strukturę bez jakichkolwiek śladów organicznych. Miejscami przekrystalizował w kwarzec.

Opisywane wapienie przy małych powiększeniach sprawiają wrażenie całkowicie pozbawionych szczątków organicznych. Dopiero użycie sto lub stopięćdziesięciokrotnych powiększeń pozwala dojrzeć słabe zarysy form, których nie można uznać za przypadkowe. Mają one najczęściej wydłużone, laseczkowate kształty, niekiedy rozdwajające się na końcach lub tworzące kuliste nabrzmienia, czasem posiadają wygląd trójkątów o wklęsłych bokach (fig. 1). Wnętrza ich wypełnia kalcyt, który w wielu wypadkach narasta od ścianek do środka albo też krystalizuje nieregularnie. Opisane szczątki wykazują duże podobieństwo do elementów szkieletowych gąbek i wydaje się, że za takie właśnie należy je uważać. Ich długość waha się od 0,08 mm do 0,34 mm (średnio 0,19 mm).

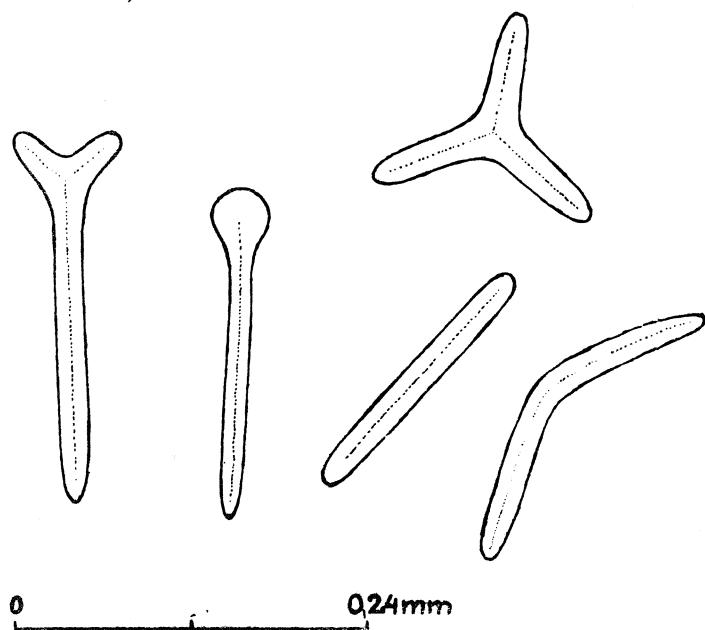


Fig. 1. Przekrystalizowane formy organiczne przypominające elementy szkieletowe gąbek

Fig. Recrystallized organic forms, probably spiculae of sponges

Sporadycznie występują szczątki przypominające małżoraczki lub brachiopody z fragmentarycznie zachowaną przekrystalizowaną skorupką i wnętrzem.

Bardzo rzadko spotyka się niewiadomego pochodzenia drobne perforowane płytki kalcytowe z tkwiącymi w otworkach skupieniami bituminów.

Istnieje ponadto szereg drobnych form, których pochodzenie jest bardzo problematyczne. Można je uważać zarówno za szczątki pochodzenia organicznego, jak i nieorganicznego.

Typy struktur w wapieniach laminowanych

Jak wspomniano wyżej, charakterystyczną cechą opisywanych wapieni jest drobna laminacja polegająca na naprzemianległym ułożeniu

warstewek ciemnych i jasnych. Około 75% warstewek posiada grubość w granicach 0,016 mm do 0,16 mm, a tylko około 4% — powyżej 0,5 mm.

Makroskopowo laminy jasne posiadają barwę jasnoszarą lub żółtawoszarą, laminy ciemne — barwę szarą lub ciemnoszarą. Laminy ciemne widziane okiem nieuzbrojonym — w świetle przechodzącym są najczęściej jasne, zbudowane z czystego kalcytu drobno- lub bardzo drobno-krystalicznego, gdy na odwrót laminy jasne — pod mikroskopem okazują się ciemnymi, co spowodowane jest obecnością znacznie drobniejszego ziarna oraz domieszek w formie związków żelaza, bituminów, a niekiedy substancji ilastych.

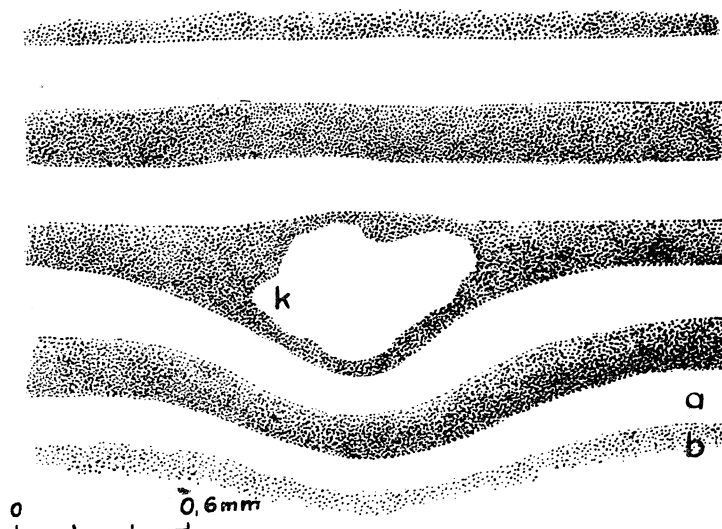
W opisywanych wapieniach można wyróżnić struktury związane z osadzaniem się i spływaniem osadu. Do pierwszego typu zaliczono: a) laminację poziomą; b) laminację falistą. Strukturom spływowym podporządkowano: a) struktury fałdkowe; b) brekcje.

Struktury związane z sedymentacją osadu

a) Laminacja pozioma (równoległa do powierzchni warstwowania). Jest to typ strukturalny spotykany stosunkowo rzadko, a polega na poziomym ułożeniu na przemian ciemnych i jasnych lamin, które zachowują na ogół stałą grubość (Tabl. XVIII, fig. 1). Niejednokrotnie obserwuje się (pod mikroskopem) drobne zaburzenia w przebiegu warstewek. Takie wypadki mają miejsce wówczas, gdy jakaś większa cząstka (np. ziarno kwarcu lub bliżej nie określony szczątek organiczny)

Fig. 2. Laminacja pozioma.
a — lamina jasna; b — lamina ciemna; k — ziarno kwarcu powodujące nieznaczne deformacje

Fig. 2. Horizontal lamination.
a — light lamina; b — dark lamina; k — quartz grain causing a slight deformation of laminae



występuje w obrębie jednej z warstewek. Fragment taki tkwi w niewielkim wgłębieniu, które zaznacza się słabo w paru sąsiednich podścielających laminach. Natomiast warstewki nadległe tworzą lekkie nabrzmienie. W bezpośrednim sąsiedztwie z detrytyczną cząstką następuje ścienienie lamin (fig. 2). Opisane wgłębienie mogło utworzyć się w miękkim, nie zdiagenezowanym osadzie pod ciężarem ziarna, którego wielkość przekracza znacznie elementy skałotwórcze budujące laminy, a nawet grubość tych lamin. Zjawiska takie znane są z literatury geologicznej (Shrock 1948). Istnieje także możliwość, że ugięcie lamin w sąsiedztwie detrytycznej cząstki powstało w wyniku kompaktacji.

Innym rodzajem zaburzeń są delikatne sfalowania przypominające pręgi faliste. Zjawiska te, bardzo rzadkie zresztą, zaobserwować można jedynie pod mikroskopem. Warstewka jasna o jednolitej strukturze posiada równą powierzchnię spągu, gdy natomiast powierzchnia stropu jest nierówna, nieco falista. Na niej spoczywa ciemna warstewka wypełniająca dokładnie wszystkie nierówności podłoża. Warstewka ta wykazuje słabe wewnętrzne zróżnicowanie. Bezpośrednio na kontakcie warstewki ciemnej z jasną występują mikrokryształiczne ziarna kalcytu, które stopniowo ku górze powiększają się nieco. Najdrobniejsze z ziarn grupują się głównie w zagłębieniach falistej powierzchni stropowej niżej leżącej warstewki (fig. 3). W stropowej części ciemnej laminy można zaobserwować poziome smugowanie, podkreślone niekiedy obecnością mikroskopijnych laseczkowatych form organicznych. Przypuszczalnie opisane sfalowania są delikatnymi zmarszczkami powstałymi w luźnym mule wapiennym, być może przy współudziale słabych prądów konwekcyjnych. Wyglądem swym przypominają one nieco „mud buried ripple mark” opisane przez Shrocka (1948).

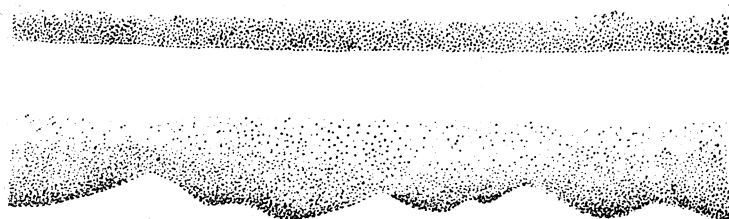


Fig. 3. Laminacja pozioma — formy przypominające „ripple marks”

Fig. 3. Horizontal lamination; structures resembling ripple marks

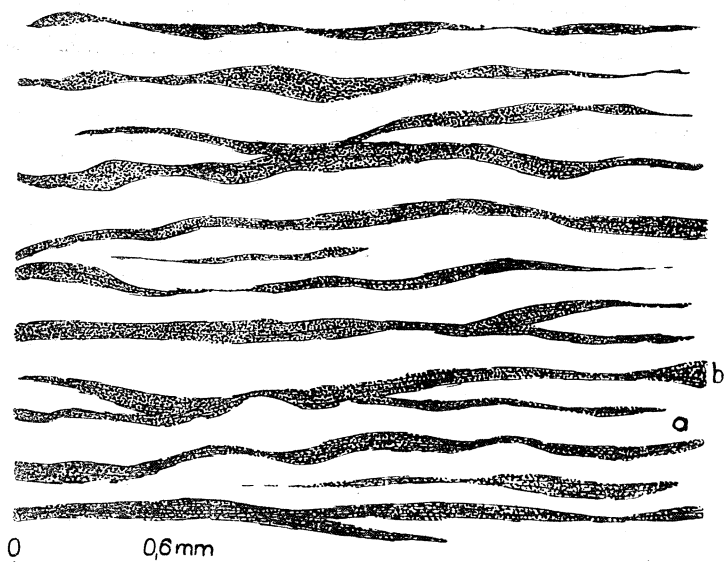


Fig. 4. Laminacja falista, a — laminy jasne; b — laminy ciemne

Fig. 4. Undulating lamination. a — light laminae; b — dark laminae

b) Laminacja falista. Omawiany rodzaj laminacji polega na słabym i nieregularnym pofalowaniu warstewek wykazujących zasadniczo poziomy przebieg. W obrazie mikroskopowym obserwuje się nierówne powierzchnie poszczególnych lamin i ich falistość, przy czym amplituda „fal” jest bardzo niewielka i nie przekracza na ogół grubości lamin. Warstewki często cienieją lub wyklinowują się, ulegają rozdwa-

janiu lub łączeniu (fig. 4). Zaznaczyć należy, że sfalowanie nie jest harmonijne. Grzbieciki i wgłębienia jednej laminy na ogół nie pokrywają się z tymi samymi elementami drugiej. Nie jest wykluczone, że powstanie tego typu struktury mogło być spowodowane z jednej strony zmiennym dopływem materiału, z drugiej strony prądami, które były zdolne jedynie do bardzo słabego rozmywania osadu w jednym miejscu i nieznacznej akumulacji w sąsiedztwie.

W niektórych wypadkach sfalowanie i pomarszczenie jest znaczne, laminy wykazują dość wyraźne zgrubienia, a ułożenie odbiega od poziomego (fig. 5, Tabl. XVIII, fig. 1). Struktury takie można traktować jako formy przejściowe pomiędzy laminacją falistą a strukturami fałdkowymi.

Struktury związane ze spływaniem osadu

Jak wyżej podano, do struktur spływowych zostały zaliczone struktury fałdkowe i brekcje.

W literaturze geologicznej znane są liczne przykłady form strukturalnych powstałych w wyniku podwodnych spływów¹ (A. Hadding 1931; C.B. Brown 1938; R.W. Fairbridge 1946; P.H. Kuenen 1948; M. Książkiewicz 1951, 1958; itd). Zjawiska te występują zarówno w utworach wapiennych², jak i piaszczysto-łupkowych.

Cechszyńskie wapienie laminowane posiadają duże bogactwo struktur spływowych, które, jakkolwiek rozwinięte na małą skalę (częściowo widoczne tylko pod mikroskopem), są doskonale zachowane dzięki niezniszczonej laminacji. Spływający osad musiał być dostatecznie skonsolidowany, skoro różnice pomiędzy poszczególnymi warstewkami nie uległy zatarciu i dostatecznie plastyczny o czym świadczy duża ilość form strukturalnych ciągłych. Obecność zaburzeń nieciągłych (brekcje, uskoki, fałdy „złamane”) dowodzi, że zjawiska spływowe rozwijały się również w osadzie, który na skutek dalej posuniętej konsolidacji zatracił częściowo swą plastyczność.

a) *Struktury fałdkowe.* Z punktu widzenia intensywności fałdowań struktury te można podzielić na kilka typów. Do pierwszego z nich (początkowe stadium spływów) należałoby zaliczyć wspomniane poprzednio laminy sfalowane (fig. 5, Tabl. XVIII, fig. 1), w których pełnienie osadu zaznacza się stosunkowo nieznacznie pogrubieniem i ściśnięciem przy jednoczesnym odchyleniu od położenia poziomego. Ogólnie biorąc, zaburzenia są wyraźnie widoczne w laminach ciemnych zbudowanych z szarego „pelitu” kalcytowego. Natomiast laminy jasne wykazują jednolitą budowę; bardzo drobnokrystaliczny kalcyt wypełnia przestrzeń między sfalowanymi laminami ciemnymi. Jest możliwe, że drobny szlam wapienny ciemnych lamin szybciej tracił wodę, niż miało

¹ Zjawiska powstałe w wyniku podmorskich spływów A. Hadding określa mianem „flow structure”. Dla oznaczenia warstewek, które w czasie ruchu nie uległy przerwaniu M. Książkiewicz (1951) i P. Kuenen (1948) używają terminu „slip bedding” a C.B. Brown (1938) — „sealing wax flow”.

² Z. Kortański (1955) opisując wapienie robaczkowe środkowego triasu serii wierchowej Tatr przypisuje im genezę spływową. Podobny pogląd wyraża S. Siedlecki (1948, 1955) odnośnie do wapieni falistych środkowego triasu regionu śląsko-krakowskiego.

to miejsce w jasnych warstewkach, a przez to będąc bardziej skonsolidowanym a jednocześnie plastycznym, ulegał spełzywaniu. Substancja węglanowa jasnych lamin silniej nasycona wodą zachowywała się przy tym jako materiał bardziej płynny.

Drugim, bardziej charakterystycznym typem struktur spływowych są sfałdowania „małopromienne” o stosunkowo znacznej amplitudzie. Najwyraźniej zaznaczają się one w tych pakietach, w których zarówno jasne, jak i ciemne laminy zbudowane są z mikrokryształicznego kalcytu o nieznacznie zróżnicowanej wielkości kryształów. Można wtedy wyróżnić fałdy leżące, pochylone, proste i wachlarzowate oraz obserwować ich stopniowe wygasanie (fig. 6, Tabl. XVIII, fig. 2, Tabl. XIX, fig. 1). Oma- wianie zaburzenia w jednakowym stopniu obejmują laminy ciemne i jasne.

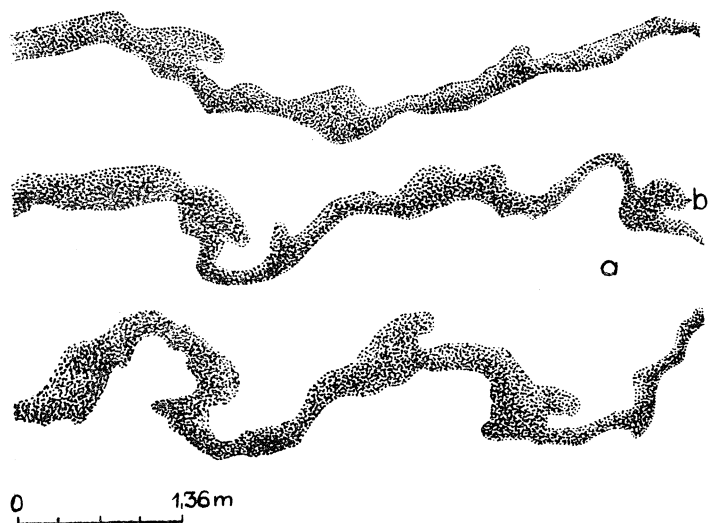


Fig. 5. Laminy sfalowane. a — warstewka jasna; b — warstewka ciemna

Fig. 5. Undulated laminae. a — a light band; b — a dark band

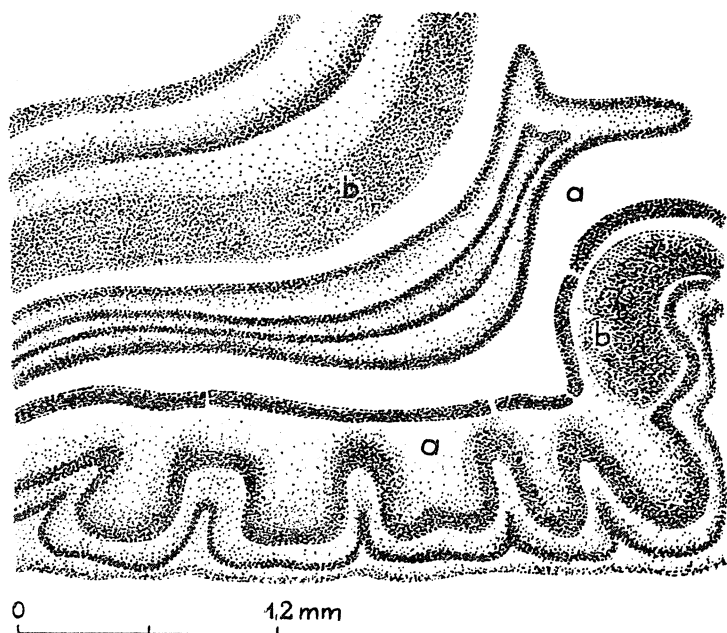


Fig. 6. Zafałdowania małopromienne w wapieniach laminowanych. Różnica między materiałem warstewek jasnych (a) i warstewek ciemnych (b) — nieznaczna

Fig. 6. Narrow folding in the laminated limestones. The difference between material of light laminae (a) and that of dark (b) is insignificant

Kierunkowość spływów jest zagadnieniem trudnym do rozwiązania. Komplikuje ją fakt, że sfałdowania w przekrojach pionowych prostopadłych do siebie dają obrazy, w których jakakolwiek prawidłowość jest

prawie niemożliwa do odcyfrowania. Jeżeli na podstawie danego przekroju zorientowanej próbki uda się określić kierunek spływów np. z południa na północ, to w przekroju poprzecznym można zazwyczaj dopatrzyć się innego kierunku. Podobny przypadek obserwował P. H. Kuennen (1948) w karbońskich utworach piaskowcowo-lupkowych w Pembroke-shire (Anglia). Stwierdził on, że laminy są pomięte, skrócone, wyciągnięte lub ściśnięte, a poszczególne fałdy nie wykazują stałych kierunków, toteż na przekrojach pionowych prostopadłych do siebie obraz struktur jest prawie jednakowo skomplikowany.

Prawdopodobnie odsłonięcie warstw *in situ* na dużej przestrzeni pozwoliłoby na wyciągnięcie bardziej konkretnych wniosków odnośnie do kierunkowości spływów w wapieniach laminowanych synkliny gałęzistej.

Na pograniczu struktur fałdkowych i brekcji znajdują się formy zawierające obydwa elementy. Są to „złamane” fałdy o popękanych, przerwanym warstewkach lub pakietach warstewek (fig. 7, Tabl. XIX, fig. 2, Tabl. XX, fig. 1). Na przegubach fałdów, w miejscach największych naprężeń, bardziej sztywne laminy lub zespoły lamin pękały przesuwając się nieco względem siebie lub rozwierając się klinowato (fig. 7).

b) Brekcje. Brekcje są bardzo częstym zjawiskiem w wapieniach laminowanych. Według nomenklatury proponowanej przez Z. Kotańskiego (1954) należałoby je zaliczyć do brekcji subakwalnych typu spływowego.

Najprostszym przykładem są brekcje międzywarstwowe¹ obejmujące najczęściej laminę ciemną (fig. 8), której porozrywane fragmenty tkwią w mikrokryształicznej masie kalcytowej (w laminie jasnej). Natomiast warstewki leżące zarówno w spągu, jak i w stropie są poziome i nie wykazują żadnych zaburzeń.

W niektórych wypadkach można obserwować, że poszczególne fragmenty ciemnych lamin są zagięte i przybierają formę łuku lub paraboli, a niekiedy przypominają toczące zwijane (fig. 7,8), wielokrotnie opisane w literaturze (balls with spiral structure — A. Harding 1931; spiral rolls — R. Fairbridge 1946; toczące zwijane — A. Radwański 1960). Pęknięte i porozrywane laminy mogą również nasuwać się na siebie (fig. 8).

Z powyższych faktów można wnioskować, że mamy do czynienia ze zjawiskiem osuwania się materiału stosunkowo skonsolidowanego, który uległ nie fałdowaniu, lecz kruszeniu, tworząc swoisty typ brekcji spływowej. Drugi wniosek, który się nasuwa, dotyczy stopnia konsolidacji osadu budującego laminy jasne i ciemne: te ostatnie w opisanym wypadku odznaczały się większą sztywnością.

Brekcje spływowe o bardziej skomplikowanej strukturze są dwójakiego rodzaju:

1. brekcje „pakietowe”, gdzie pakiety złożone z kilkunastu lub kilkunastu mikrowarstewek o mniej więcej jednakowej sztywności w czasie fałdowania uległy rozerwaniu, przybierając bardzo różnorodne, m. in.

¹ Termin „brekcja międzywarstwowa” został tu użyty jedynie w celu określenia charakteru a nie genezy brekcji. W nomenklaturze Z. Kotańskiego (1954) natomiast nazwę tę stosuje się w wypadku, gdy powstawanie brekcji spowodowane jest dotarciem podstawy fałdowania do dna zbiornika, w wyniku czego następuje kruszenie warstwy.

pionowe pozycje¹. Takich pakietów może być kilka. Są one przeławicane cieńszymi i bardziej plastycznymi zespołami lamin, wykazującymi struktury fałdowe ciągłe. Należy podkreślić, że pakiety sztywne, dające w efekcie spływów brekcje, zbudowane są z laminek o mniej więcej jednakowej grubości, przy czym kontrast kolorystyczny między warstewką ciemną i jasną jest niewyraźny. Natomiast w oddzielających je zespołach warstwek o strukturze fałdkowej ciągłej, poszczególne lami-ny posiadają większą różnorodność pod względem tak grubości, jak i zabarwienia. Przeciętna grubość pakietów sztywnych waha się od kilku mm do 1 cm; stref przedzielających je około 5 mm (Tabl. XIX, fig. 2, Tabl. XX, fig. 1, fig. 2).

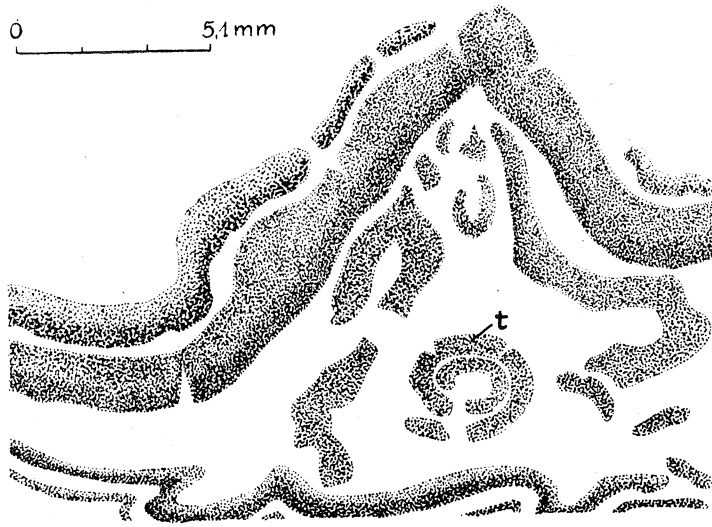


Fig. 7. Fragment spękanego fałdu; w partii środkowej brekcja z toczącym (t)

Fig. 7. Fractured folds; in the centre: breccia with a spiral ball (t)

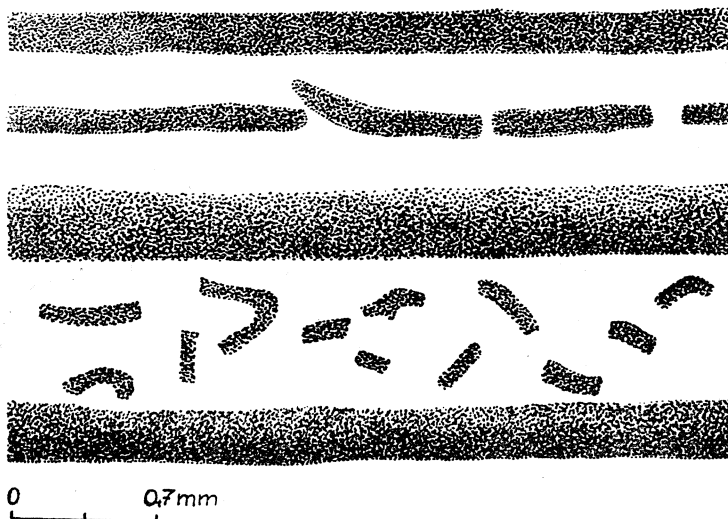


Fig. 8. Brekcja „międzywarstwowa” w wapieniach laminowanych. W stropie małe nasunięcia fragmentów warstewki

Fig. 8. Intrabedded breccia in the laminated limestones. At the upper part there is a small overlap of a broken lamina

2. brekcje „spływowe”, widoczne jedynie w płytce cienkiej oraz na wypolerowanej powierzchni, wykształcone w niewyraźnie laminowanych wapieniach. Wapienie, w których rozpowszechniony jest ten typ brekcji, są skałą masywną, zwięzłą, posiadającą w stropie i spągu wyraźną laminację, przeważnie zaburzoną spływami oraz skorupowatą oddzielność. Natomiast partia środkowa ławicy jest zwięzła, a na świeżej powierzchni nie ujawnia żadnych struktur. Po wypolerowaniu okazuje się, że partię

¹ Przypominają one „edgewise breccia”, której definicję podają C.L. Fenton i M. A. Fenton (1937) za Calkinsem.

tę buduje brekcja (Tabl. XXI, fig. 1). Poszczególne fragmenty lamin zajmują bardzo różnorodne pozycje, ale w przeciwieństwie do poprzednich tkwią w masie wapiennej niezbyt różniące się od nich tak barwą, jak i wielkością ziarn. Ogólnie biorąc, kontrast między fragmentami ciemnych i jasnych warstewek jest niewyraźny, przejście jednych w drugie stopniowe, a nawet wydaje się, że część szlamu wapiennego nie wykazuje warstewkowania (Tabl. XXI, fig. 1, Tabl. XXI, fig. 2). Obraz, jaki widzimy, nasuwa przypuszczenie, że splezający materiał był w stanie silnego nasycenia wodą i odznaczał się małą sztywnością a zarazem małą spoistością wewnętrzną. W związku z tym był on predestynowany raczej do płynięcia tworząc często miniaturowe formy typu nasunięć („miniature nappes” — R. Fairbridge 1946; Tabl. XIX, fig. 1). Powstającą w czasie spływu brekcję charakteryzują fragmenty posiadające nie ostre, lecz zlewne kształty. Materiał wapienny budujący skałę zawiera nikłą ilość domieszek, a wyodrębnienie lamin ciemnych i jasnych polega jedynie na słabym zróżnicowaniu kryształów kalcytu. Jak już poprzednio wspomniano, czysty muł wapienny zdaje się mieć tendencje do zachowywania się jak ciało płynne, w związku z czym ruch materiału może spowodować silne wymieszanie i zniszczenie pierwotnej laminacji, jak zaobserwowano w opisanej brekcji.

Należy tu nadmienić, że wspomnianej skale dość często towarzyszy różowobiały chalcedon, poza tym nigdzie nie napotkany. Tworzy on najczęściej płaskie, wyklinowujące się soczewki lub płaskury. Niekiedy jednak można go znaleźć w formie pojedynczych okruchów tkwiących w masie wapiennej. Przy bliższej obserwacji zauważyć można, że soczewki przedstawiają nagromadzenie ostrokrawędzistych fragmentów chalcedonu dopasowanych do siebie, pomiędzy które wciska się substancja wapienna. Chalcedon tworzy zatem także swoisty rodzaj brekcji¹. Powierzchnie płaskur nie są gładkie, posiadają ostre, niekiedy haczykowato pozaginane „wyrastki”, które niejednokrotnie przebijają pofałdowane laminy ułożone w spągu i stropie wkładek chalcedonowych (Tabl. XXII, fig. 1, 2).

Geneza i zbrekcjowanie chalcedonu jest zagadnieniem skomplikowanym. Rozpatrując je można wysunąć kilka hipotez:

1. chalcedon utworzony znacznie wcześniej od skały otaczającej i nie w jej obrębie, zestalony i pokruszony, przy pomocy prądów lub zsuwów przywędrował do basenu, w którym osadzały się wapienie laminowane, tworząc wśród nich nieciągłe warstwy luźnych fragmentów. Ostatecznemu uformowaniu uległ w czasie pełnienia mułu wapiennego. Hipotezie tej przeczy przede wszystkim ścisłe dopasowanie do siebie poszczególnych okruchów chalcedonu. W wypadku chaotycznego nagromadzenia materiału, takie ułożenie nie powinno mieć miejsca. Ponadto nie ma żadnych dowodów na istnienie silnych prądów, ale wręcz przeciwnie, wydaje się, że wapienie laminowane są osadem spokojnych wód odizolowanych od wpływów prądów i falowania.

2. soczewki chalcedonu powstały jako utwór epigenetyczny w stosunku do wapieni, w czasie diagenety tych ostatnich. Nosicielem krzemionki byłyby roztwory doprowadzające do skały kalcyt, galenę i baryt. Krzemionka wytrącała się po sfałdowaniu osadu w kawernach utworzonych w wyniku rozkładu i usunięcia materii organicznej. Dowodem na współ-

¹ Na istnienie brekcji chalcedonowej zwraca uwagę po raz pierwszy J. Czarnocki (1923).

ną wędrowkę krzemionki wraz z kalcytem i galeną byłyby drobne, kuliste formy chalcedonu tkwiące niekiedy wewnątrz żył kalcytowych¹.

Hipoteza ta w niezadowalający sposób tłumaczy obecność brekcji chalcedonowej w obrębie brekcji wapiennej. Wydaje się mało prawdopodobne, aby epigenetyczna krzemionka, wyraźnie odgraniczająca się od otaczającego ją wapienia, pocięta szczelinami, które wypełnia kalcyt wraz z barytem i galeną, utworzyła pierwotnie ostrokrawędziste, dopasowane do siebie formy. Kulista postać chalcedonu obserwowana gdzieś w obrębie grubokrystalicznego kalcytu mogła utworzyć się w wyniku procesów wtórnych, uwarunkowanych krążeniem roztworów. Rozpuszczaniu i przemieszczaniu uległa przy tym jedynie nieznaczna ilość krzemionki.

3. chalcedon powstał jako utwór syngenetyczny z osadem wapiennym. Z rozważań Krumbeina i Garrelsa (1952) wynika, że wytrącanie się krzemionki zachodzi zarówno w warunkach redukcyjnych, jak i utleniających, a więc niezależnie od potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (*Eh*). Natomiast ważniejszym czynnikiem wpływającym na jej koagulację jest stężenie jonów wodorowych (*pH*) w danym środowisku, powodujące jego kwasowość lub zasadowość. Z tabel i wykresów przytoczonych przez wyżej wymienionych autorów można odczytać, że krzemionka wytrąca się obficie w środowisku słabo alkalicznym (do *pH* = 7,8), gdzie kalcyt nie odgrywa dużej roli, natomiast powyżej *pH* = 7,8, a więc w warunkach sprzyjających wytrącaniu się kalcytu, występuje ona jako minerał akcesoryczny w drobnych ilościach. Można przyjąć, że na dnie zbiornika w cienkiej, świeżo osadzonej warstewce mułu wapiennego na skutek rozkładu materii organicznej panowały warunki redukcyjne (Moretti 1957), natomiast ponad powierzchnią osadzania istniało środowisko oksydacyjne. Krzemionka, która w basenie znajdowała się w stanie roztworu koloidalnego², ulegała powolnej koncentracji. Na skutek okresowego obniżenia *pH* (poniżej 7,8) spowodowanego, być może, istnieniem H_2S lub H_2SO_4 , jednocześnie przy znacznym stężeniu SiO_2 w roztworze mogło nastąpić wytrącanie się żelu krzemionkowego, połączone z szybką utratą wody i twardnieniem³. Na koagulacie osadzał się w dalszym ciągu muł wapienny. Podczas spęływania warstewek miało miejsce potrzaskanie sztywnego i kruche go już żelu krzemionkowego, w efekcie czego powstała brekcja. Podkreślić należy, że w obrębie warstwy, w której występuje chalcedon, wapienne laminki także tworzą brekcję, natomiast powyżej i poniżej soczewek krzemiennych wykazują one deformacje ciągłe. Podana wyżej hipoteza wydaje się najlepiej tłumaczyć genezę chalcedonu.

¹ Sugestie wynikłe w czasie dyskusji z doc. dr. T. Wieserem

² A. Gaweł (1950) wysuwa przypuszczenie, iż źródłem krzemionki mogą być intensywne procesy wietrzeniowe na lądzie. Z delikatnie rozdrobnionej podczas transportu zawiesiny ilastej krzemionka zostaje uwolniona i przechodzi do roztworów.

³ W laboratorium Katedry Gruntoznawstwa AGH przeprowadzono następujące doświadczenie: do próbówki zawierającej bardzo silnie rozcieńczony roztwór szkła wodnego dodano kilkanaście kropli H_2SO_4 . Koagulacja krzemionki postępowała bardzo wolno. Natomiast gdy doświadczenie to powtórzono z silnie stężonym roztworem szkła wodnego, wytrącanie się żelu krzemionkowego postępowało nader szybko, przy czym ulegał on momentalnie twardnieniu, zachowując się jak ciało sztywne i kruche.

Mikrouskoki i mikronasunięcia

Dla uzupełnienia obrazu opisanych struktur występujących w wapieniach laminowanych należy wspomnieć o zjawiskach w rodzaju mikrouskoków i mikronasunięć.

Mikrouskoki są zjawiskiem częstym, zaobserwowanym dokładnie w płytkach cienkich (Tabl. XXIII, fig. 1). Powodują one przesunięcia pakietów lamin wzdłuż płaszczyzny uskokowej, przy czym odpowiadające sobie laminy w skrzydle wiszącym i zrzuconym są stosunkowo łatwe do zidentyfikowania. Przesunięcia są drobne, rzędu dziesiątych części mm do kilku mm, a płaszczyzna uskokowa zbliżona tym samym szlamem wapiennym, jaki buduje niektóre jasne warstewki. Nasuwa się stąd wniosek o synsedymencyjnym pochodzeniu uskoków i hydroplastycznej konsystencji szlamu powodującego zbliżenie płaszczyzn uskoków.

Ciekawym zjawiskiem są nasunięcia typu płaszczowinowego. Widoczne są one zarówno w płytkach cienkich (Tabl. XVIII, fig. 2) jak i makroskopowo (Tabl. XIX, fig. 1). W tym ostatnim wypadku strefa A_2 nasunęła się na strefę A_1 wzdłuż powierzchni N — N. Kierunek nasunięcia biegł prawdopodobnie zgodnie z nachyleniem fałdu w strefie A_1 . Powierzchnia nasunięcia jest miejscami bardzo wyraźna ze względu na pęknięcie, które ją podkreśla, miejscami jednak doskonale zbliżona i wyrażona jedynie niezgodnością między warstewkami.

Żyły i druzы kalcytowe

Zjawiskiem szeroko rozpowszechnionym w wapieniach laminowanych jest występowanie grubo-, średnio- rzadziej drobnokrystalicznego kalcytu szpatowego, zawierającego wprysnięcia galeny (Tabl. XXIII, fig. 2), i barytu. Kalcyt tworzy albo formy żyłowe, a więc wypełnienia szczelin i pęknięć o nieregularnym przebiegu, albo druzы i skupienia, albo wreszcie żyły równoległe do laminacji (fig. 9). W tym ostatnim wypadku pojedyncze grubsze laminy lub pakiety złożone z kilku warstewek przekładają się z „warstewkami” grubokrystalicznego szpatowego kalcytu. Taka kalcytowo-wapienna seria może być ponadto pocięta szeregiem drobnych poprzecznych szczelin wypełnionych tym samym typem kalcytu.

Obserwacje mikroskopowe pozwalają na stwierdzenie dwu etapów dopływu szpatowego kalcytu budującego żyły. W pierwszym stadium krystalizował kalcyt drobno- lub średniokrystaliczny, narastając od ścianek szczelin do wnętrza i tworząc rodzaj mikroszczotek. W drugim etapie powstawał kalcyt grubokrystaliczny wypełniając szczelnie puste przestrzenie (fig. 9). Z tym drugim stadium związana jest galena i baryt. Należy tu dodać, że laminy znajdujące się w sąsiedztwie żył i druz kalcytowych posiadają nieco odmienny wygląd niż te, w których obrębie opisane procesy nie zachodziły. Istotną różnicę stanowi rekrytalizacja materiału węglanowego budującego poszczególne warstewki oraz prawie zupełny brak bituminów i związków żelaza.

Druzy kalcytowe rozsiane są głównie w silnie pofałdowanych i zbrekcjowanych strefach. Często obserwuje się szczeliny i pęknięcia będące drogami krążenia roztworów, czasem jednak nie są one widoczne, a wówczas gniazda robią wrażenie izolowanych. W ich sąsiedztwie dużą rolę odgrywa zjawisko frontu krystalizacyjnego, które zmienia pierwotną strukturę skały. Szczątki przekrytalizowanych fragmentów skalnych

otacza szpatowy kalcyt tworzący drobne inkrustacje. Elementy strefy znajdującej się w obrębie frontu krystalizacyjnego posiadają różnorodne kształty w formie rozetek, figur geometrycznych, wieńców itp. (Tabl. XIX, fig. 1, Tabl. XXIII, fig. 1.).

Niekiedy kalcyt lokuje się między pofałdowanymi laminami tworząc międzywarstwowe soczewki i skupienia, często z wrostkami galeny i barytu (fig. 10).

W okresie krążenia roztworów zlitfikowane wapienie ulegały niewielkim przemianom (rekrytalizacja kalcytu budującego warstewki, usuwanie związków bitumicznych). Procesy te ułatwiała przypuszczalnie podwyższona temperatura roztworów, o czym świadczyłaby stosunkowo wysoka zawartość Bi w galenie stwierdzona analizami spektralnymi¹.

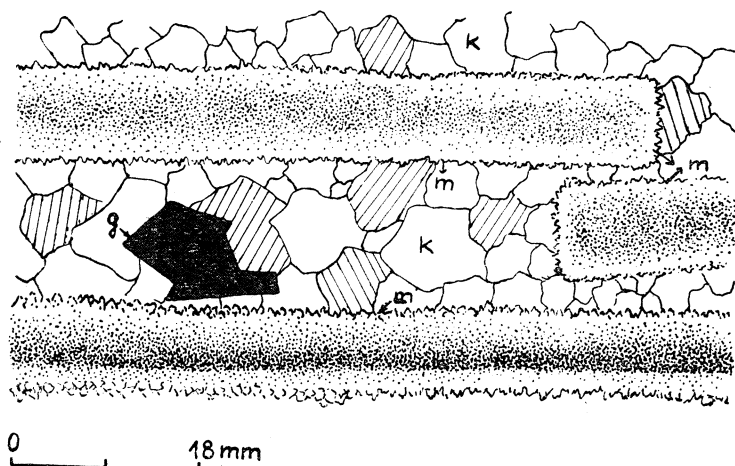


Fig. 9. Międzywarstwowe żyły kalcytu (k) z galeną (g). Wokół fragmentów lamin rozwinięte mikroszczotki kalcytowe (m)

Fig. 9. Intrabedded calcite veinlets (k) with galena (g). Around fragments of laminae calcite micro-druses (m) are developed

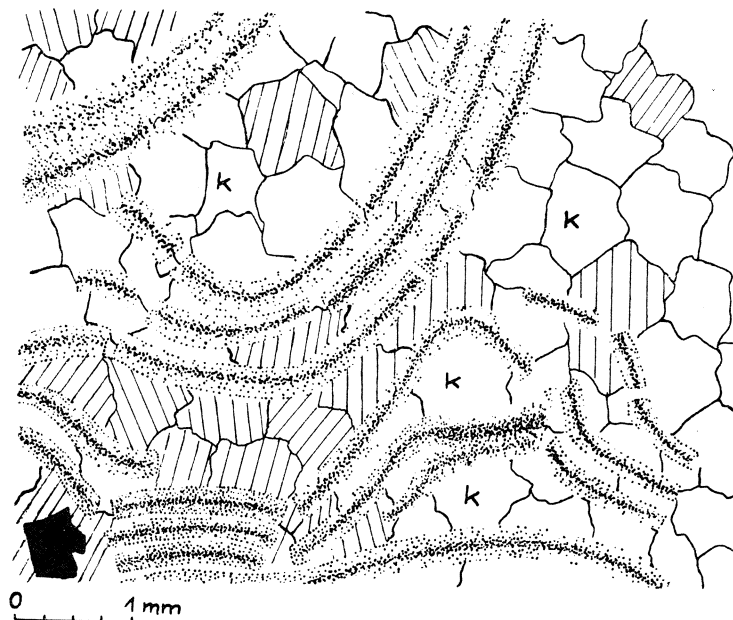


Fig. 10. Druzy kalcytowe (k) pomiędzy sfalowanymi, przekrytalizowanymi warstewkami

Fig. 10. Calcite druses (k) among folded recrystallized bands

ŚRODOWISKO SEDYMENTACYJNE WAPIENI LAMINOWANYCH

Przy rozpatrywaniu środowiska i sedymentacji wapieni laminowanych cechsztynu niecki gałęzickiej należy zwrócić szczególną uwagę na: 1. subtelną laminację będącą wynikiem rytmicznie powtarzających się na przemian warstewek jasnych i ciemnych;

¹ Wiadomość ustna podana przez mgr inż. Z. Rubinowskiego.

2. niemal zupełny brak zarówno makro- jak i mikrofauny (pomijając formy przypominające elementy szkieletowe gąbek);
3. obecność związków bitumicznych i czarnego drobno rozproszonego pyłu (piryt?);
4. występowanie soczewek i płaskur chalcedonu.

Jak już wspomniano, wapienie laminowane tworzą stosunkowo stały poziom w rejonie wsi Gałęzice; w obecnym stanie badań nie można podać jednak rozprzestrzenienia, ani stwierdzić, jaki jest stosunek omawianych wapieni do skał równowiekowych facjalnie odmiennych, nie znaleziono bowiem nigdzie ich bocznego przejścia. Niemniej poza rejonem Gałęzic dotychczas nie natrafiono na podobne osady ani we wschodniej części synkliny w okolicy Kowali, Zelejowej i Bolechowic, ani też w części zachodniej. W opisach profilów wierceń wykonanych w pobliżu stacji kolejowej Rykoszyn i w Skałce Rykoszyńskiej nie ma wzmianki o występowaniu wapieni laminowanych. Przypuszczać zatem należy, że są one utworem lokalnym. Już pobieżne obserwacje nad wykształceniem osadów cechsztynu pozwalają sądzić, że są to utwory płytkowodne. Przemawia za tym obecność zlepieńców wapiennych z wkładkami „piaskowców” o wapiennym ziarnie oraz ilów i margli z przerostami anhydrytu i gipsu, które napotkano we wspomnianych wyżej wierceniach (J. Czarnocki 1923, 1947).

Synklina gałęzicko-bolechowicka w okresie permu była obniżeniem, w które wkroczyło morze cechsztyńskie tworząc płytką zatokę (J. Czarnocki 1923). Urozmaiconą rzeźbą dna zatoki, a może lokalne bariery spowodowały powstanie basenów osłoniętych od wpływów fal i prądów, w których sedymentacja miała spokojny przebieg. W takim basenie powstawały wapienie laminowane. Z analizy subtelnej laminacji wynika, że fale morskie nie oddziaływały na tworzący się sedyment, a prądy, o ile istniały, były bardzo słabe.

Istnieje zagadnienie, jakie czynniki spowodowały powstanie laminacji, która w znacznym stopniu przypomina wstęgowanie ilów warwowych. Przy rozpatrywaniu tego zagadnienia musimy także zwrócić uwagę na nakładanie się szeregu procesów komplikujących obraz, a będących jednocześnie czynnikami formującymi skałę ostatecznie.

Przyjmijmy istnienie niewielkiego basenu w obrębie zatoki morza cechsztyńskiego, o charakterze lagunowym, którego osady nie są narażone na działanie fal, ani silnych prądów morskich. Przewietrzanie wody jest dostateczne, ale na dnie w kilkucentymetrowej warstewce świeżego osadu panują warunki redukcyjne w związku z rozkładającą się materią organiczną (F. Moretti 1957). Panuje suchy i ciepły klimat, dzięki czemu ma miejsce silne parowanie wody, co z kolei prowadzi do, być może, nieco podwyższonego zasolenia zbiornika. Życie organiczne rozwija się w przypowierzchniowych wodach, a dominującymi organizmami są rośliny. Wpływ lądu słabo odzwierciedla się w osadzie; prócz pyłu kwarcowo-mikowo-skaleniowego dostarczanego w znikomych ilościach wody rzek przynoszą prawdopodobnie związki żelaza w formie roztworów lub koloidów oraz drobną zawiesinę ilastą, będącą źródłem krzemionki (A. Gawel 1950). W zbiorniku ma miejsce głównie sedymentacja chemiczna ewentualnie biochemiczna, a więc wytrącanie się mułu wapiennego z nasyconego roztworu wody morskiej. Powstaje pytanie, kiedy tworzyły się jasne warstewki zbudowane z dość dobrze wykształconych kryształów kalcytu, a kiedy warstewki ciemne, zawierające prócz słabo rozwiniętych ziarn węglanowych, domieszki detrytyczne,

związki żelaza i bituminy. Analogii można się doszukać we współczesnych osadach powstających na dnie Małego Jeziora na wyspie Mljet (Adriatyk). Jezioro to, posiadające maksymalną głębokość 29 m, jest odcięte od wpływów Adriatyku, łączy się ono jedynie wąskim, dwumetrowej głębokości kanałem z sąsiednim Wielkim Jeziorem, które z kolei komunikuje się z otwartym morzem za pomocą wąskiego przesmyku.

Z dna Małego Jeziora, za pomocą sondy uzyskano rdzeń laminowany w regularny sposób (E. Seibold 1958). Para warstewek (jasna-ciemna) posiadała około 0,25 mm grubości. Warstewki jasne zbudowane były w 60% z kalcytu, pozostałe 40% stanowiły domieszki terrygeniczne i organiczne drobno rozproszone w osadzie. Warstewki ciemne zawierały kryształy kalcytu, ale przede wszystkim ziarna kwarcu (o średnicy od 10 do 40 mikronów) oraz szczątki organiczne (*Diatomeae*, *Dinoflagellata*, pyłki) i związki żelaza, głównie w postaci siarczków.

Na podstawie dokładnych badań E. Seibold (1958) wyciąga wnioski w odniesieniu do okresów powstawania warstewek ciemnych i jasnych. Jego zdaniem, w okresie zimowym, wiosennym i jesiennym, w czasie zwiększonej ilości opadów, ma miejsce dopływ materiału klastycznego, który łącznie z substancją organiczną oraz siarczkami żelaza buduje ciemne laminy w osadach Małego Jeziora. Natomiast w okresie letnim, suchym, powstają warstewki zbudowane głównie z kalcytu, przy czym im lato bardziej jest suche, tym laminy jasne są grubsze. W związku z rozwojem fitoplanktonu w powierzchniowych warstwach wody oraz spadkiem napięcia CO_2 w okresach letnich można przewidywać biochemiczne strącanie węglanu wapnia.

Nie jest wykluczone, że podobne środowisko i warunki panowały w cechszynie na terenie Gałęzic. W okresie suchym na skutek intensywnego parowania, a być może także na skutek asymilacji CO_2 przez organizmy roślinne, węglan wapnia wytrącał się z roztworu. Towarzyszące mu szczątki organiczne ulegały utlenieniu. Natomiast w okresie deszczowym miał miejsce dopływ najdrobniejszego materiału detrytycznego (pył kwarcowy, skalenie, miki) wraz z roztworami związków żelaza i substancją ilastą, czego słaby oddźwięk zaznacza się w warstewkach ciemnych. Niewielka ilość materii organicznej w powierzchniowej warstewce osadu na dnie zbiornika była wystarczająca, aby ulegając rozkładowi stworzyć warunki redukcyjne. W wyniku tych procesów, laminy okresów deszczowych zawierają bituminy, a także tlenki żelaza, które pierwotnie osadzały się prawdopodobnie w postaci pirytu. W związku z wytwarzaniem się siarkowodoru przy procesach gnilnych woda przenikająca szlam posiadała zapewne na tyle obniżone pH , że mogło zaistnieć okresowo wytrącenie się żelu krzemionkowego i jego szybkie twarzenie.

Przypuszczalnie dno zbiornika, w którym osadzały się wapienie laminowane było nierówne. Wskutek nawet nieznacznych pochyłości ($1-3^\circ$), dzięki grawitacji, słabo skonsolidowany, hydroplastyczny osad ulegał splezywaniu, w wyniku czego powstały struktury fałdowe. Gdy procesy te zachodziły w osadzie o większym stopniu konsolidacji i mniejszej plastyczności — rezultatem było wytworzenie się brekcji.

W ruchach tych brała udział także krzemionka. Prawdopodobnie zachowywała się ona w stosunku do wapiennych warstewek jako ciało bardziej sztywne i kruche, co nie wyklucza możliwości deformacji do pewnego stopnia plastycznych. Ruch fałdujących się lamin spowodował rozerwanie utworu krzemionkowego na ostrokrawędziste, dopasowane do

siebie fragmenty, pomiędzy które wciskała się substancja wapienna. Spękanie stwardniałego żelu krzemionkowego i częściowe poprzysuwanie jego elementów doprowadziło do powstania swoistego rodzaju brekcji, w której ostre kształty fragmentów zachowały się po przejściu żelu w chalcedon.

W okresie późniejszym, po lityfikacji skały, miało miejsce krążenie ciepłych roztworów zawierających węglan wapnia, galenę i baryt. Jak już poprzednio wspomniano, kalcyt krystalizował w rozluźnieniach skalnych i szczelinach tworząc żyły normalne, warstwowe oraz druzy. Przyczynił się on do rekrytalizacji materiału węglanowego lamin znajdujących się w najbliższym sąsiedztwie.

WNIOSKI

Reasumując omawiane zagadnienia dochodzi się do następujących konkluzji:

1. Zbiornik, w którym tworzyły się wapienie laminowane, był płytkim basenem odciętym od wpływu fal i silnych prądów otwartego morza. Dobrze przewietrzane wody zbiornika prawdopodobnie odznaczały się nieco zwiększonym stopniem zasolenia.
2. Panowanie ciepłego i półsuchego klimatu o krótkich porach deszczowych sprzyjało koncentracji węglanu wapnia w wodzie na skutek łatwego ulatniania się dwutlenku węgla, w związku z czym miała miejsce sedymentacja chemiczna. Być może, do strącania kalcytu przyczyniły się także organizmy roślinne.
3. W czasie okresów bezdeszczowych powstawały laminy jasne, złożone z mikro- lub bardzo drobnokrystalicznego, równoziarnistego kalcytu. W okresie trwania opadów wody lądowe niosły drobne ilości materiału detrytycznego (kwarzec, skalenie, miki), substancje ilaste w formie zawiesiny oraz związki żelaza. W efekcie powstawały laminy ciemne, zawierające prócz węglanu wapnia o bardzo słabym rozwoju ziarn także domieszki pyłu detrytycznego, nieoznaczalne, przekrytalizowane resztki organiczne (fig. 1) oraz bituminy i związki żelaza.
4. Woda w zbiorniku ponad tworzącym się osadem miała odczyn zasadowy (dość wysokie pH) oraz normalne przewietrzanie. Natomiast w osadzie, zwłaszcza powstającym w okresie deszczowym, istniały warunki redukcyjne, w wyniku czego osadzały się laminy o ciemnym zabarwieniu, spowodowanym m. in. obecnością bitumin i związków żelaza. Żelazo prawdopodobnie tworzyło połączenia siarczkowe.
5. Szlam wapienny osiadając na nierównym dnie nawet o nieznacznym nachyleniu ulegał spełzywaniu pod wpływem grawitacji. Jeśli znajdował się on w stanie hydroplastycznym, powstawały struktury fałdkowe; jeśli natomiast stopień konsolidacji materiału był większy, osad zachowywał się jako ciało bardziej sztywne, dając w efekcie struktury brekcyjne.
6. Żel krzemionkowy osiadający na dnie w formie mas soczewkowatych zachowywał się w stosunku do mułu wapiennego jako element dość sztywny. Wskutek ciśnień wywołanych pełnieniem lamin ulegał on rozerwaniu na ostrokrawędziste, dopasowane do siebie fragmenty.
7. Po lityfikacji osadu miało miejsce krążenie ciepłych roztworów zawierających kalcyt, baryt i galenę. Roztwory przenikały w rozluźnienia skalne, a krystalizujące składniki dały w efekcie druzy i żyły, z których część ma charakter żył warstwowych. Z badań mikrosko-

powych wynika, że można mówić o dwu etapach krystalizacji kalcytu żyłowego. Galena i baryt związane były z drugim etapem. Źródło doprowadzające roztwory nie jest znane i na podstawie dotychczasowych obserwacji nie można wysnuć żadnych konkretnych wniosków odnośnie do tego zagadnienia.

Zakład Kartowania Geologicznego
Akademii Górniczo-Hutniczej
w Krakowie
Kraków, marzec 1961

WYKAZ LITERATURY

REFERENCES

- Brown C.B. (1938), On a theory gravitational sliding applied to the Tertiary of Ancon, Ecuador — *Quart. J. Geol. Soc. London*, v. 94, part 3.
- Czarnocki J. (1923), Cechsztyn w Górach Świętokrzyskich. *Spraw. Pol. Inst. Geol.*, t. 2, z. 1/2.
- Czarnocki J. (1947), Przewodnik XX Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Górach Świętokrzyskich w 1947 r. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 17, Kraków.
- Fairbridge R. W. (1946), Submarine slumping and location of oil bodies. *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.* v. 30, no 1.
- Fenton L.C. & Fenton M.A. (1937), Belt Series of the North: stratigraphy, sedimentation, paleontology. *Bull. Geol. Soc. Amer.* v. 48, pp. 1873—1970.
- Gawel A. (1950), O procesach sylikacji w karpackich utworach fliszowych. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* t. 20, z. 1—2, Kraków.
- Hadding A. (1931), On subaqueous slides. *Geol. Fören. Stockholm Förh.* — B. 53, Haft 4, pp. 377—393.
- Kostecka A. (1960), Wstępne uwagi o sedymentacji i litologii cechsztynu w synklinie gałęzickiej. *Spraw. Pos. Kom. Oddz. PAN.*, Kraków.
- Kotański Z. (1954), Próba genetycznej klasyfikacji brekcji na tle badań wierchowego triasu Tatr. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* t. 24, z. 1, Kraków.
- Kotański Z. (1955), Wapienie robaczkowe środkowego triasu serii wierchowej Tatr. *Acta geol. pol.* — v. 5, z. 3.
- Kotański Z. (1959), Przewodnik po Górach Świętokrzyskich, t. 1.
- Krumbein W.C. & Garrels R.M. (1952), Origin and classification of chemical sediments in terms of pH and oxidation-reduction potentials. *J. Geol.* v. 60, No 1.
- Książkiewicz M. (1951), Uwarstwienie spływowe we fliszu karpackim. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, t. 19, z. 4, Kraków.
- Książkiewicz M. (1958), Submarine slumping in the Carpathian Flysch. *Ibidem* t. 28, z. 2, Kraków.
- Kuenen P.H. (1948), Slumping in the carboniferous rocks of Pembrokeshire. *Quart. J. Geol. Soc. London*, v. 104, part 3 pp. 365—385.
- Moretti F. (1957), Observation on limestone. *J. Sediment. Petrol.* v. 27, No 3.
- Radwański A. (1960), Osuwiska podmorskie w malmie i senonie mezozoicznego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Acta geol. pol.*, vol. 10, z. 3.

- Seibold E. (1958), Jahresslagen in Sedimenten der Mittleren Adria. *Geol. Rundschau*, T. 47, z. 1.
- Shrock R. (1948), Sequence in layered rocks. New York, London.
- Siedlecki S. (1948), Zagadnienia stratygrafii morskich osadów triasu krakowskiego. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, t. 18, Kraków.
- Siedlecki S. (1955), Sesja naukowa Instytutu Geologicznego poświęcona budowie geologicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Prz. geol.*, z. 10.

SUMMARY

Abstract. In the western part of the Gałęzice syncline within the Lower Zechstein sediments there is a thin series of laminated limestones. These limestones show some fold disturbances and brecciation. The deformations are considered as a result of subaqueous slides of the slightly consolidated material. In the present paper there are discussed types of structures connected with sedimentation and sliding as well as the origin of the limestones.

In the western part of the Gałęzice syncline within the Lower Zechstein sediments there is a thin series of laminated limestones about 3 m thick. These limestones show horizontal or undulating bedding, little fold disturbances and brecciation. J. Czarnocki (1923) described these limestones as tufaceous sediments in which disturbances were connected with thermal processes; on the other hand Z. Kotąński (1959) expressed the opinion that folds and breccias are of sedimentary origin.

Laminated limestones occur as a relatively constant horizon in the region of the Gałęzice village. The underlying sediments, however, show facial differentiations. According to J. Czarnocki (1923) the laminated limestones belong to the uppermost part of the Lower Zechstein. They consist of alternating dark and light bands 0,016 mm to 3 mm thick. Their essential constituent is calcite which attains a diameter of 6 to 50 microns in the light laminae; on the other hand calcite grains are poorly developed in the dark bands (diameter of 2 to 8 microns). Admixture of clastic material (quarz, feldspar and mica silt), bitumen, iron compounds and some organic remains, which resemble spicules of sponges (Fig. 1) are found chiefly in the dark laminae. In the upper part of the laminated limestones we see whitish-pink chalcedony lenses (3 cm thick).

The following sedimentary structures occur in the limestones discussed;

- I) horizontal lamination
 - II) undulating lamination
 - III) flow structure i. e. 1) sedimentary folds and 2) breccias
- I) Horizontal lamination (Tabl. XVIII, Fig. 1) consists in a horizontal arrangement of alternating dark and light laminae usually of the same thickness. Slight deformations are the result of the weight of falling particles as it is shown by Fig. 2. The deformations shown by Fig. 3 are considered by the present writer as a result of slight convection currents.
 - II) Undulating lamination consists of slight and irregular undulations of the bands, which show in general a horizontal arrangement (Fig. 4). This lamination type might have originated from changes in transportation, as well as from the influence of weak currents.

III) Flow structures

1) Sedimentary folds — In connection with the intensity of folding one can distinguish:

- a) undulated laminae (Fig. 5, Pl. XVIII, Fig. 1.) in which slide structures are marked by thickening or thinning of the bands;
- b) laminae with narrow folds (fan-like, inclined and overturned folds) and complicated internal structure (Fig. 6, Pl. XVIII, Fig. 2, Pl. XIX, Fig. 2.).

On the base of microscopic examination one can conclude that the material of the light laminae was saturated with water and behaved as a liquid. The material of the dark bands was dehydrated easier and was more plastic during sliding.

On the border of folds and breccias there are structures showing features characteristic of both, folding and brecciation (Fig. 7, pl. III phot. 1).

2) Breccias — According to Z. Kotański (1954) they can be placed among subaqueous breccias of a slip type, their simplest example being the so-called intraformational breccias (Fig. 8) formed by fragments of one band (generally dark) within undisturbed sets of laminae. Sometimes we observe forms resembling spiral balls (Fig. 7) described by A. Hadding (1931), R. Fairbridge (1946), A. Radwański (1960) and others.

Among breccias with a more complex structure one can distinguish:

- 1) „packet” breccia formed by sets of very thin laminae having more or less the same rigidity, which after breaking, occupy different positions. They are alternated with thinner and more plastic sets of bands (Pl. XX, Fig. 1, 2.).
- 2) „Flow” breccia visible only on a polished surface (Pl. XXI, Fig. 1) is composed of fragments which do not show sharp edges. It is suggested that sliding ooze was originally highly saturated with water and was slightly cohesive. The sliding is thought to be responsible for mixing of sediments and for the partial obliteration of primary lamination (Pl. XXI, Fig. 2).

It is necessary to mention chalcedony which also forms a peculiar type of breccia. It appears that chalcedony lenses consist of numerous fragments which exactly fit with each other. The space between the fragments has been filled with limy substances (Pl. XXII, Fig. 1, 2). It is possible that the silica is contemporaneous with the sedimentation. The silica was precipitated in form of gel and later subjected to brecciation.

We often notice the appearance of micro-faults (Pl. XXIII, Fig. 1.) and micro- „nappes” (Pl. XVIII, Fig. 2, Pl. XIX, Fig. 1) which resulted from the movement of sliding material.

After lithification the circulating solutions brought calcite, galena (Pl. XXIII, Fig. 2) and barytes, which cristallized in rock crevices and formed normal veinlets, intrabedded veinlets, patches (Fig. 8, 9) and druses; the walls of crevices as well as the adjoining parts of limestones show evidences of recrystallization due to the activity of the solutions (Pl. XIX, Fig. 1).

Basing on detailed analysis of characteristic features of the laminated limestones one can conclude that the limestones are of a chemical or biochemical origin with slight admixture of clastic material brought from the land. These limestones were deposited in a shallow basin under quiet conditions (no strong current and wave activity), in a warm and

semi-arid climate. Probably, during rainless seasons the light laminae consisting of pure calcite have been formed; on the other hand the dark laminae containing calcite, detrital admixture, bitumen, iron compounds and sometimes a small amount of clay, originated during rainy periods. We can find an analogy in the contemporaneous sediments of Little Lake of Mljet Island (Adria) (E. Seibold 1958).

Department of Geology
School of Mining and Metallurgy
Kraków, March 1961

OBJAŚNIENIA TABLIC

EXPLANATIONS OF PLATES

Tablica — Plate XVIII

- Fig. 1. Wapienie laminowane, cechsztyń, Gałęzice; w spagu laminacja pozioma; w stropie sfalowania spowodowane spelzowaniem osadu; zgląd
- Fig. 2. Struktury fałdowe w wapieniach laminowanych; w spagu nasunięcie wzdłuż linii N-N; mikrofotografia
- Fig. 1. A polished surface of laminated limestones, Lower Zechstein, Gałęzice; horizontal lamination at the bottom; undulations caused by sliding of sediments at the top
- Fig. 2. Photomicrograph of a thin section showing fold structures in the laminated limestones, Lower Zechstein, Gałęzice; an overthrust running along the line N-N is at the bottom

Tablica — Plate XIX

- Fig. 1. Struktury fałdowe i nasunięcie w wapieniach laminowanych; Strefa A₂ nasunięta na strefę A₁ wzdłuż linii N-N; K — druzi kalcytowe; R — partie wapienia przekrystalizowanego w sąsiedztwie druzi; zgląd
- Fig. 2. Małopromienne fałdy w wapieniach laminowanych, gdzieś „złamane”; zgląd
- Fig. 1. A polished surface of laminated limestones, Lower Zechstein, Gałęzice. Folds structures and a „nappe” in laminated limestones: zone A₂ is thrust over a zone A₁ along line N-N; K — calcite druses; R — recrystallized parts of limestone near druses
- Fig. 2. A polished surface of laminated limestones, Lower Zechstein, Gałęzice. Narrow folds in laminated limestones; here and there „broken” folds

Tablica — Plate XX

- Fig. 1. „Złamane” fałdy tworzące brekcję „pakietową”; wapienie laminowane; zgląd
- Fig. 2. Brekcja „pakietowa” w wapieniach laminowanych; zgląd
- Fig. 1. A polished surface of laminated limestones, Lower Zechstein, Gałęzice. „Broken” folds forming „packet” breccia
- Fig. 2. A polished surface in laminated limestones, Lower Zechstein, Gałęzice. „Packet” breccia in the laminated limestones

Tablica — Plate XXI

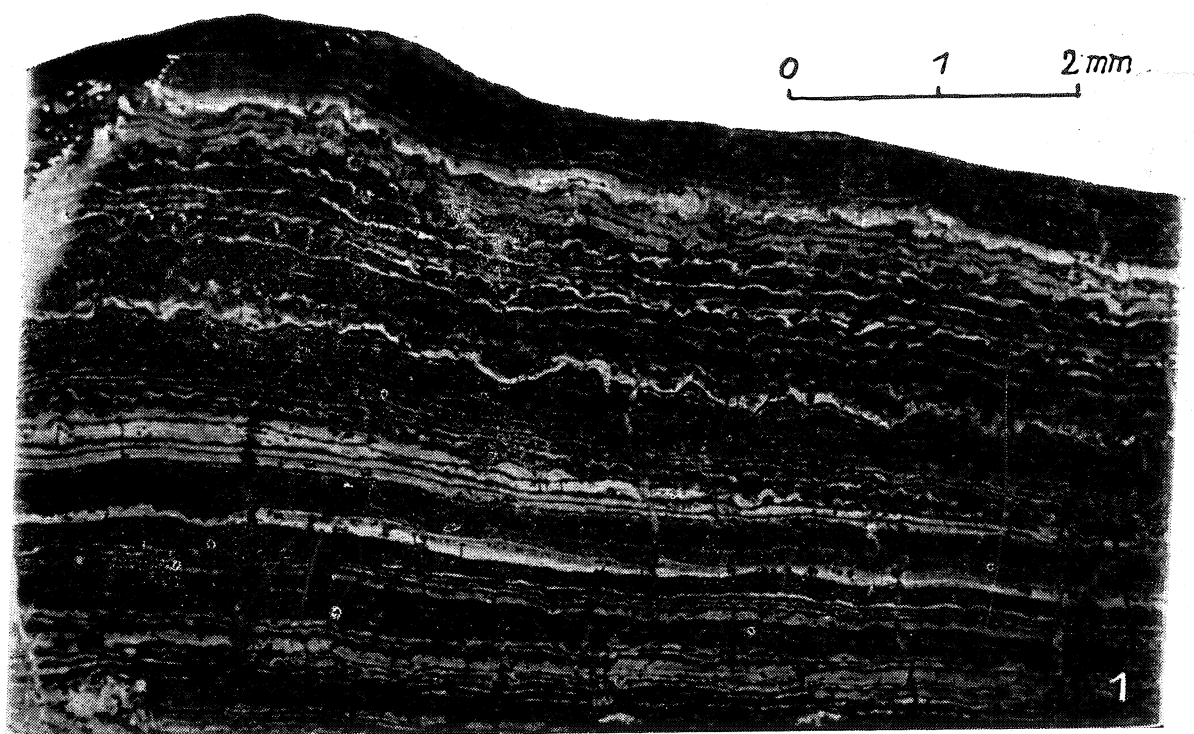
- Fig. 1. Brekcja „spływowa” widoczna tylko na wypolerowanej powierzchni; w partii spągowej osad wykazuje brak warstewkowania; zgląd
- Fig. 2. Brekcja „spływowa” z zachowanymi fragmentami lamin; mikrofotografia
- Fig. 1. A polished surface in laminated limestones, Lower Zechstein, Gałęzice. „Flow” breccia visible only on a polished surface; at the bottom lamination is lacking
- Fig. 2. Photomicrograph of a thin section showing „flow” breccia with lamina fragments in laminated limestones, Lower Zechstein, Gałęzice

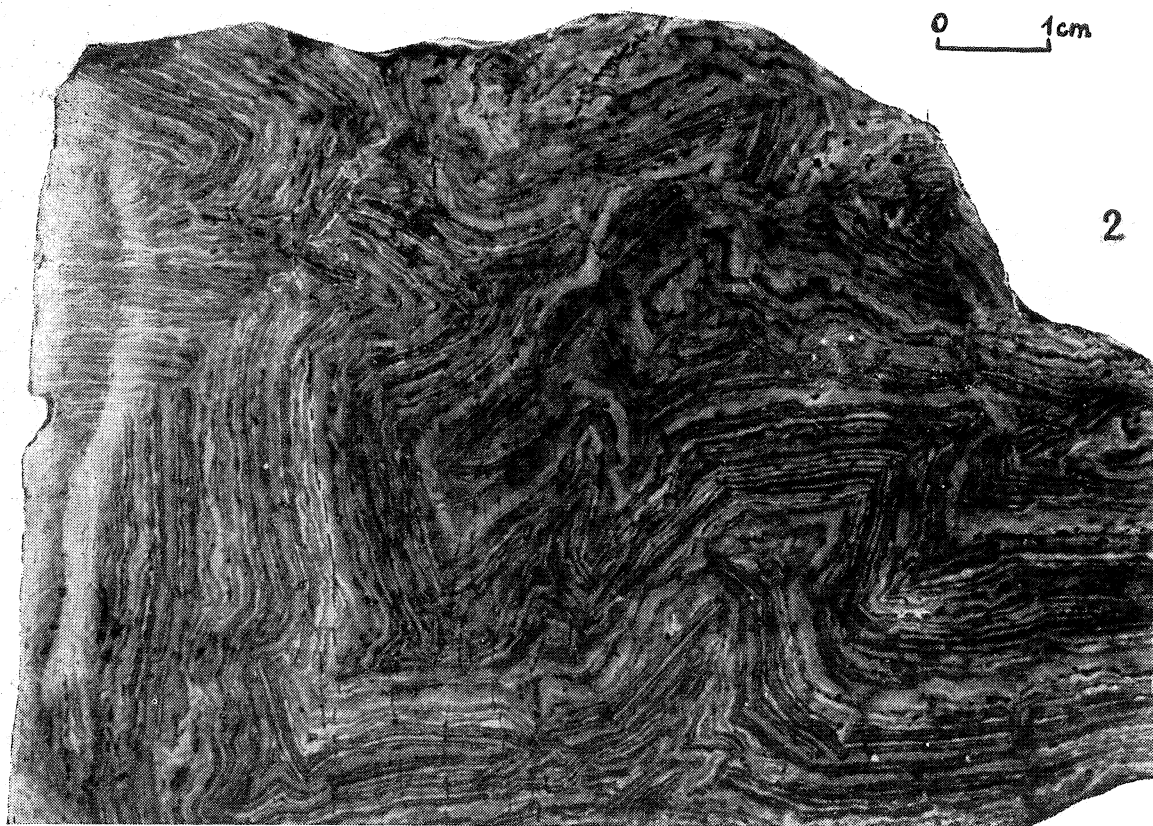
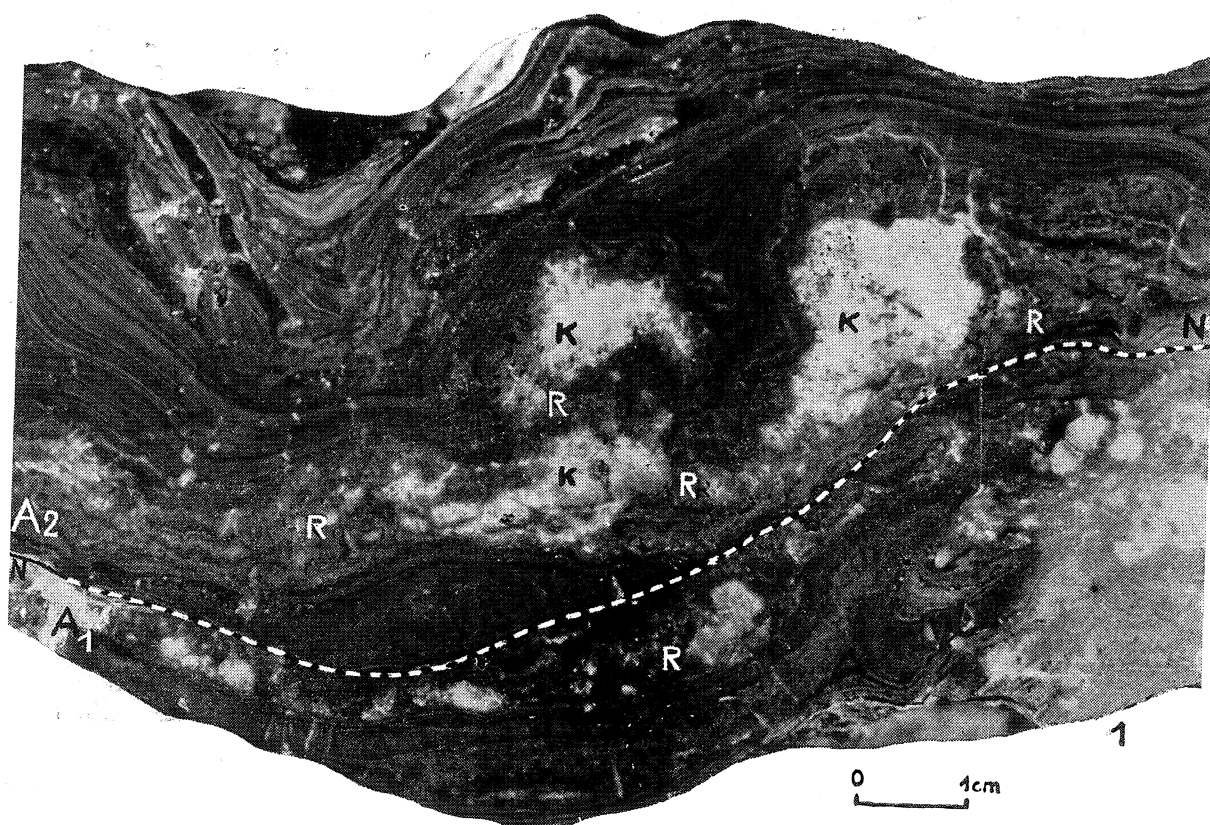
Tablica — Plate XXII

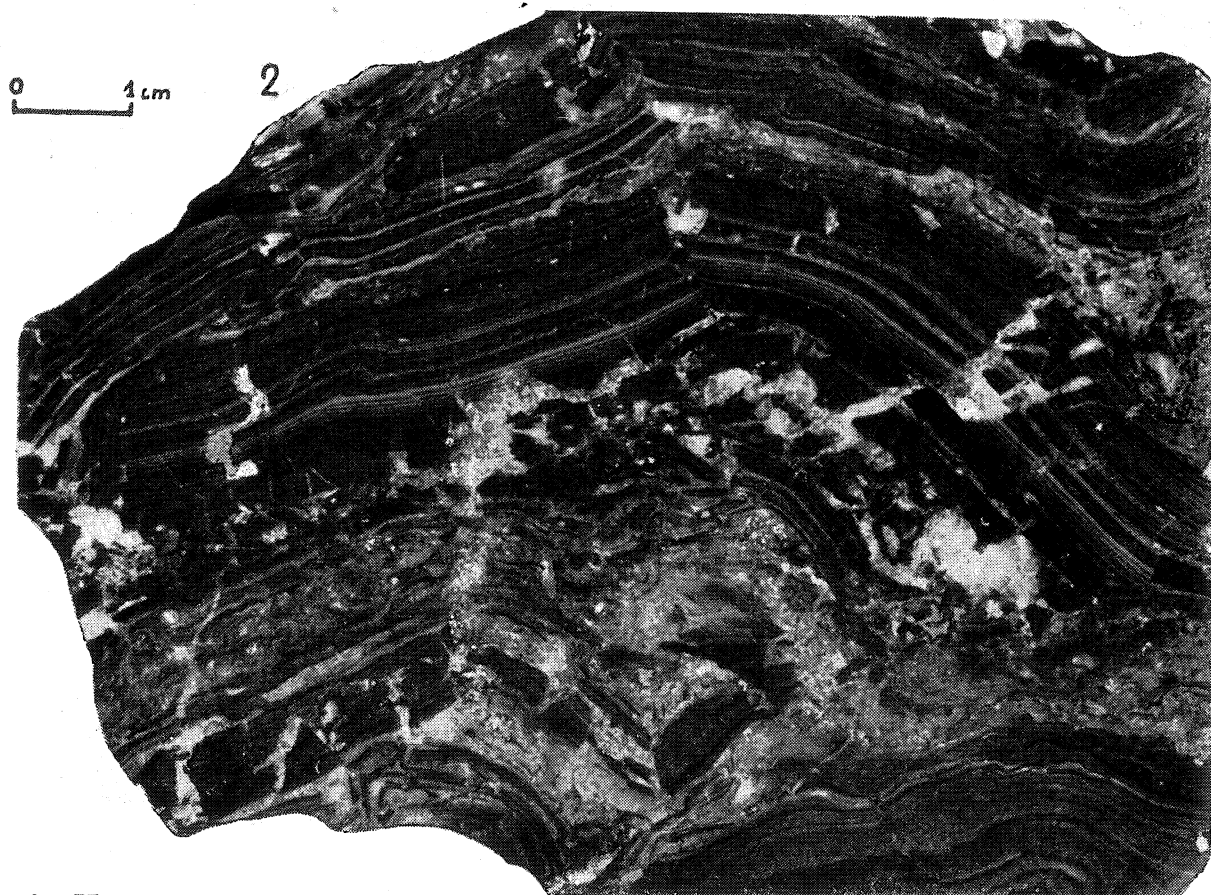
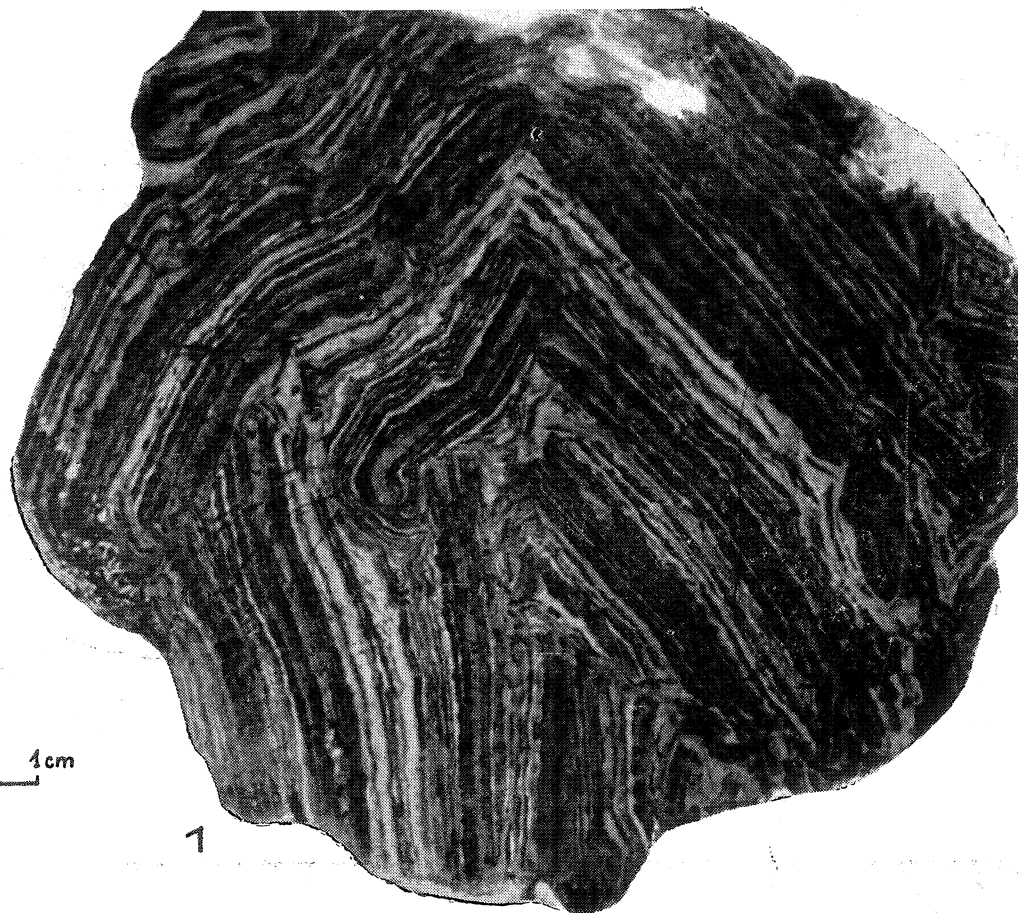
- Fig. 1. Brekcja chalcedonowa w obrębie brekcji wapiennej; chalcedon przecięty żyłą kalcytu; wapienie laminowane; zgląd
- Fig. 2. brekcja chalcedonowa w obrębie brekcji wapiennej; w stropie sfałdowane laminy przebite okruchami chalcedonu; wapienie laminowane; zgląd
- Fig. 1. A polished surface in laminated limestones, Lower Zechstein, Gałęzice. Chalcedony breccia within a limy breccia; chalcedony is cut by calcite veinlets
- Fig. 2. A polished surface of laminated limestones, Lower Zechstein, Gałęzice. At the top folded laminae are cut by chalcedony fragments

Tablica — Plate XXIII

- Fig. 1. Uskoki i przesunięcia w wapieniach laminowanych; szczeliny wypełnione szpatowym kalcytem zawierającym wpryski galeny; w dolnej partii widoczne struktury rekrytalizacyjne; mikrofotografia
- Fig. 2. Współwystępowanie kalcytu z galeną w szczelinach w wapieniach laminowanych; mikrofotografia
- Fig. 1. Photomicrograph of a thin section showing faults in the laminated limestones, Lower Zechstein, Gałęzice. Fissures are filled with spar calcite and galena; in the lower part structures due to recrystallization are visible
- Fig. 2. Photomicrograph of laminated limestones: Lower Zechstein, Gałęzice. Paragenesis of calcite and galena in the crevices of the laminated limestones.

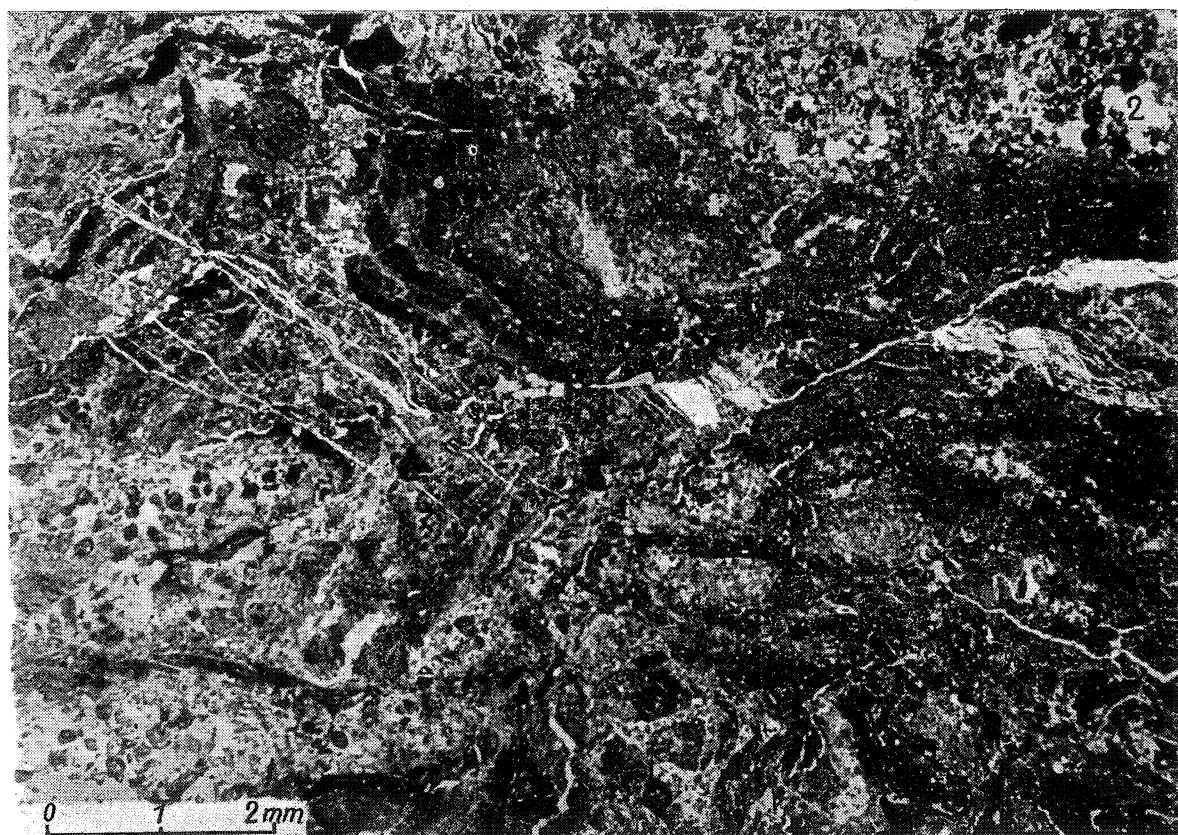
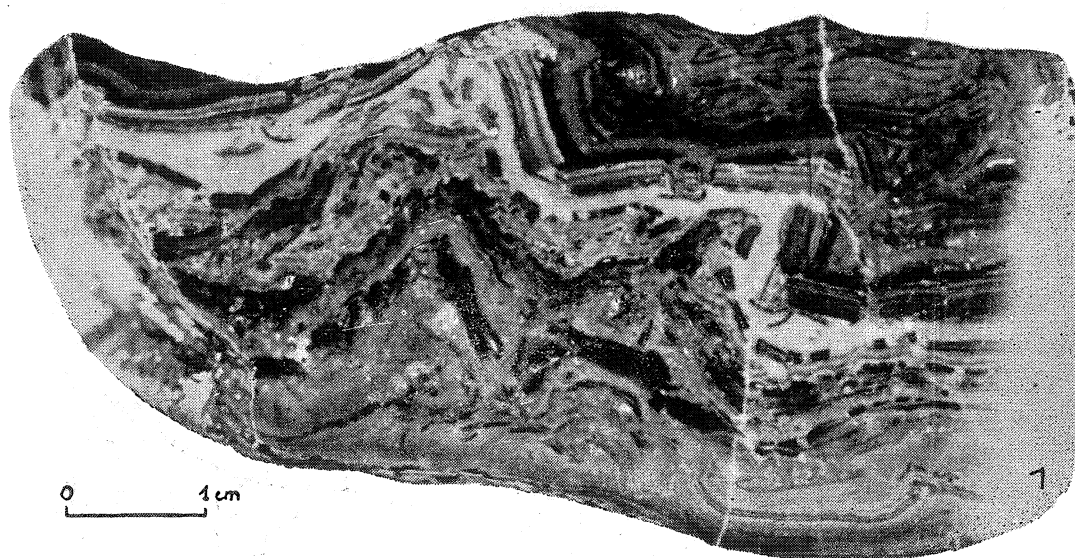




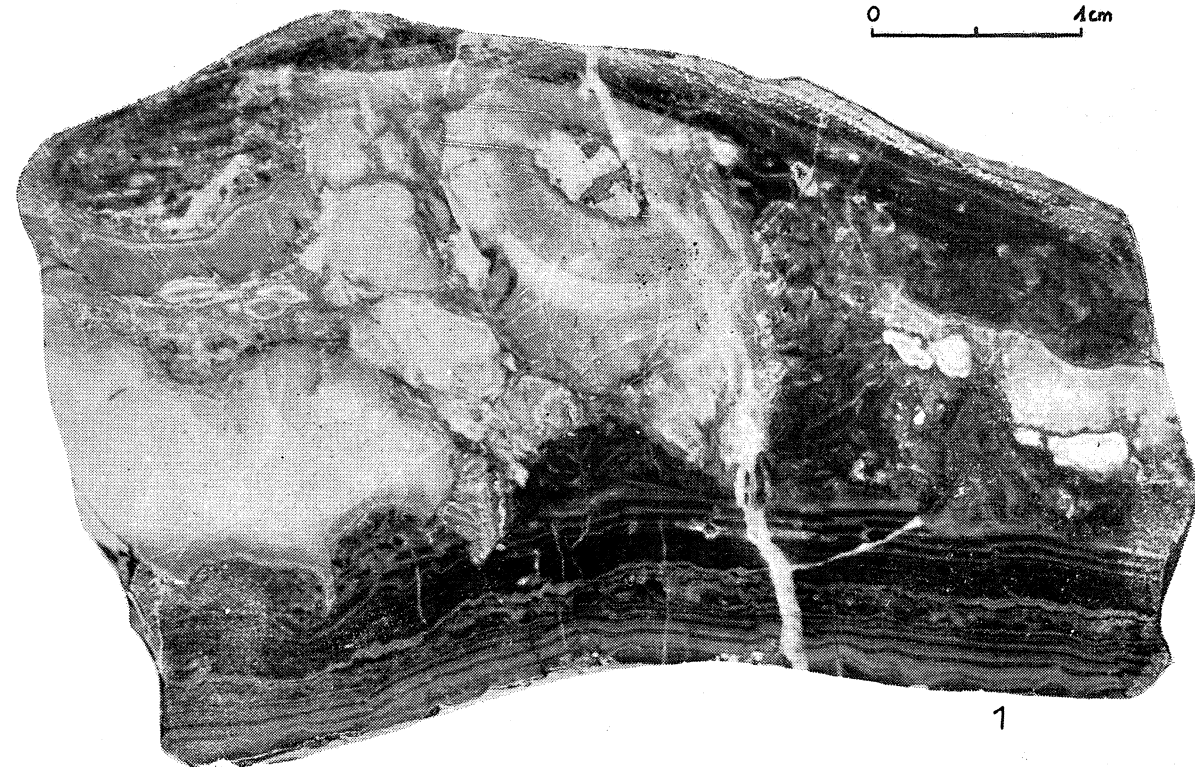


A. Kostecka

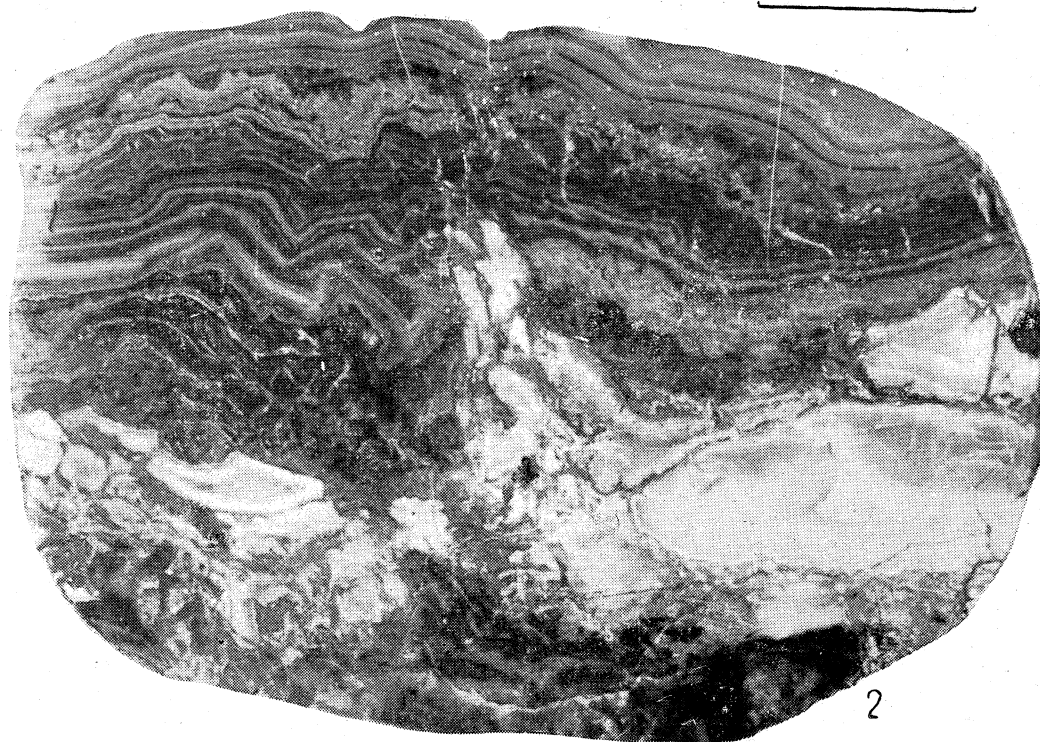
Fot. J. Matecki

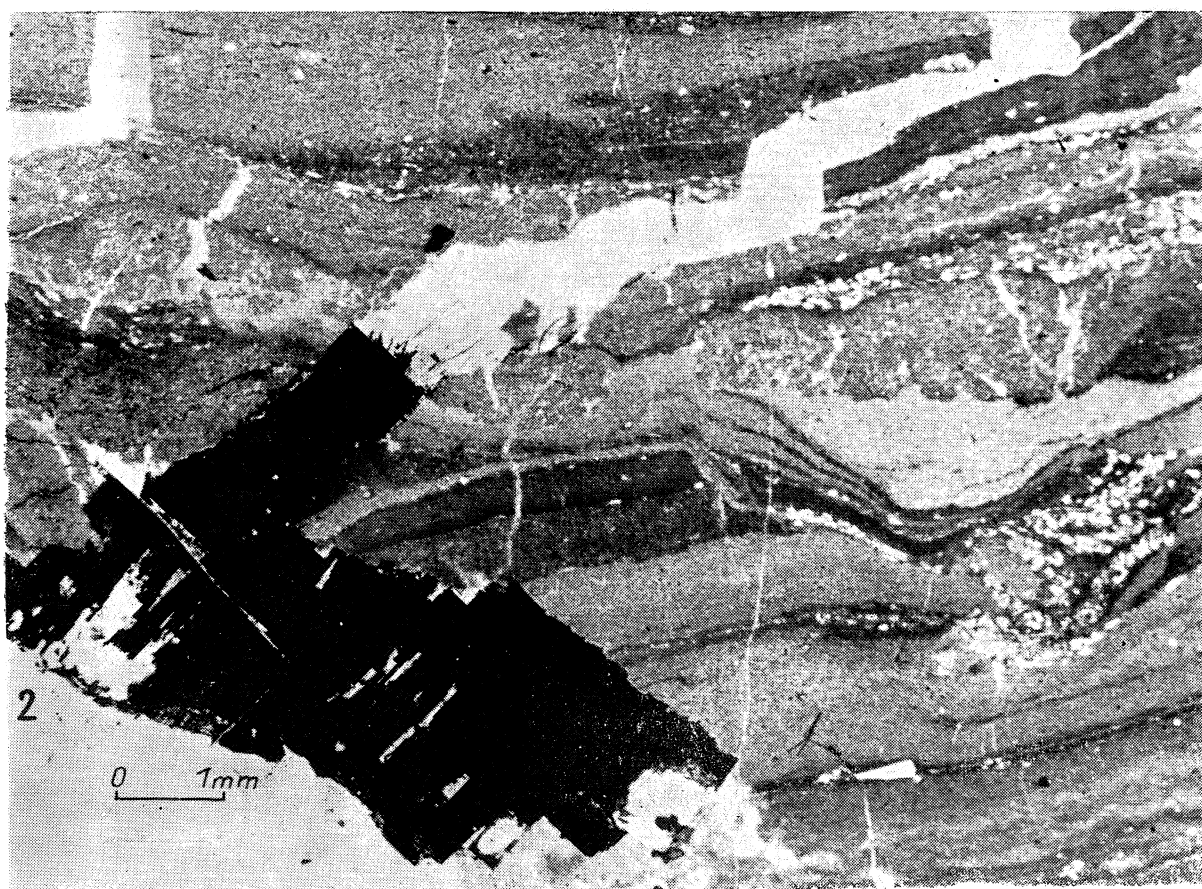
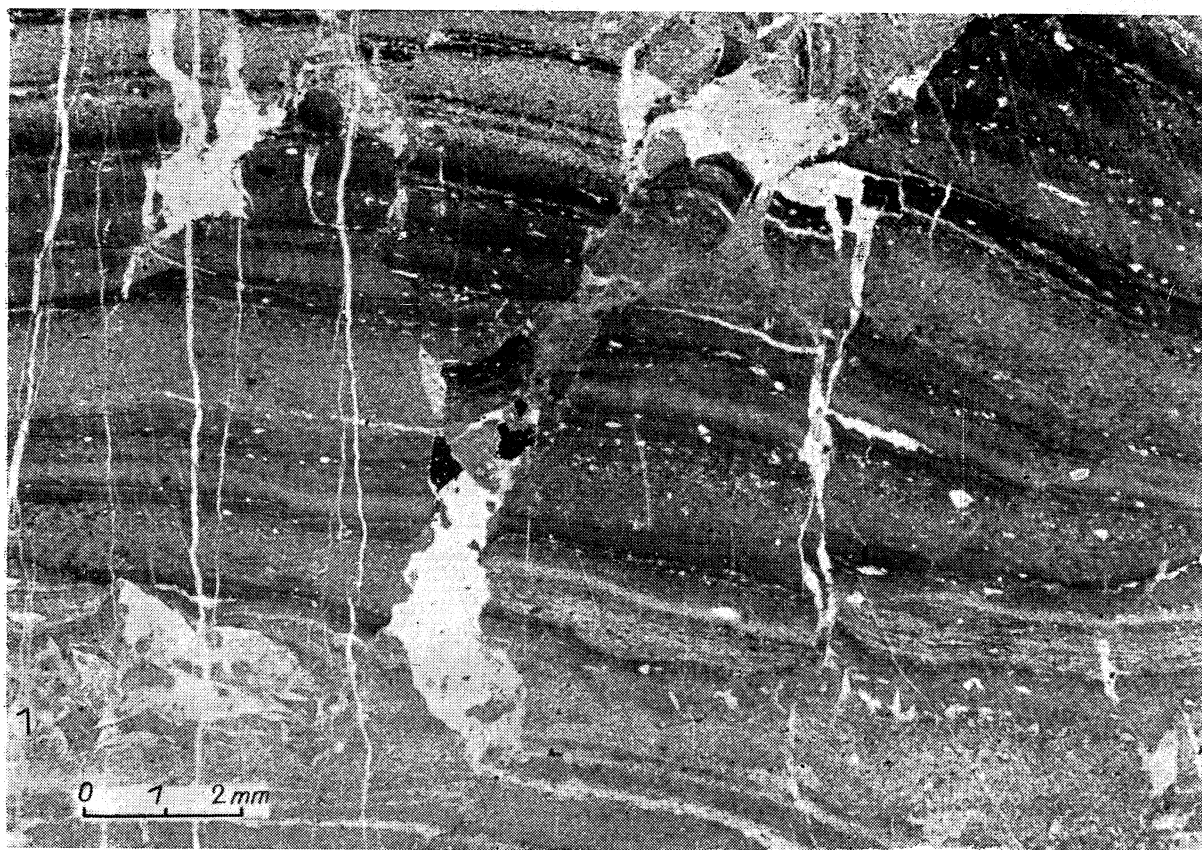


0 1 cm



0 1 cm





A. Kostecka

Fot. B. Ostrowicki