

JERZY NIEGODZISZ

Stromatolity z albu wierchowego Tatr

STRESZCZENIE: Stwierdzono występowanie utworów stromatolitowych wśród wapieni glaukonitowych albu wierchowego Tatr. Są to płaskie pokrywy warstwowane, narosty kopulaste i omkolidy powstałe wokół rdzeni wapiennych. Omówiono szczegółowo ich cechy teksturalne i strukturalne. Wapienny osad, budujący warstewki stromatolitów, jest analogiczny do najdrobniejszych frakcji wapieni glaukonitowych. Glaukonit — wyłącznie allogeniczny — rzadko występuje w obrębie warstwowanych náróstów, skupia się natomiast w interstycjach razem z innymi grubszymi składnikami. Zaobserwowano szczątki problematycznych sinic, dzięki którym powstały stromatolity, najlepiej widoczne tam, gdzie pochewkowate pustki po ich niciach są przesycone przez substancje żelaziste. Opisane stromatolity potwierdzają dotychczasowe obserwacje i wnioski dotyczące płytkowodnego i ruchliwego charakteru środowiska sedymentacji wapieni glaukonitowych.

Praca niniejsza została wykonana w Zakładzie Petrografii Skał Osadowych Uniwersytetu Warszawskiego pod kierunkiem prof. dr M. Turnau-Morawskiej, której serdecznie dziękuję za poniesiony trud. Prof. dr E. Passendorferowi i doc. dr Z. Kotańskiemu dziękuję za wprowadzenie mnie w problematykę geologii tatrzańskiej i wnikliwą krytykę mojej pracy. Mgr M. Szulczewskiemu wdzięczny jestem za zapoznanie mnie ze swymi materiałami, wprowadzenie mnie w problematykę stromatolitową i zapoznanie z literaturą. Wyrażam również podziękowanie dr A. Wiewiórze za wykonanie uwzględnionej w pracy analizy rentgenowskiej.

Materiały do pracy zostały zebrane w latach 1961—1963, większość okazów znaleziono w sezonie letnim 1961 roku.

WSTĘP

Stromatolity od kilkudziesięciu już lat stanowią przedmiot zainteresowań licznych badaczy. Literatura dotycząca tych utworów obejmuje kilkaset pozycji; najpełniejszą listę publikacji daje w swej monografii V. P. Maslov (1960). Pierwszą w literaturze polskiej pracę poświęconą stromatolitom zawdzięczamy M. Szulczewskiemu (1963), który — omawiając stromatolity z łabonu wierchowego Tatr — referuje ewolucję poglądów na genezę tych utworów. Informacje o stromatolitach obser-

wowanych na obszarze Polski spotykamy także we wcześniejszych pracach S. Z. Różyckiego (1938, 1953), S. Dżułyńskiego (1952) oraz E. Passendorfera (1961).

STRATYGRAFIA WAPIENI GLAUKONITOWYCH TOWARZYSZĄCYCH OPISYWANYM STROMATOLITOM

Występowanie wapieni glaukonitowych w spągu utworów marglisto-piaszczystych albu zostało stwierdzone po raz pierwszy przez E. Passendorfera (1930). Autor ten oznaczył zebraną z tych wapieni faunę i opracował ich stratygrafię. Ciemne zoogeniczne wapienie glaukonitowe fałdu Giewontu zawierają, według niego, obfitą i charakterystyczną faunę środkowego albu z masowo występującym *Hoplites dentatus* Sow. Trudniejsze było sprecyzowanie wieku wapieni glaukonitowych z pozostałych jednostek wierchowych. *Douvilleiceras mammillatum* Schl., występujący licznie w wapieniach fałdu Czerwonych Wierchów i w Dolinie Białej Wody, jest w zasadzie skamieniałością charakterystyczną dla dolnego albu M. Breitstroffer (1946) w swej pracy poświęconej poziomom amonitowym albu Francji i Anglii umieścił go obok takich gatunków, jak *Leymeriella tardefurcata* (*Hoplites tardefurcatus* Leym.), *L. regularis* i *Hypacanthoplites milletianus* — jako skamieniałość przewodnią dla tego piętra, które nazwał nawet podpięciem douvilleicerasowym (*Douvillécératien*). Skamieniałość tę znajdowano jednak i w albie środkowym, a w tatrzańskich wapieniach glaukonitowych nawet obok górnoalbskiego amonita *Mortoniceras varicosum* Sow.

CHARAKTER PETROGRAFICZNY I FACJALNY WAPIENI GLAUKONITOWYCH

Utwory stromatolitowe opisane w tej pracy są ściśle związane z sedymentacją zoogenicznych wapieni glaukonitowych, obecnie już dość dobrze poznanych pod względem petrograficznym. Pierwsze opisy tych skał podaje E. Passendorfer (1930). Przytacza on również wyniki mikroskopowych analiz otoczków egzotycznych, występujących w tych wapieniach, wykonanych przez S. Kreutza. Niedawno ukazało się wnikliwe studium petrograficzne M. Turnau-Morawskiej (1960), poświęcone wapieniowi glaukonitowemu z Wielkiej Równi, oraz praca mineralogiczno-petrograficzna K. Borzy i E. Martiny'ego (1962) dotycząca wapienia glaukonitowego z Doliny Jaworowej.

Typowe zoogeniczne wapienie glaukonitowe są w stanie świeżym szare do prawie czarnych w różnych odcieniach, a po zwiertzeniu rdzawożółte; lokalnie mają barwę intensywnie czerwoną. Ważnym elementem skałotwórczym są w nich otwornice. Spośród makroorganizmów główną rolę odgrywają mięczaki, których szczątki są miejscami bardzo liczne. Pewien udział w budowie omawianych skał biorą też szczątki szkarłupni. W wapieniach tych spotyka się od czasu do czasu okruchy

i otoczaki skał obcych — takich jak granodioryty, łupki łyszczykowe, kwarcyty, wapienie zsylikowane (?), limburgity (?), wreszcie otoczaki kwarcu żyłowego (Passendorfer 1930, Turnau-Morawska 1961). Ich wielkość dochodzi miejscami do kilkunastu centymetrów.

Według M. Turnau-Morawskiej, struktura omawianych wapieni glaukonitowych jest biomorficzna lub bioklastyczna (organodetrytyczna). Pokruszony materiał zoogeniczny jest scementowany drobnoziarnistą miazgą węglanową. Miejscami dają się, według niej, zaobserwować ślady śródformacyjnej przeróbki osadu. Również E. Passendorfer (1961) notuje rozmywanie skamieniałości oraz przerwy sedymentacyjne, które — jego zdaniem — wskazują na działanie prądów, i określa morze — które było środowiskiem sedymentacji tych wapieni — jako niespokojne. Warto zwrócić uwagę, że również opisywanym przez S. Z. Różyckiego (1938, 1953) stromatolitom jurajskim z okolic Częstochowy i kredowym z okolic Lelowa towarzyszą wyraźne luki sedymentacyjne. Interesujące jest również podobieństwo facjalne wierchowego albu tatrzańskiego do zdecydowanie płytkowodnego batonu wierchowego (por. Passendorfer 1961, s. 369) zawierającego także stromatolity i to o znacznie szerszym rozprzestrzenieniu (Szulczewski 1963).

Oprócz węglanów i glaukonitu w skład wapieni glaukonitowych wchodzi fosforyty, tlenki żelaza, piryty oraz niewielka domieszka kwarcu i skaleni. Glaukonit, będący ważnym składnikiem skały, występuje w ziarnach o charakterze bardzo urozmaiconym, zarówno pod względem morfologii jak i rodzaju wrostków powstałych syngenetycznie lub też w różnych fazach przemian diagenetycznych, które bardzo szczegółowo omawia w swej pracy M. Turnau-Morawska (op. cit.). Najistotniejszy dla poruszanych tu zagadnień jest wyciągnięty przez tę autorkę wniosek dotyczący środowiska tworzenia się wapienia glaukonitowego — oparty głównie na badaniach chemizmu i własności fizycznych występującego w nim glaukonitu. Glaukonit z Wielkiej Równi powstał, według niej, w morzu płytkim i ruchliwym. Podobny charakter petrograficzny mają zoogeniczne wapienie glaukonitowe innych jednostek wierchowych (Dolina Małej Łąki i Białej Wody), które posiadają silniej wyrażone cechy płytkowodności. Inaczej są wykształcone, słabo jeszcze poznane pod względem stratygraficznym i petrograficznym, wapienie znane głównie z północnych zboczy Kominów Tyłkowych i zlebu Żeleźniak (Rabowski 1959) — ubogie w szczątki makrofauny i glaukonit. Reprezentują one zapewne osad morza nieco głębszego i mniej ruchliwego.

Typowe zoogeniczne wapienie glaukonitowe zawierają, według E. Passendorfera (1930), bogatą faunę o typie nerytycznym. Liczne są gruboskorupowe ślimaki i małże; spotyka się także jeżowce. Z drugiej strony wapienie te zawierają liczne szczątki amonitów i belemnitów. Skamieniałości organizmów bentonicznych „są zachowane doskonale, ze skorupami bez śladu mechanicznych oszlifowań. Najdrobniejsze,

łamliwe wyrostki ślimaków zachowane są w całości”. Podobnie zachowane są skorupy silnie urzeźbionych form amonitów (takich jak *Hoplites* i *Douvilleiceras*), które mogły żyć w warunkach przybrzeżnych (Passendorfer 1930, Gignoux 1956). Natomiast szczątki amonitów takich jak *Phylloceas* i *Lytoceras*, które były formami otwartego morza, właściwymi fałsom głębokomorskim Tetydy, są w osadach albu tatrzańskiego zachowane źle, w postaci ułamkowej, bez komór mieszkalnych. E. Passendorfer (op. cit., s. 401) uważa, że dostawały się one do osadu „pędzone falą i stąd bardziej ułamkowy stan ich zachowania”. Autor ten zwraca uwagę na pewne lokalne zmienności fauny w poszczególnych jednostkach wierchowych. Za najbardziej płytkowodne uważa wapienie z Białej Wody — bogatsze w gruboskorupowe ślimaki i małże, a uboższe w głowonogi. Wspomina też z drugiej strony o facjalnym i faunistycznym podobieństwie wapieni Białej Wody i Małej Łąki. Obfitość skorupek otwornic pelagicznych (obok licznych szczątków głowonogów) świadczy o połączeniu środowiska sedymentacji z otwartym morzem, nie stanowi jednak dowodu na głębokomorskie pochodzenie wapieni glaukonitowych.

UTWORY STROMATOLITOWE W DOLINIE MAŁEJ ŁĄKI

Utwory stromatolitowe występują tu wśród wapieni glaukonitowych albu w dnie wschodniego żlebu wciętego w dolny próg Nizniej Świstówki. Leżące na wapieniach glaukonitowych marglisto-piaszczyste utwory albu ciągną się aż po urwiste skałki Siadłej Turni. Zebraną stąd faunę opracował E. Passendorfer (1930), który wyróżnia tu następujący ogólny profil:

- 1) jasne wapienie z orbitolinami — urgon;
- 2) ciemne wapienie glaukonitowe przepełnione skamielinami;
- 3) margle i łupki glaukonitowe z *Mortoniceras inflatum*, leżące na nierównej, skorodowanej powierzchni wapieni glaukonitowych;
- 4) czarne margle ubogie w glaukonit, bez skamielin;
- 5) margle ze *Stoliczkaia dispar*, cienko uławiczone, bez glaukonitu.

Powierzchnia stropowa urgonu jest skorodowana, nierówna. W niewielkie zagłębienia wnika osad wapienia glaukonitowego. Miąższość wapieni glaukonitowych ulega tu znacznym wahaniom, przeciętnie wynosi 15—20 cm, miejscami jednak brak ich zupełnie. Zjawisko to może być zarówno wynikiem rozmywania osadów już w albie, jak i późniejszych wyprasowań tektonicznych.

Charakter petrograficzny wapieni glaukonitowych w tym odsłonięciu jest bardzo niejednorodny. Ich barwa zmienia się od jasnoszarej do prawie czarnej, czasem z odcieniem zielonkawym. W wyniku epigenetycznego przesylenia hematytem stają się brunatnoczerwone, a w stanie zwietrzałym przybierają barwę żółtawobrunatną. Znacznym wahaniom ulega struktura i tekstura skał, w zmiennej ilości występują

skorupy mięczaków i glaukonit, a miejscami ponadto dają się zauważyć ślady silnej przeróbki śródformacyjnej.

W dnie zlebu, około 25 metrów powyżej miejsca, w którym przecina go powtórnie żółty szlak biegnący ku Przełęczy Kondrackiej (przechodzący tu na jego zachodnią stronę), ustaliłem odsłaniający się na niewielkim odcinku następujący cząstkowy profil:

- a) jasny wapień dolnokredowy;
- b) wapień glaukonitowy zoogeniczny (miąższość 0—4 cm);
- c) wapień glaukonitowy z nagromadzonymi rostrami belemnitów (miąższość do 1 cm);
- d) ławica stromatolitowa o miąższości 2—4 cm;
- e) margiel glaukonitowy z licznymi rostrami belemnitów (miąższość do 1,5 cm);
- f) margle z glaukonitem.

Wyżej w dnie zlebu widoczne są już tylko zoogeniczne wapienie glaukonitowe o teksturze bezładnej i dość zmiennym charakterze. Udało mi się znaleźć wśród nich tylko jeden okaz stromatolitu w postaci luźnej „kępki”. Wody powierzchniowe wypreparowały podłoże spod tego narostu. Można natomiast dokładnie obserwować kontakt stromatolitu z przykrywającym go glaukonitowym osadem wapiennym, który zawiera też między innymi liczne drobne okruchy i grudki wapienne z naskorupieniami onkolitowymi.

Wapień warstewkowany tworzący płaską pokrywę stromatolitową

Wapień warstewkowany, zbity, szary z odcieniami zielonkawymi, sinymi lub różowawymi, a na zwietrzałej powierzchni jasnordzawy, tworzy kilkucentymetrowej miąższości płaską pokrywę, dającą się prześledzić na odcinku około 1 metra. Leży ona między cienką warstwą wapienia glaukonitowego nie wykazującego warstewkowania, a równie cienką i wzbogaconą w glaukonit warstwą marglu. W obu warstwach spotyka się liczne rostra belemnitów. Podobne osady towarzyszą stromatolitom występującym w stropie keloweju częstochowskiego (vide Różycki 1953).

Wapień tworzący ławicę stromatolitową wykazuje drobne warstewkowanie, na ogół równoległe, poziome lub łagodnie faliste. W mikroskopie warstewkowanie jest mniej wyraźne, często też widać różne nieregularne zaburzenia. Rzadko dają się zaobserwować niewyraźne mikrostruktury glonowe. Skała jest zbudowana głównie z pelitu wapiennego i drobnych skorupki mikroorganizmów z niewielką domieszką mułku węglanowego, rozartego materiału z grubszych szczątków organicznych, drobnych ziarenek kwarcu i skaleni. Tu i ówdzie przewijają się nieregularne brunatnawe smużki żelaziste.

Rytm sedymentacji subtelnego materiału wapiennego, z niewiel-

kimi tylko domieszkami terrygenicznymi, był od czasu do czasu zakłócany przez dopływ frakcji grubszej — psamitowej. Powstawały wówczas warstewki zawierające sporo ziarn glaukonitu, okruchy zbudowane z pasemek szamozytu, ziarna kwarcu, fosforytów i zserycytyzowanych skaleni.

W jamkach utworzonych w tym wapieniu, w które wsypał się potem materiał grubszy (podobny do opisanego z „piaszczystych” smużek), ścianki są wymoszczone warstewkowym wapiennym osadem (pl. IV, fig. 1). Spotyka się tu liczne nerkowate i wachlarzowate twory mikrowarstewkowane, zbudowane z drobnokrystalicznych węglanów i prawie izotropowej substancji bladooliwkowej lub oliwkowobrunatnej (szamozyt?). Formy wachlarzowate tworzą narosty na ściankach jamki (pl. IV, fig. 2), natomiast formy o przekrojach nerkowatych są rozmieszczone „swobodnie” w wypełniającym je osadzie (pl. V, fig. 1 i 2); mogą to być mikroonkolity albo przypadkowe (poprzeczne lub skośne) przekroje kopulastych mikronarostów. Przypominają one większe nieco „oolity stożkowe” opisane przez M. Turnau-Morawską (1961) z utworów ordowiku, którym autorka ta przypisuje genezę stromatolitową. Najbardziej charakterystyczne przekroje opisanych form widoczne są na planszach IV i V.

Stromatolit kopulasty

Narost stromatolitowy znaleziony przeze mnie w jednej z próbek posiadał zapewne całkowitą średnicę (mierzoną u podstawy) około 10—12 cm i wysokość około 5 cm. Na dolnej powierzchni narostu, dzięki działaniu czynników atmosferycznych, zostały uwidocznione charakterystyczne szczegóły przekroju poziomego — koncentrycznie zamykające się warstewki, miejscami tworzące podrzędne, nerkowate nierówności zwrócone wypukłościami ku górze. Po przecięciu próbki w różnych kierunkach można śledzić dokładnie teksturę i strukturę zarówno samego stromatolitu, jak i przykrywającego go osadu. Powierzchnia tnąca narost w miejscu najmniej uszkodzonym wykazuje, że miał on, z grubsza biorąc, kształt kopulasty. Przykryty jest osadem wapienia glaukonitowego, zawierającym różne nieregularne okruchy i grudki wapienne, często niejednorodne. Inne przekroje ujawniają obrazy bardziej skomplikowane; miejscami spore okruchy zdiagenezowanego uprzednio osadu leżą bezpośrednio na powierzchni stromatolitu, którego górne warstewki są częściowo oddarte. Okruchy wapienne były przypuszczalnie oblepiane i zlepiane mułem wapiennym, a część z nich posiada otoczki onkolitowe. W osadzie nad omawianym narostem typu *Collenia* spotyka się też liczne okruchy pochodzenia stromatolitowego. Warto dodać, że inna próbka analogicznego wapienia z tego samego zlebu zawiera, oprócz okruchowego materiału węglanowego, kilkucentymetrowy otoczek różowego kwarcytu (z laminką muskowitowo-chlorytową).

Tekstura narostu stromatolitowego ulega w kierunku pionowym znacznej ewolucji. Najniższe warstewki układają się prawie poziomo, charakterystyczna nerkowatość ich powierzchni jest słabo zaznaczona. Jednak już około 1 cm powyżej obecnie zachowanej „podeszwy” narostu zaczynają się wyraźnie indywidualizować poszczególne kopułki o szerokości przeciętnie około 5 mm. Niektóre z nich są podzielone zaczątkowymi interstycjami. Warstewki są najgrubsze na szczytach kopułek, ku interstycjom cienieją stopniowo i zanikają. W obrębie poszczególnych kopułek można zauważyć drobne drugorzędne „fałdki” (pl. II, fig. 1). Na pojedynczych kopułkach lepiej rozwiniętych i zespołach kopułek słabiej zindywidualizowanych rozwijają się w górnej części stromatolitu kolumnienki osiągające wysokość około 2 cm, o zróżnicowanej i zmiennej szerokości — wahającej się od 1,5 mm do 1 cm. Jeden z przekrojów pionowych wykazuje pochylenie większości kolumnienek ku środkowi narostu; odchylenie od pionu dochodzi do 20—30°. Przekroje pionowe prostopadłe do poprzedniego nie wykazują takiej prawidłowości; poszczególne kolumnienki są pochylone raz w jedną raz w drugą stronę, przy czym zmienia się też bardzo nieregularnie ich grubość. Czasem nawet urywają się gwałtownie, a wyżej rosną nowe — niezależne od nich. Interstycje, które między kopułkami pojawiały się w formie zaczątkowej, między kolumnienkami miejscami osiągają stosunkowo dużą szerokość (do 2 mm, a wyjątkowo nawet 5 mm), tego samego rzędu co szerokość kolumnienek. W najwyższej części stromatolitu pojawia się tendencja do zrastania się poszczególnych elementów składowych narostu, jednak ostatnie warstewki są w znacznej części zdarte. Charakter uszkodzeń i deformacji świadczy o tym, że nie były one jeszcze zbyt silnie zdiagenezowane.

Opisywany stromatolit jest przesycony nieregularnie tlenkami żelaza (głównie hematytym), a miejscami, głównie w częściach nadwietrzalnych, także brunatnymi wodorotlenkami żelaza. Przesycenie to ma charakter epigenetyczny; świadczy o tym przebieg stref zażelazionych — niezgodny z warstewkowaniem narostu. Poszczególne warstewki wykazują niejednakową podatność na przesycanie związkami żelaza, co jest zapewne wywołane zróżnicowaniem struktury budujących je osadów. Bardziej porowate są grubsze warstewki — zbudowane głównie z pelitu wapiennego, w których często po zażelazieniu uwidaczniają się szczątki przypuszczalnych krzaczkowatych sinic, w różnym stopniu zdeformowane (pl. II, fig. 1). Tego typu warstewki osiągają miąższość rzędu 0,4—0,8 mm. Oporniej natomiast ulegają przesycaniu tlenkami żelaza zespoły cieńszych warstewek, zbudowanych z drobnokrystalicznych węglanów. Diagenetyczna kompakcja osadu zaciera różnice między tymi typami warstewek, ponieważ grubsze warstewki łatwiej ulegają sprasowaniu. Zróżnicowanie mikrostrukturalne budujących je osadów przeważnie nie jest zbyt wyraźne, toteż tam gdzie nie nastąpiło selektywne przesycenie

Tabela 1*

Analiza rentgenowska proszkowa próbki uzyskanej z warstewek stromatolitowych wzbogaconych w szamozyt

Linie uzyskane dla badanej próbki			Ważniejsze linie minerałów mogących występować w próbce							
Nr linii	d	I	Kalcyt		Szamozyt		Inne minerały		Nazwa minerału	
			d	I	d	I	d	I		
1	11,1	sł								
2	8,3	sł								
3	7,27	śr			6,93	—7,17	(10—9) 10			
4	5,81	sł								
5	4,73	bsł			4,63	—4,73	(5—2) 4			
6	4,21	bbsł								
7	3,88	bbsł	3,84	6						
8	3,46	sł			3,51	—3,55	(10—9) 10			
9	3,17	bsł								
10	3,037	bm	3,03	10						
11	2,780	m						2,798	10	apatyt fluor.
								2,785	10	syderyt
12	2,710	sł			2,67	—2,70	(9—1) 4	2,702	6	apatyt fluor.
13	2,632	bsł								
14	2,502	sł R	2,49	6	2,507—2,53		(10—1) 7			
15	2,268	sł R	2,28	7						
16	2,096	sł	2,09	7						
17	1,925	sł	1,917	9						
18	1,881	bsł	1,868	8						
19	1,843	sł						1,838	6	apatyt fluor.
20	1,728	bsł						1,728	8	syderyt
21	1,602	bbsł	1,598	5	1,549—1,573		(8—2) 6			
22	1,518	bbsł	1,518	6	1,515—1,524		(7—0,5) 3			
23	1,460	bbsł	1,470	4						

* Pierwsze trzy kolumny zawierają wartości odstępów sieciowych (d) i przybliżone oznaczenia intensywności (I) odpowiadających im linii rentgenogramu proszkowego badanej próbki. Obok umieszczono analogiczne wartości dla silniejszych linii czystych minerałów, którym mogą one odpowiadać. Apatyt fluorowy jest tu symbolicznym przedstawicielem minerałów grupy apatyty, które dają zbliżone rentgenogramy.

Dane dla kalcytu i szamozytu (wartości z 9 rentgenogramów proszkowych) pochodzą ze zbioru artykułów pt. „Rentgenowskie metody opredelenija mineralov glin” (1955), pozostałe zaś dane — z podręcznika V. I. Micheeva (1957).

Objaśnienie skrótów oznaczających intensywność linii: bm — bardzo mocna, śr — średnia, sł — słaba, itd. R — oznacza linię rozmytą.

związkami żelaza — poszczególne warstewki niekiedy trudno jest ściśle rozdzielić. Tekstura narostu zaznacza się wówczas dzięki smużystemu ułożeniu nieco zróżnicowanego materiału węglanowego, czasem dzięki domieszce zielonkawego pigmentu — przypuszczalnie szamozytowego. Pierwotna barwa narostu jest szara do zielonawoszarej.

Głównym składnikiem osadu budującego warstewki stromatolitu jest pelit wapienny z domieszką drobnych kalcytowych skorupki mikroorganizmów i mułku kalcytowego. Akcesorycznym składnikiem jest mułek kwarcowy (ze sporadycznymi skaleniami i jasnymi lyszczykami). Poza bardzo zmienną ilością tlenków i wodorotlenków żelaza pochodzenia epigenetycznego, w skład warstewek wchodziła zapewne pierwotnie pewna ilość materiału żelazisto-ilastego, obecnie reprezentowana przez smużki szamozytu i wodorotlenków żelaza. Od czasu do czasu w obrębie warstewek spotyka się ziarna silnie skorodowanego glaukonitu, większe szczątki mikroorganizmów i liczniejsze ziarenka kwarcu, które jednak skupiają się przede wszystkim w szparkach i obniżeniach między pozytywnymi elementami narostu. Glaukonit, który występuje głównie w interstycjach, ma charakter niewątpliwie allogeniczny. Ziarna różnego kształtu, o przekrojach okrągławych lub nieregularnie ostrokątnych, zwykle posiadają pokaźne kalcytowe obwódki korozyjne. Spotyka się ziarna węglanowe przesycone wodorotlenkami żelaza z reliktowym glaukonitem lub pseudomorfozy po glaukonicie. Niektóre ziarna glaukonitu posiadają wrostki pirytowe. Szamozyt rzadko występuje w postaci jednorodnych skupień, częściej bierze udział w budowie smużystych agregatów submikroskopowych o złożonym składzie. Barwi je wówczas na zielonkawo lub oliwkowobrunatno. Fragment wydłużonego nieregularnego narostu, zbudowanego z warstewek węglanowych i warstewek bogatych w niskodwójłomną substancję o słabym zabarwieniu oliwkowobrunatnym, wypreparowano z płytki cienkiej i poddano analizie rentgenowskiej. Wyniki uzyskane z analizy rentgenogramu proszkowego zawiera tabela 1.

Wyniki powyższej analizy nie pozwalają na jednoznaczną interpretację składu badanej mieszaniny wieloskładnikowej. Przypuszczalnie obok przeważającego kalcytu bierze w niej udział szamozyt, a mocna linia nr 11 może świadczyć o obecności fosforanu wapnia lub syderytu, względnie obu tych składników jednocześnie.

ALB SPOD RATUSZA W WĄWOZIE KRAKÓW

Utwory albskie pojawiają się w wąwozie Kraków dwukrotnie, tworząc łagodne rozszerzenia morfologiczne, kontrastujące z wąskimi, krętymi jego częściami zbudowanymi np. z wapieni urgonu i neokomu. Szczególnie interesujące jest drugie wystąpienie, pod Ratuszem. Zostało ono opisane szczegółowo przez F. Rabowskiego (1959). Kontakt łupkowatych margli albu ze starszymi wapieniami (według Rabowskiego urgońskimi i neokomskimi) jest na ogół tektoniczny. Badacz ten wspomina jednak, że lokalnie „na samej granicy obu serii znajduje się dolny poziom albu — czerwonawe margle z limonitem” (op. cit., ss. 66—67, fig. 43).

Być może, za „dolny poziom albu” uważał F. Rabowski łupkowate margle albu, czarne, a na powierzchniach spękań oliwkowoszare, rdzawe lub wiśniowe, które kontaktują od strony wąwozu Kraków z jasnoszarymi wapieniami dolnokredowymi wzdłuż wygiętej powierzchni uskokowej. W odsłonięciu tym występują jednakże utwory albskie starsze od szarych margli. Mianowicie w zachodnim narożu Ratusza, u jego podstawy, leżą na starszych wapieniach interesujące utwory wieku zapewne albskiego — wapienie ze sporadycznymi ziarnami glaukonitu. Strzępy najwyższych ławic zawierają utwory stromatolitowe. Będą one opisane szczegółowo poniżej. Wapienie ciemnoszare leżące pod warstwami zawierającymi struktury stromatolitowe, wykazujące słabo zaznaczone uławicenie, nie zawierają wprawdzie charakterystycznego dla wapieni albu glaukonitu, lecz wyglądem makroskopowym przypominają wapienie albskie ze żlebu Żeleźniak (spod Kominów Tylkowych). Pewne podobieństwo widać również w obrazach mikroskopowych. Poza brakiem glaukonitu rzuca się w oczy skąpa ilość fosforanów. Nota bene w niektórych próbkach znad Żeleźniaka glaukonit występuje tylko w postaci sporadycznych ziarenek. Dopiero próbka pobrana około 1,50 m poniżej warstwy stromatolitowej wykazuje podobieństwo do wyróżnionej przez dra J. Lefelda (inf. ustna) facji urgońskiej „ciemnoszarych wapieni drobno-organo-detrytycznych”. W wapieniu tym występują nieregularne żyłki typowych jasnych wapieni różowobeżowych albu.

Ławica stromatolitowa

Osiąga ona przeciętną miąższość około 5 cm. W obrębie mniej więcej płaskiej pokrywy stromatolitowej widoczne są ciemne okruchy wapienne otoczone warstewkowanym narostem, który stopniowo niweluje nierówności podłoża związane z występowaniem tych elementów (przypominających zarówno strukturą jak i morfologią okruchy stanowiące rdzenie onkolitów z wyższej ławicy — opisane szczegółowo poniżej). Na płaszczyźnie przekroju pionowego warstewki mają przeważnie przebieg nieregularnie falisty, przy czym ich wypukłości są zawsze zwrócone ku górze. W miejscach nie zaburzonych przez obce ciała pojawiają się kilkumilimetrowe kępki, a nawet kolumienki (pl. I), których występowanie świadczy o tym, że rozwój glonów odbywał się wielokrotnie na tych samych obszarach, poprzedzielanych niezbyt wydatnymi interstycjami. Miejscami jednak narastanie kolejnego zespołu warstewek odbywa się niezależnie od budowy podłoża; taka zmiana była zapewne związana ze zniszczeniem starych „klombików” algowych i reaktywowaniem nowych powierzchni stromatolitu. Poszczególne warstewki różnią się wyraźnie miąższością i charakterem budującego je osadu. Ich miąższość waha się od ułamków milimetra do paru milimetrów. Jaśniejsze war-

stewki są na ogół grubsze i zawierają więcej materiału aleurytowego oraz szczątków mikrofauny. Warstewkowanie wyraźniej uwidacznia się przy obserwacji makroskopowej; pod mikroskopem pojedyncze warstewki trudno jest wydzielić, gdyż łączą się one w powyginane smużki o zmiennej grubości. Materiał wypełniający interstycja nie różni się wyraźnie od materiału warstewek, których zasadniczym składnikiem jest węglan wapnia; ponadto w ich budowie bierze udział kwarc, chloryt oraz tlenki i wodorotlenki żelaza. Materiał węglanowy stanowi zdiagenezowany drobny muł wapienny ze znaczną zawartością frakcji pelitowej. Kalcytowe szczątki organizmów są reprezentowane głównie przez drobne skorupki otwornic, na ogół źle zachowane. Są one podrzędnym składnikiem skały. Podobną rolę odgrywa mułek kwarcowy rozmieszczony dość nieregularnie w obrębie stromatolitu. W płytkach cienkich spotyka się też przekroje skorupki otwornic aglutynujących, zbudowanych z okruszków kwarcu zlepionych kalcytem, które są najczęściej pokruszone lub zdeformowane.

Związki żelaza barwią skałę na pstro. Przypuszczalnie pierwotne zabarwienie narostu, zachowane jeszcze miejscami, było ciemnoszare do zielonkawoszarego. W wyniku procesów wietrzeniowych i epigenetycznego przesycaenia związkami żelaza trójwartościowego, uzyskał on plamiste zabarwienie wiśniowo-rdzawe. Tlenki i wodorotlenki żelaza są rozmieszczone w skale bardzo nieregularnie. Przesycają one w niejednakowym stopniu poszczególne warstewki, wnikają w szczelinki między nimi, tworzą też rozmaite nieregularne skupienia. Część tlenków i wodorotlenków zawarta była zapewne od początku w osadzie stromatolitycznym, bądź stanowi produkty utleniania pierwotnych substancji żelazistych. Chloryty (zapewne szamozyt) są podrzędnym składnikiem skały; są one zastępowane przez brunatne wodorotlenki żelaza. Pojawiają się w postaci prawie izotropowych, nieregularnych, często smużystych, skupień barwy od zielonawej do oliwkowobrunatnej.

W jednej z płytek cienkich, wyciętych ze stromatolitu, widoczne są dwie niewielkie „kieszonki” wypełnione materiałem obcym — jedna wapiennym pelitem ze znaczną domieszką mułku kwarcowego, a druga — pelitowym osadem wapiennym zawierającym drobniutkie skorupki mikroorganizmów.

Ławica z onkolitami

Dolną część opisywanej ławicy tworzy plamisty wapień różowoszary o teksturze bezładnej, zawierający sporadyczne onkolity i okruszki ciemnego wapienia fosforonośnego. Przykrywa je szary osad wapienny smużycie warstewkowany — stanowiący stropową część ławicy. Całkowita grubość ławicy wynosi 12—15 cm.

Wapień różowo-szary

Skała wykazuje teksturę bezładną i nieregularną plamistość zabarwienia. Zbudowana jest z pelitu wapiennego i sporej domieszki drobnych na ogół szczątków organicznych. Podrzednymi składnikami są: glaukonit, piryt, fosforan wapnia i wodorotlenki żelaza. Bardzo liczne są skorupki otwornic. Masowo występują problematyczne drobne formy o kulistych skorupkach (średnica rzędu 0,03—0,08 mm). Spotyka się drobne okruchy skorup mięczaków, szczątki szkarłupni, pojedyncze korale.

Glaukonit występuje w postaci nielicznych ziarn, barwy żywej, posiadających nadzěrki, nieregularne obwódki lub żyłki wypełnione kalcytem. Wokół większości ziarn występują smużyste aureole brunatnych wodorotlenków żelaza, które też niekiedy bywają skupione wewnątrz skorupki otwornic, bądź tworzą niewielkie nieregularne skupienia. Sporadycznie spotyka się drobne ziarna fosforanu i pirytu.

Onkolit

Jeden z okruchów ciemnego wapienia organogenicznego o bardzo nieregularnym kształcie osiąga prawie 10 cm długości. Posiada on niezupełnie ciągłą otoczkę o charakterze narostu stromatolitowego, grubości poniżej 1 cm. Najlepiej jest ona rozwinięta na górnej i dolnej powierzchni okrucha, który z powodu swego spłaszczenia i nieregularności nie mógł być swobodnie przetaczany po dnie, a tylko obracany z jednego boku na drugi.

Rdzeń onkolitu zbudowany jest z ciemnoszarego, prawie czarnego, wapienia organogenicznego, w którym gołym okiem widać przekroje jasnych skorupki ślimaków i okruchy skorupki innych mięczaków, oraz pustki wypełnione osadem analogicznym do otaczającego onkolitu wapienia. Pod mikroskopem widać, że ciemny wapień tworzący rdzeń jest zbudowany przede wszystkim z kalcytowych okruchów organicznych frakcji dochodzącej do 2 mm, ale przeważnie poniżej 1 mm. Przeważają najrozmaitsze fragmenty szkarłupni; licznie występują też gruboskorupkowe otwornice (pl. VII, fig. 2). W mikroskopie wapień ten wykazuje brunatne zabarwienie, miejscami dość intensywne, wywołane przede wszystkim przez prawie izotropową substancję fosforanową, która przesyca nierównomiernie tło skalne, wnika do wnętrza skorupki otwornic i w pory szkarłupni. Zupełnie bezbarwne są tylko zrekrytalizowane partie wapiennego tła i większość skorupki kalcytowych. Miejscami, głównie na peryferiach rdzenia, spotyka się ciemnobrunatne zabarwienie wywołane przez związki żelaza. Nieliczne drobne ziarna kwarcu są otoczone kalcytowymi obwódkami (korozyjnymi).

Naskorupienie onkolitowe wykazuje drobne warstewkowanie. W skład poszczególnych warstewek wchodzi węglany, substancje żelazi-

ste i fosforan wapnia. Miejscami cienieją one lub nawet wyklinowują się, a na poprzecznych płaszczyznach intersekcyjnych wykazują charakterystyczną falistość. Często wzajemne proporcje między poszczególnymi składnikami zmieniają się w obrębie jednej i tej samej warstewki. W wyniku tego miejscami obserwuje się same prawie warstewki o ilościowej przewodze węglanów, to znów na przemian z warstewkami wzbogaconymi silniej w związki żelaza i fosforan wapnia. Tam, gdzie dominującym składnikiem szeregu kolejnych warstewek są węglany — tekstura najczęściej jest podkreślona przez brunatnawe smużki żelaziste. Węglany występują przeważnie w postaci drobnego pyłu, ale spotyka się też partie kalcytowych warstewek w mniejszym lub większym stopniu zrekrystalizowane. Niektóre warstewki są zbudowane ze słabo zabarwionej, oliwkowobrunatnawej substancji prawie izotropowej, o niewyraźnej drobnokłaczkowatej budowie. Przypuszczalnie w jej skład wchodzi minerał z grupy chlorytów (szamozyt?). Spotyka się też zgodne z warstewkowaniem smużyste infiltracje brunatnawych izotropowych fosforanów.

Na zewnętrznej powierzchni narostów onkolitowych miejscami wiadać problematyczne szczątki obrastających je krzaczkowatych alg (pl. VI, fig. 1 i 2 i pl. VIII, fig. 1). Są one zbudowane z substancji węglanowej przesyconej brunatnymi wodorotlenkami żelaza, lub też całkowicie wypełnione tymi ostatnimi. Czynniki ułatwiającymi wędrówkę substancji żelazistych i fosforanowych były zapewne — obok porowatości warstewek — szwy stylolitowe i różne nieregularne szczelinki.

Wapień warstewkowany ciemnoszary

Różowo-szary wapień z onkolitami i okruchami czarnych wapieni fosforonośnych przykryty jest ciemnoszarym osadem wapienia wykazującego smużyste, na ogół spokojne, warstewkowanie. Jest ono najlepiej widoczne gołym okiem na wypolerowanych powierzchniach próbek przeciętych prostopadle do uławicenia. Obrazy mikroskopowe wykazują, że skała zbudowana jest z pelitu wapiennego i znacznej ilości drobniotkich skorupek mikroorganizmów (duża ilość form kulistych — problematycznych otwornic — pl. VIII, fig. 2). Skałę przecinają bardzo liczne drobniotkie żyłki kalcytowe z reguły poprzeczne do warstewkowania (pl. IX, fig. 2). W płycie cienkiej zauważyłem tylko jedno ziarno bladzielonego glaukonitu, silnie skorodowane, z grubą obwódką kalcytową. Od czasu do czasu trafiają się warstewki bogatsze w większe otwornice i drobne okruszki skorup mięczaków i pancerzy szkarłupni. Niektóre warstewki zawierają licznie rozsiane drobne kryształki i nieregularne ziarenka zupełnie niezmiennego pirytu, inne są słabo przesycone brunatnymi wodorotlenkami żelaza, które skupiają się wyraźniej w nielicznych, zniszczonych przez diagenезę, porowatych i pochwłkowatych szczątkach problematycznych sinic. Widoczne są one jedynie w dolnej

części warstewkowanego osadu, który poza miejscami występowania onkolitów łączy się stopniowym przejściem z plamistym wapieniem różowo-szarym. Rytmiczna zmienność warunków sedymentacji wywołała warstewkowanie tego osadu, w którego powstaniu najwyraźniej odegrały pewną rolę glony, przynajmniej okresowo. Zapewne jednak nie miał on w czasie powstawania charakteru zwiezłego narostu dennego, który można byłoby nazwać stromatolitem.

Czułe reakcje chemiczne z molibdenianem amonu — przeprowadzone na zeszlifowanych powierzchniach próbek — wykazują bardzo wyraźnie obecność fosforanów w szarym warstewkowanym osadzie, podczas gdy podobne próby z różowym wapieniem dały wynik negatywny.

PROBLEMATYKI ALGOWE

Glony, którym zawdzięczamy powstanie stromatolitów — jak wiadomo — bardzo rzadko zachowują się w kopalnych utworach w postaci pozwalającej na ich wyróżnienie. Wpływa na to zarówno specyfika natury samych Cyanophyceae, procesy sezonowego sprasowywania ich nici przez osady mechaniczne wyższych warstewek, jak i późniejsze procesy — głównie rekrytalizacja.

Według K. B. Korde (1950), w odróżnieniu od wyższych form — dla Cyanophyceae i niektórych gatunków Chloryphyceae charakterystyczne jest odkładanie węglanu wapnia na zewnątrz komórek, w śluzie otaczającym ich komórki i nici. Dlatego sposób zachowania tych glonów w stanie kopalnym jest specyficzny i zasadniczo różni się od sposobu fosylizacji krasnorostów. W zależności od ilości odłożonego węglanu i jego związku przestrzennego z niemi różnych gatunków glonów — obserwujemy różnorodne formy utrwalenia tych glonów w stanie kopalnym. Przy znacznej grubości węglanu wapnia odłożonego na zewnątrz nici, zachowują się one w postaci rurkowatych pochewek. Przy szczelniejszym przyleganiu węglanu do nici, związanym z nieznaczną grubością śluzowatej osłonki lub odkładaniem go bezpośrednio na powierzchni błonek komórkowych, w stanie kopalnym mogą się zachować pochewki wapienne dość dokładnie odtwarzające kształty żywych glonów. Pustki takie mogły być później wypełniane węglanem wapnia lub substancjami żelazistymi. Przy luźnym rozmieszczeniu nici w śluzie powinny tworzyć się, według K. B. Korde, nawarstwienia o charakterystycznej budowie gąbczastej, które uważano błędnie za „gąbczastą tkankę algową”.

Rzadko zachowują się w obrębie sfosylizowanych nici glonowych pierwotne barwniki organiczne lub ślady budowy komórek. Częściej szczątki sinic są widoczne dzięki wypełnieniu por materiałem różniącym się od tła barwą, stopniem przezroczystości lub mikrostrukturą. Osobne zagadnienie stanowi możliwość występowania w obrębie szczątków niektórych sinic związków żelaza, gromadzonych przez nie za życia.

W albie tatrzańskim, podobnie zresztą jak w batonie (por. Szulczewski 1963), w obrębie narostów stromatolitowych oraz w towarzyszących im wapieniach glaukonitowych spotyka się liczne problematyczne szczątki sinic. Występują one zarówno w obrębie warstewek stromatolitów i onkolitów, jak i na zewnętrznych powierzchniach narostów, gdzie nie tknięte przez procesy sezonowego sprasowywania warstewek są najlepiej zachowane. Miejscami zachowały się też skupienia glonów, które przypuszczalnie obrastały grudki wapiennego osadu.

Zarysy pustek po glonach, otoczonych zapewne pierwotnie cieniutkimi i dobrze oddającymi kształt nici pochwawkami węglanowymi, są widoczne najlepiej tam, gdzie przesycają je tlenki i wodorotlenki żelaza. Słabiej widoczne są szczątki problematycznych sinic na onkolicie spod Ratusza — wypełnione drobnokrystalicznym kalcytem, bardziej przezroczystym niż pelitowe tło. W płytkach cienkich można zauważyć oprócz charakterystycznych krzaczkowatych przekrojów towarzyszące im wiernie zagadkowe przekroje nerkowatych tworów, wykazujących mikrowarstewkowanie, większych niż poprzeczne przekroje nici sinic.

Na zewnętrznej powierzchni warstewkowanego narostu onkolitowego spod Ratusza w wielu miejscach pojawiają się dość dobrze zachowane problematyczne szczątki glonów. Przypuszczalnie zostały one zasypane mułem wapiennym, zanim procesy diagenety zdeformowały je i włączyły w skład kolejnej warstewki czy też zespołu warstewek. Przeważają zdecydowanie formy krzaczkowate przypominające kształtami *Frutexitis arboriformis* Maslov., opisane ostatnio przez M. Szulczewskiego (op. cit.) z batonu wierchowego. Są one dość zróżnicowane (pl. VI), a ich zmienność przekracza zapewne ramy jednego gatunku. Oprócz tego spotyka się w płytkach cienkich przekroje wachlarzowo-grzebieniowate (pl. VIII, fig. 1); z wachlarzowatych podstaw wyrasta szereg palczastych wypustek, których rozszerzone zakończenia są niekiedy w płytce cienkiej odcięte intersekcyjnie od dolnych części szczątków. Wysokość tych form waha się przeważnie w granicach 0,2—0,4 mm. Są one na ogół silniej zdeformowane, a ich dolne części przechodzą miejscami w zespoły nieregularnych falistych warstewek onkolitu. Szczątki te przypominają nieco kambryjskie *Tubercularia latiuscula* Volgd. (Vologdin 1962). W obrębie większości opisanych form widoczne jest zagadkowe „mikrowarstewkowanie”. Można tu też zaobserwować zjawisko wnikania związków żelaza w porowate pustki po sinicach. Doskonale jest to widoczne na figurach 1 i 2 planszy VI, gdzie obok szczątków wypełnionych niemal zupełnie tlenkami i wodorotlenkami żelaza widoczne są pochwawki wypełnione prawie czystym węglanem wapnia, wyraźniej krystalicznym niż pelitowe tło, oraz szczątki w pośrednich stadiach przesycania związkami żelaza.

Problematyczne szczątki sinic, podobne do opisanych wyżej form, występują również w obrębie niektórych warstewek kopulastego naro-

stu z Małej Łąki i w osadzie nad tym narostem — wokół grudki wapiennego osadu. Tu również widać wyraźnie, że związki żelaza wnikały w pochewki wypełnione pierwotnie węglanem wapnia. Mianowicie szczątki krzaczkowatych sinic, w obrębie narostu stromatolitowego, są widoczne tylko w tych częściach warstewek, które leżą w obrębie stref epigenetycznie żelazionych; natomiast w partiach tych samych warstewek poza wspomnianymi strefami są one na ogół prawie niewidoczne.

Także w próbce nieco nadwietrzonego wapienia o teksturze bezładnej, pochodzącego spod ławicy stromatolitowej z Małej Łąki, widoczne jest lokalne nagromadzenie różnorodnych form przesyconych brunatnymi wodorotlenkami żelaza — o wielkości rzędu 0,1—0,4 mm (pl. VII, fig. 1). Za tym, że nie są to skupienia żelaziste pochodzenia nieorganicznego, przemawia występowanie szeregu powtarzalnych szablonów budowy poszczególnych „indywiduów”, z których część wykazuje znaczne podobieństwo do problematyków pewniej określonych, pochodzących z narostów onkolitowych i stromatolitowych.

KOŃCOWE UWAGI I WNIOSKI

Poglądy na genezę stromatolitów przeszły poważną ewolucję (zagadnienie to szerzej omawiają m.in. V. P. Maslov 1960 oraz M. Szulczewski 1963). Obecnie większość badaczy opowiada się zdecydowanie za organogenicznym pochodzeniem tych utworów, choć wciąż jeszcze ponawiane są próby tłumaczenia ich genezy za pomocą procesów czysto nieorganicznych. Zwolennicy fitogenicznej teorii powstawania kopalnych stromatolitów uzyskali silne poparcie z chwilą znalezienia wśród współczesnych osadów utworów tego typu in statu nascendi (Black 1933, Ginsburg 1955, Logan 1961). Zarówno obserwacje nad sedymentacją współczesnych form jak i opracowania wielu kopalnych utworów wskazują, że nieodzownym warunkiem powstania stromatolitów sensu stricto jest egzystencja glonów (głównie sinic). Dawniej sądzono, że rola alg polegała przede wszystkim lub nawet wyłącznie na wytrącaniu węglanu wapnia w wyniku procesów życiowych. Obecnie inaczej pojmuje się ich rolę. Wiadomo, że glony rosnące na dnie w strefie przybrzeżnej i tworzące rozległe „maty” są czynnikiem chwytającym i wiążącym drobny osad, głównie węglanowy. To działanie wiążące pozwala na unieruchomienie dużych ilości drobniotkiego osadu w strefach przypliwów i odpływów, gdzie normalnie nie uległby on akumulacji (Logan, op. cit.). Natomiast w przestrzeniach między poszczególnymi wypukłościami stromatolitowymi często gromadzi się grubszy materiał detrytyczny, skorupy mięczaków itd. Zjawiska takie opisali m.in. B. W. Logan we współczesnych stromatolitowych osadach Shark Bay i M. Szulczewski (1963) w kopalnych osadach batonu tatrzańskiego. Również V. P. Maslov (1960) obserwował niejednokrotnie, że „osad mechaniczny” w postaci

okruchów skał i stromatolitów, a także całych oolitów, zbiera się w przestrzeniach między poszczególnymi wypukłościami narostów. W stromatolitach albskich Tatr osad nieco grubszy — z ziarnami glaukonitu, fosforytów, oraz domieszką okruchów kwarcu i sporadycznych krzemionów — przyprósza od czasu do czasu delikatny osad warstewek, a poza tym wysypuje się w niewielkie szparki i zagłębienia między poszczególnymi pozytywnymi elementami narostów oraz w wytworzone w stromatolici jamki. Większy udział materiału terrygenicznego w warstewkach stromatolitu wskazuje, według Maslova, na warunki nie sprzyjające rozwojowi glonów.

Przeważnie mówi się o węglanowym materiale jako zasadniczym budulcu stromatolitów. Jednak spotyka się w literaturze wzmianki o występowaniu sporych ilości substancji ilastych i żelazistych w tego typu utworach. P. E. Cloud (1942), zbadawszy część nierozpuszczalną w 10% HCl z kopalnego stromatolitu z północnej Kanady, stwierdził, że 9% skały stanowi błada, nieplastyczna, prawie izotropowa, kłaczkowata substancja ilasta, w której stwierdzono kaolinit oraz przypuszczalnie illit i montmorylonit. Natomiast M. Turnau-Morawska (1961) opisuje formy o genezie stromatolitowej zbudowane z naprzemianległych warstewek kalcytowych i szamozytowych. Również M. Szulczewski (1963) zaobserwował w utworach tatrzańskiego batomu wierchowego, że „poza charakterystyczną laminacją stromatolity... wyodrębniają się ze skały barwą czerwoną intensywniejszą od tła otaczającej je skały”. Stromatolity z albu wierchowego Tatr zawierają również pierwotne substancje żelaziste i żelazisto-ilaste (reprezentowane obecnie głównie przez szamozyt i wodorotlenki żelaza) jako istotny składnik niektórych warstewek. Zapewne zawiesiny żelazisto-ilaste nie są przychwytywane przez dywany algowe oporniej niż drobny osad węglanowy, ale ilość tego typu zawiesin w środowisku powstawania opisywanych stromatolitów nie była zbyt duża; szamozyt powstał przypuszczalnie w czasie diagenety. Nie jest wykluczone, że pewne stromatolitotwórcze glony gromadzą żelazo w czasie procesów życiowych, jednak substancje żelaziste, przesycające miejscami silnie porowate szczątki glonów w albie wierchowym, wnikały w nie niewątpliwie po śmierci tych organizmów.

W badanych przeze mnie stromatolitach warstewki zbudowane są głównie ze schwytanego między nićmi glonów mułu wapiennego (w przewadze pelit, sporo drobnych kalcytowych skorupki mikroorganizmów), ale przypuszczalnie pewną rolę w budowie narostów odegrał także materiał węglanowy wytracony przez glony. Według niektórych badaczy (Maslov 1960), w tworzeniu stromatolitów mogły też brać udział bakterie. Może rzeczywiście niektóre mikrostruktury stromatolitowe dałyby się jaśniej wytłumaczyć przy przyjęciu bakteriochemicznej ich genezy.

Charakterystyczną cechą stromatolitów, podkreśloną zresztą w samej ich nazwie, jest warstewkowanie. Większość badaczy wiąże ją z se-

zonowymi zmianami środowiska i warunków sedymentacji. Oto zestawione przez V. P. Maslova najistotniejsze czynniki, których sezonowe wahania wywołują w efekcie warstewkowanie stromatolitów:

1) ilość materiału terrygenicznego przynieszonego do zbiornika przez rzeki i wiatry;

2) ilość rozpuszczonego w wodzie węgla, który wydzielany jest przez glony i bakterie lub drogą czysto chemiczną;

3) temperatura, wpływająca zarówno na wytrącanie soli, jak i, przede wszystkim, na wytworzenie sprzyjających warunków życia dla glonów;

4) pH środowiska, przezroczystość wody i inne drugorzędne czynniki.

Ta zmienność wywołuje właśnie, według Maslova, sezonową periodyczność w osadzaniu się węglanów, a więc i warstewkowanie w stromatolitach. Istotną rolę odgrywają też wahania ilości i rodzaju wapiennego mułu organogenicznego unoszonego dzięki ruchliwości wody z dna zbiornika (Logan 1961).

Utwory stromatolitowe rzucają ciekawe światło na środowisko tworzenia się wapieni, w których występują. Powstające współcześnie morskie stromatolity mają zasięg ograniczony w zasadzie do ściśle litoralnej strefy pływów. Powstają w płytkim środowisku morskim oraz sporadycznie na zalewanych okresowo namuliskach powyżej poziomu przypływu (Ginsburg 1955, Logan 1961). P. E. Cloud (1942) dla stromatolitów tworzących się w morzu podaje jako maksymalną granicę głębokość 30 metrów, a dla wód słodkich — 10 metrów, lecz skłonny byłby przyjąć mniejsze głębokości. W swych rozważaniach brał on pod uwagę wpływ przezroczystości i głębokości wody na dostęp światła w ilości wystarczającej dla bujnego rozwoju glonów.

Stromatolity tego typu co znalezione w albie tatrzańskim tworzą się współcześnie na osłoniętych przed burzliwym falowaniem wilgotnych namuliskach najpłytszej części strefy litoralnej. Warto zwrócić uwagę na pewne podobieństwo zoogenicznych wapieni glaukonitowych albo do współczesnych osadów towarzyszących stromatolitom zachodniej Australii (vide Logan 1961). Otóż poniżej poziomu odpływu, a więc poniżej strefy tworzenia się stromatolitów, leży tam na dnie osad złożony głównie z muszli mięczaków i ich okruców, skorupki otwornic oraz mułu wapiennego. Poniżej strefy sedymentacji muszlowców osiada na dnie materiał drobniejszy („microcoquinas”). Jednocześnie drobny osad wymywany z sublitoralnego szelfu, czyli z obszaru nagromadzenia się muszlowców, osiada na dywanach algowych, jest związany przez nici wodorostów i dzięki temu zatrzymywany w strefie pływów.

Skąpa ilość obserwacji dotyczących utworów albskich nie pozwala jeszcze na ściślejsze rekonstrukcje paleogeograficzne. Jednak zarówno natura samych stromatolitów, ostatnio zresztą powszechnie uznawanych

za wskaźniki płytkowodności, jak i charakter towarzyszących im wapieni glaukonitowych zgodnie świadczą, że albskie morze tatrzańskie, w którym one powstały, było bardzo płytkie i ruchliwe. Staje się to zupełnie zrozumiałe, gdy weźmiemy pod uwagę, że bezpośrednio przed albem obszar tatrzański był wynurzony i podlegał erozji subaeralnej (Passendorfer 1930, 1961; Kotański 1959, 1961).

Zakład Petrografii Skał Osadowych
Uniwersytetu Warszawskiego
Warszawa 22, Al. Żwirki i Wigury 6
Warszawa, w styczniu 1964 r.

LITERATURA CYTOWANA

- BLACK M. 1933. The algal sediments of Andros Island, Bahamas. — Roy. Soc. London Phil. Trans., ser. B, vol. 222. London.
- BORZÁ K. & MARTÍNY E. 1962. Výskum glaukonitového vápenca albu Javorovej Doliny v Tatrách. — Geol. Sborn., r. 13, č. 1. Bratislava.
- CLOUD P. E. jun. 1942. Notes on stromatolites. — Amer. J. Sci., vol. 240. New Haven.
- DZUŁYŃSKI S. 1952. Powstanie wapieni skalistych jury krakowskiej (The origin of the Upper Jurassic limestones in the Cracow area). — Roczn. P. T. Geol. (Ann. Soc. Géol. Pol.), t. 21, z. 2. Kraków.
- GIGNOUX M. 1956. Geologia stratygraficzna. Wydawn. Geol. Warszawa.
- GINSBURG R. N. 1955. Recent stromatolitic sediments from South Florida. — J. Paleont., vol. 24, no. 4.
- KORDE K. B. 1950. Mikroskopičeskaja struktura nasloenii stromatolitov i typy sochranosti iskopaemych Cyanophyceae. — Dokl. Akad. Nauk SSSR, nov. ser., t. 71, no. 6.
- KOTAŃSKI Z. 1959. Z zagadnień transgresji albu wierchowego w Tatrach (Some problems about transgression of the high-tatric Albian in the Tatra Mts.). — Przegląd Geol., nr 8. Warszawa.
- 1961. Tektogeneza i rekonstrukcja paleogeografii pasma wierchowego w Tatrach (Tectogénèse et reconstitution de la paléogéographie de la zone haut-tatrique dans les Tatras). — Acta Geol. Pol., vol. 11, nr 2/3. Warszawa.
- LOGAN B. W. 1961. Cryptozoon and associate stromatolites from the Recent, Shark Bay, Western Australia. — J. Geol., vol. 69, no. 5. Chicago.
- MASLOV V. P. 1960. Stromatolity (ich genezis, metod izučenija, svjaz' s facijami i geologičeskoe značenie na primere ordovika Sibirskoj Platformy). — Trudy Geol. Inst. Akad. Nauk SSSR, vyp. 41. Moskva.
- MICHEEV V. I. 1957. Rentgenometričeskij opredelitel mineralov. Gosgeoltechizdat. Moskva.
- PASSENDORFER E. 1930. Studium stratygraficzne i paleontologiczne nad kredą serii wierchowej w Tatrach (Étude stratigraphique et paléontologique du Crétacé de la série hauttatrique dans les Tatras). — Prace P.I.G. (Trav. Serv. Géol. Pol.), t. 2, z. 4. Warszawa.
- 1961. Rozwój paleogeograficzny Tatr (Évolution paléogéographique des Tatras). — Roczn. P.T. Geol. (Ann. Soc. Géol. Pol.), t. 30, z. 4. Kraków.
- RABOWSKI F. 1959. Serie wierchowe w Tatrach Zachodnich (High-Tatric series in the West Tatra Mts.). Opracował i przygotował do druku Z. Kotański pod redakcją S. Sokołowskiego. — Prace I.G. (Trav. Inst. Géol. Pol.), t. 27. Warszawa.

- REZAK R. 1957. Stromatolites of the Belt series in Glacier National Park and vicinity, Montana. — U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., 294-D. Washington.
- RÓZYCKI S. Z. 1938. Stratygrafia i tektonika kredy w okolicach Lelowa — w północno-wschodniej części arkusza „Żarki” (Stratigraphie und Tektonik der Kreideablagerungen der Umgebung von Lelów — südöstlich von Częstochowa). — Spraw. P.I.G. (Bull. Serv. Géol. Pol.), t. 9, z. 2. Warszawa.
- 1953. Górny dogger i dolny malm Jury Krakowsko-Częstochowskiej (Verchnij dogger i niżnij malm Krakowsko-Czenstochovskogo jurskiego krjaża). — Prace I.G. (Trav. Inst. Géol. Pol.), t. 17. Warszawa.
- Rentgenovskie metody opredelenija i kristaličeskoe stroenie mineralov glin. 1955. Sbornik statej. Przekład z angielskiego wydania pod red. G. W. Brindleya. Izd. Innostr. Liter. Moskva.
- SZULCZEWSKI M. 1963. Stromatolity z batonu wierchowego Tatr (Stromatolites from the high-tatric Bathonian of the Tatra Mountains). — Acta Geol. Pol., vol. 13, nr 1. Warszawa.
- TURNAU-MORAWSKA M. 1960. Wapień glaukonitowy z albu Wielkiej Równi w Tatrach (Albian glauconitic limestone of Wielka Równień in the Tatra Mts.). — Ibidem, vol. 10, nr 3.
- 1961. Charakterystyka petrograficzna ordowiku z Mójczy koło Kielc i porównanie z równowiekowymi osadami innych obszarów Polski (Petrographic characteristic of the Święty Krzyż Mountains compared with deposits of identical age from other regions of Poland). — Kwartalnik Geol., t. 5, z. 4. Warszawa.
- VOLOGDIN A. G. 1962. Archeociaty i vodorosli kembrija Bajkalskogo nagor'ja. — Trudy Paleont. Inst. Akad. Nauk SSSR, t. 93. Moskva.

J. NIEGODZISZ

STROMATOLITES FROM THE HIGH-TATRIC ALBIAN OF THE TATRA MOUNTAINS

(Summary)

ABSTRACT: Stromatolitic structures found in the high-tatric Albian are here described. They occur in the zoogenic glauconitic limestones regarded as sediments of the shallow-water and agitated environment.

Stromatolitic structures have been found in the high-tatric Albian glauconitic limestones in Mała Łąka Valley and Kraków gorge, Western Tatra Mts. The stratigraphy of the glauconitic limestones have been elaborated by E. Passendorfer (1930); the results of M. Turnau-Morawska's (1960) petrographic studies concerning these rocks and the petrographic-mineralogical investigations by K. Borzá & E. Martiny (1962) also have been published. The typical zoogenic limestones associated with the stromatolites are bioclastic rocks rich in Foraminifera and Mollusca shells, containing, besides carbonates, chiefly glauconite. Phosphorites, allochthonous quartz, feldspars, rock fragments and pebbles appear in small amounts. M. Turnau-Morawska (1960) observed an intraformational reworking of the sediment and concluded that the limestones had been deposited in a shallow-water and agitated environment. E. Passendorfer (1961) reported wash-outs of the fossils and breaks in sedimentation, and also drew the conclusion that the Albian sea in Tatra Mts. had been "disquiet".

The Polish text of the article contains a detailed description of the high-tatric Albian stromatolites. They occur as flat laminated covers, discrete domes and algal crusts around limestone fragments (oncolites). The stromatolites show distinct lamination, horizontal only in one flat cover, usually forming minute cerebroid convexities or columnar structures. The limy deposit of the laminae is analogous with the finest-grained fractions of the glauconitic limestone. Chamosite occurs locally. Glauconite, always allogenic, rare within the laminated deposit, assembled in interstitions as the other coarser components. The writer also reports remains of problematic Cyanophyceae, which are well visible within zones of ferruginous infiltrations (pl. I—IX).

It is noteworthy that also the stromatolites described by S. Z. Różycki (1938, 1953) from the Callovian of the Częstochowa region and the Turonian of Lelów are connected with breaks in sedimentation and that the facial character of the limestones associated with all these stromatolites shows a high degree of similarity. We may observe an analogous situation in the high-tatric Bathonian in which stromatolites occur. These have been recently described by M. Szulczewski (1963), to whom the writer is sincerely grateful for placing at his disposition the literature on this subject and for his many useful suggestions.

The high-tatric Albian limestones contain a rich fauna of the neritic type (Passendorfer 1960) — numerous thick-valved lamellibranchs and gastropods, also echinoids. On the other hand they contain numerous remains of cephalopods. Shells of the benthonic organisms are preserved perfectly, showing no damage or splittings. In the high-tatric Albian deposits such ammonites as *Hoplites* and *Douvilleiceras*, which are open-sea forms, common in the deep-water facies of the Tethys, are in a bad, fragmentary state of preservation. E. Passendorfer (1930) concluded that they had floated on the waves.

Stromatolitic structures throw a light upon the environment of deposition of limestones associated with them. Recent stromatolites occur in shallow marine environment, in the intertidal zone, and sporadically on intermittently flooded mudflats above high water. Hence the occurrence of the above described stromatolites agrees well with the shallow-water character of the high-tatric Albian limestones. These limestones resemble the Recent deposits associated with stromatolites in Western Australia (Logan 1961).

*Institute of Petrography of Sedimentary Rocks
of the Warsaw University
Warszawa 22, Al. Żwirki i Wigury 6
Warsaw, January 1964*

OBJAŚNIENIA DO PLANSZ I—IX
DESCRIPTION OF PLATES I—IX

PL. I

Fragment pokrywy stromatolitowej spod Ratusza. Negatywowo obraz płytki cienkiej × 6,5

Fragment of a stromatolitic cover found in "Ratusz"; the negative of a thin section × 6,5

PL. II

Fig. 1

Obraz mikroskopowy wycinka kopulastego narostu stromatolitowego z Małej Łąki. Fragment kołupki z wyraźnie „falistym” warstewkowaniem. Widoczne silne zażelazienie części warstewek × 40

Bez analizatora

Microscopic picture of a fragment of a domed stromatolitic crust from Mała Łąka. It shows a distinctly undulatory lamination, and strongly ferrous character of a part of the laminae × 40

Without analyser

Fig. 2

Obraz mikroskopowy wydłużonego fragmentu stromatolitowego znad narostu kopulastego, wzbogaconego w szamozyt × 42

Bez analizatora

Microscopic picture of an elongated stromatolitic fragment from above the domed crust enriched in chamosite × 42

Without analyser

PL. III

Fig. 1

Obraz mikroskopowy fragmentu otoczki onkolitu spod Ratusza. Widoczne wyklinywanie się warstewek × 42

Bez analizatora

Microscopic picture of a fragment of an oncolite crust from Ratusz, showing the thinning out of the laminae × 42

Without analyser

Fig. 2

Ten sam fragment płytki cienkiej przy skrzyżowanych nikolach. Widoczne partie warstewek zbudowane ze słabo zabarwionych substancji izotropowych o złożonym składzie × 42

Nikole skrzyżowane

The same fragment of thin section with crossed nicols, showing parts of laminae consisting of poorly coloured isotropic substances of a complex composition $\times 42$
Crossed nicols

PL. IV

Fig. 1

Jamka w płaskiej pokrywie stromatolitowej z Małej Łąki — wypełniona materiałem „piaszczystym” (widoczne ziarna glaukonitu, fosforytów, kwarcu, szczątki organiczne, itd.) $\times 36$
Bez analizatora

Pit in a flat stromatolitic cover from Mała Łąka filled with sandy material, showing grains of glauconite, phosphorites, quartz, organic remains, etc. $\times 36$
Without analyser

Fig. 2

Jamka w płaskiej pokrywie stromatolitowej z Małej Łąki z wachlarzowatymi mikronarostami stromatolitowymi $\times 42$
Bez analizatora

Pit in a flat stromatolitic cover from Mała Łąka with fan-shaped stromatolitic micro-crusts $\times 42$
Without analyser

PL. V

Fig. 1

Przekrój poprzeczny jamki w płaskiej pokrywie stromatolitowej z Małej Łąki z różnymi, przeważnie nerkowatymi mikronarostami i materiałem „piaszczystym” $\times 40$
Bez analizatora

Cross section of pit in a flat stromatolitic cover from Mała Łąka showing variously shaped but mostly reniform micro-crusts and “sandy” material $\times 40$
Without analyser

Fig. 2

Jak wyżej $\times 40$
Nikole skrzyżowane

Ditto $\times 40$
Crossed nicols

PL. VI

Fig. 1

Problematiczne szczątki sinic na zewnętrznej powierzchni warstewkowanej otoczki onkolitowej spod Ratusza; z lewej strony — przesycone tlenkami żelaza, z prawej — węglanowe

× 36

Bez analizatora

Problematic remains of blue-green algae on the outer side of a laminated oncolite crust from Ratusz; on the left saturated by ferrous oxides, on the right by carbonates

× 36

Without analyser

Fig. 2

Inny fragment otoczki onkolitowej. Widoczne szczątki problematycznych sinic w różnych stadiach przesylenia tlenkami żelaza

× 42

Bez analizatora

Another fragment of an oncolite crust showing remains of problematic blue-green algae in various stages of saturation by ferrous oxides

× 42

Without analyser

PL. VII

Fig. 1

Skupienie problematycznych szczątków sinic, przesyconych tlenkami i wodorotlenkami żelaza, w zoogenicznym wapieniu glaukonitowym z Małej Łąki

× 60

Bez analizatora

Concentration of problematic remains of blue-green algae saturated by ferrous oxides and ferrous hydro-oxides in the zoogenic glauconitic limestone of Mała Łąka

× 60

Without analyser

Fig. 2

Obraz mikroskopowy wapienia organogenicznego stanowiącego rdzeń onkolitu spod Ratusza. W polu widzenia m.in. szczątki szkarłupni i urgońskich orbitolin

× 42

Bez analizatora

Microscopic picture of organogenic limestone representing the core of an oncolite from Ratusz, with remains of echinoids and Urganian orbitolines

× 42

Without analyser

PL. VIII

Fig. 1

Obraz mikroskopowy fragmentu peryferycznej części onkolitu z wachlarzowatymi szczątkami sinic i otaczającego onkolit wapienia z licznymi skorupkami mikroorganizmów i okruchami muszli mięczaków

× 33

Bez analizatora

Microscopic picture of a fragment of the peripheral part of an oncolite with fan-shaped remains of blue-green algae, also of a limestone crust on the oncolite with numerous shells of micro-organisms and of molluscs $\times 33$

Without analyser

Fig. 2

Obraz mikroskopowy wapienia otaczającego onkolit spod Ratusza. Wycinek wzbo-gacony w przekroje kulistych skorupek mikroorganizmów (przypuszczalnie otwornic)

$\times 70$

Bez analizatora

Microscopic picture of limestone crust round the Ratusz oncolite showing sections of globose shells of micro-organisms (probably foraminifers) $\times 70$

Without analyser

PL. IX

Fig. 1

Obraz mikroskopowy zoogenicznego wapienia glaukonitowego z Małej Łąki. Widać liczne skorupki otwornic, drobne fragmenty szczątków szkarłupni i mięczaków oraz nieliczne ziarna glaukonitu $\times 46$

Bez analizatora

Microscopic picture of a zoogenic glauconitic limestone from Mała Łąka showing numerous foraminiferal valves, minute remains of echinoids and molluscs, also a few glauconitic grains $\times 46$

Without analyser

Fig. 2

Wapień albski spod Ratusza. W polu widzenia brak glaukonitu. Widoczne szczątki otwornic, fragmenty skorup mięczaków. Skałę przecinają żyłki kalcytowe $\times 42$

Bez analizatora

Albian limestone from Ratusz lacking glauconite but showing remains of foraminifers, fragmentary shells of molluscs. The rock is intersected by calcite veinlets $\times 42$

Without analyser

Mikrofotografie wykonał J. Niegodzisz
Microphotographs by J. Niegodzisz



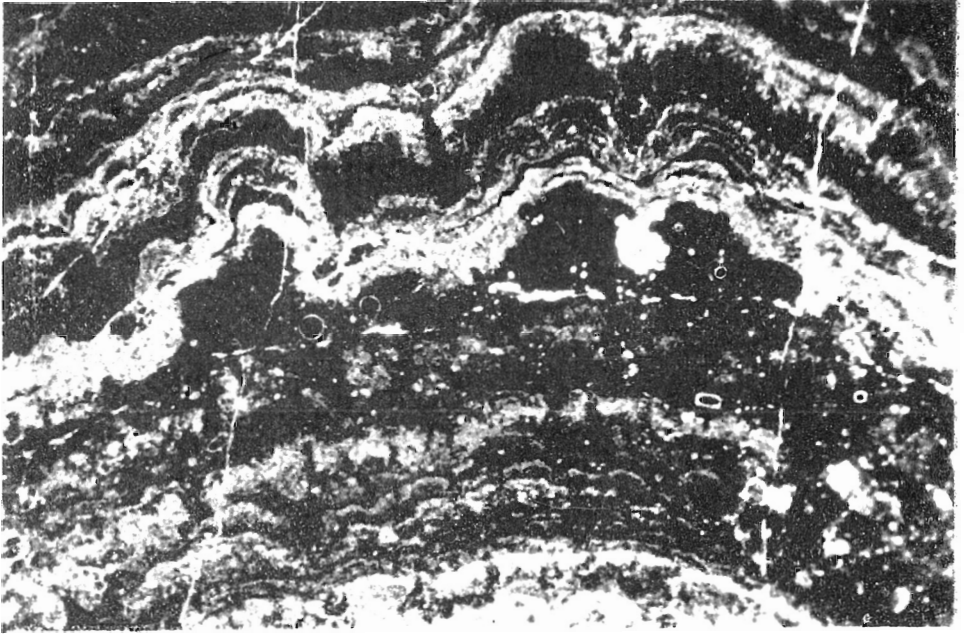


Fig. 1

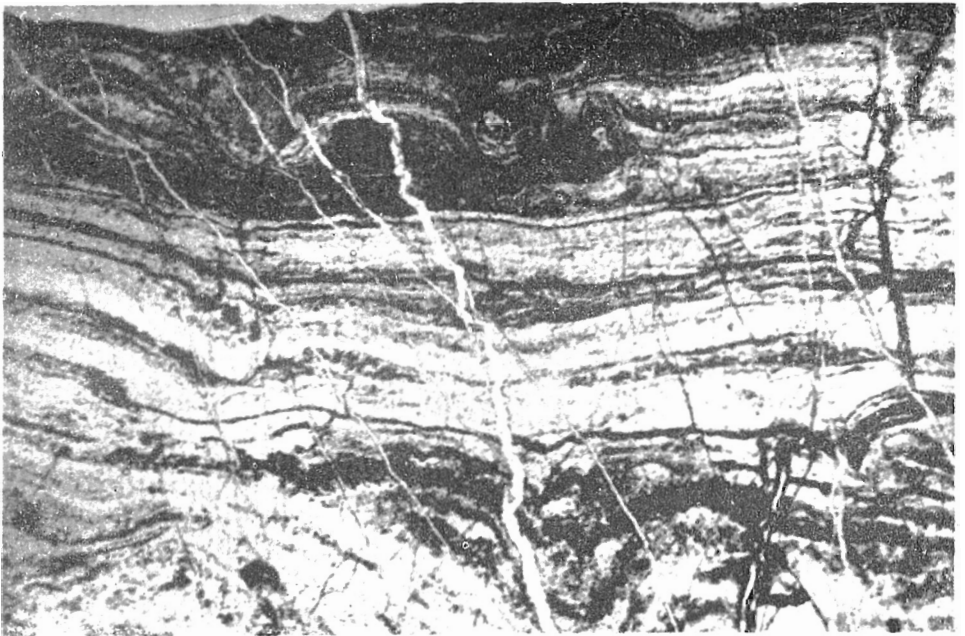


Fig. 2

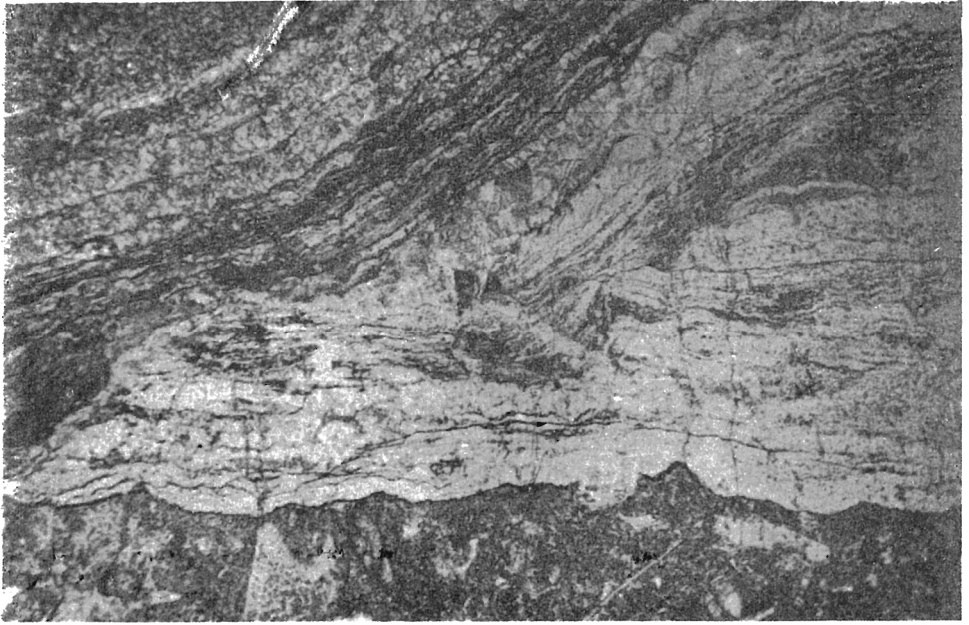


Fig. 1

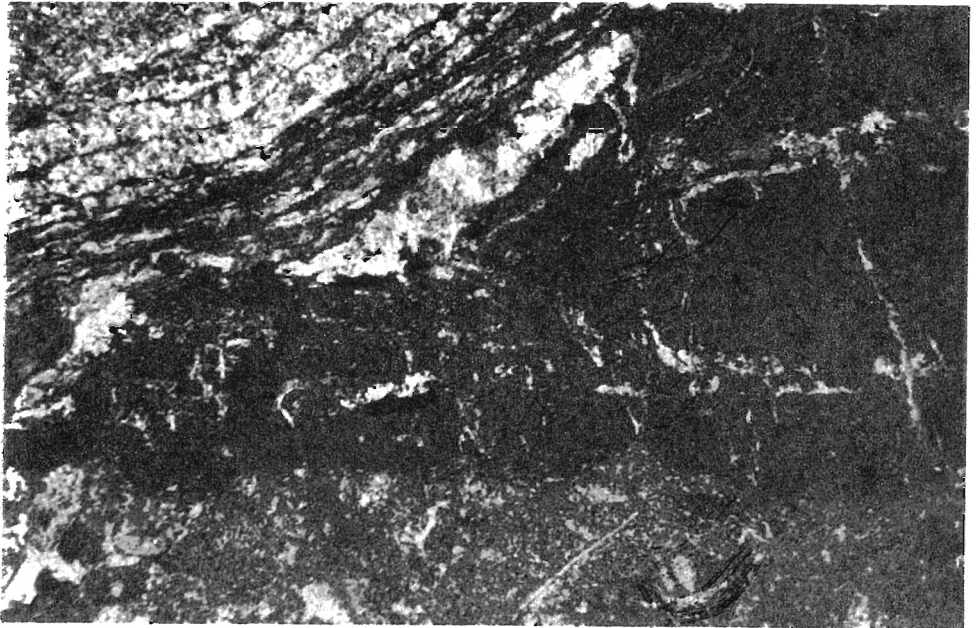


Fig. 2

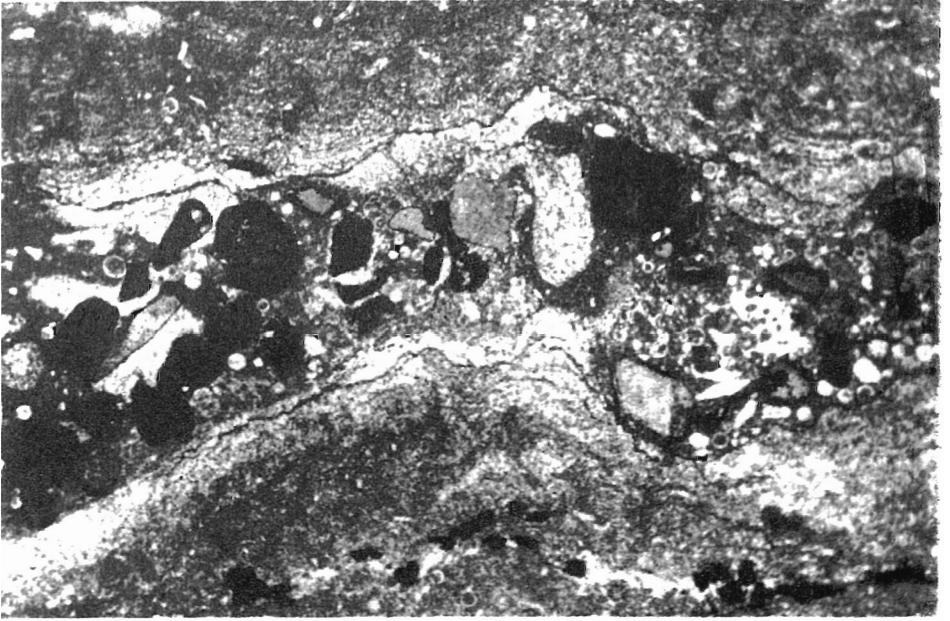


Fig. 1

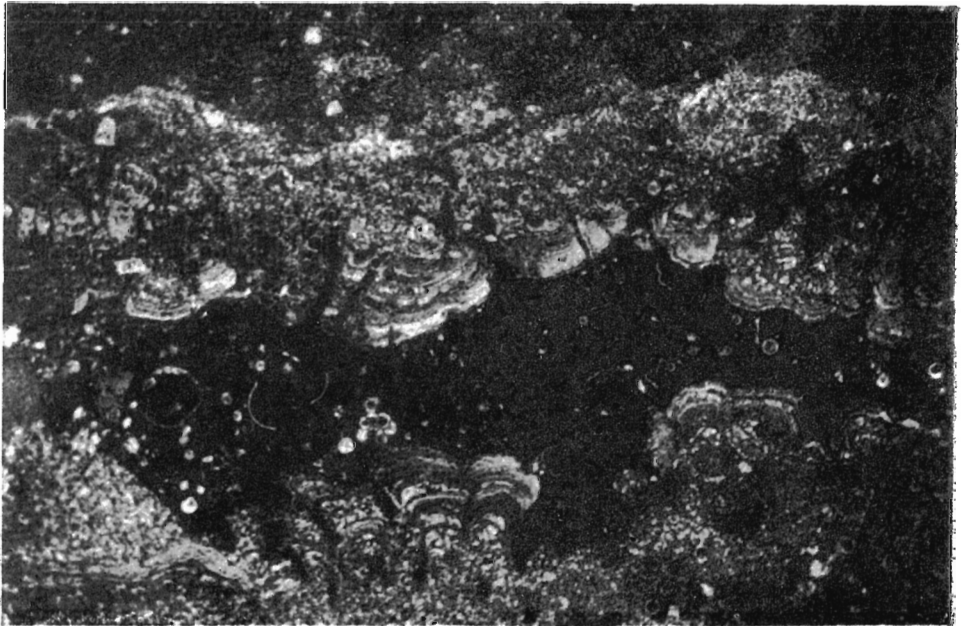


Fig. 2

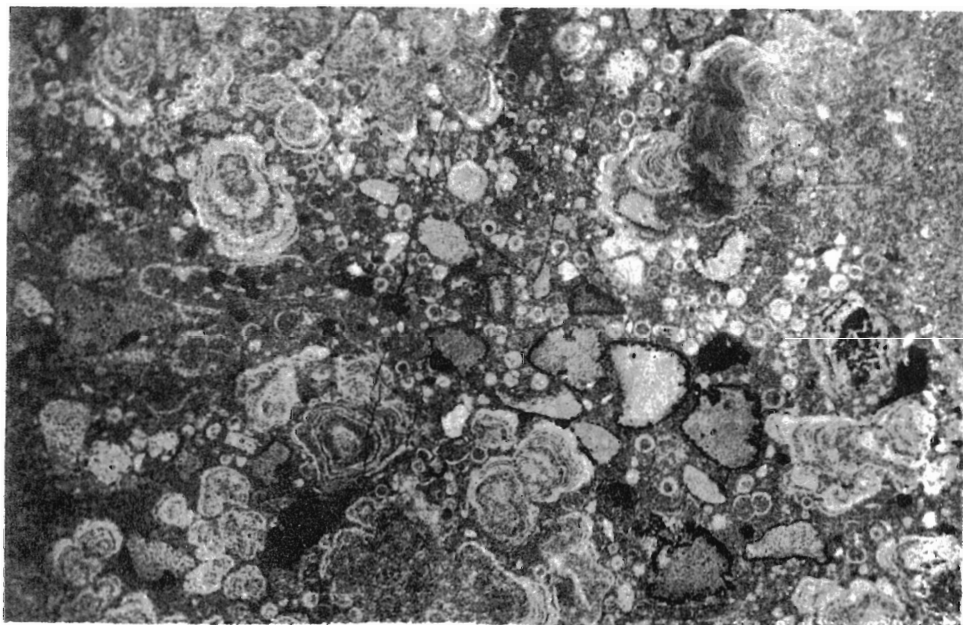


Fig. 1

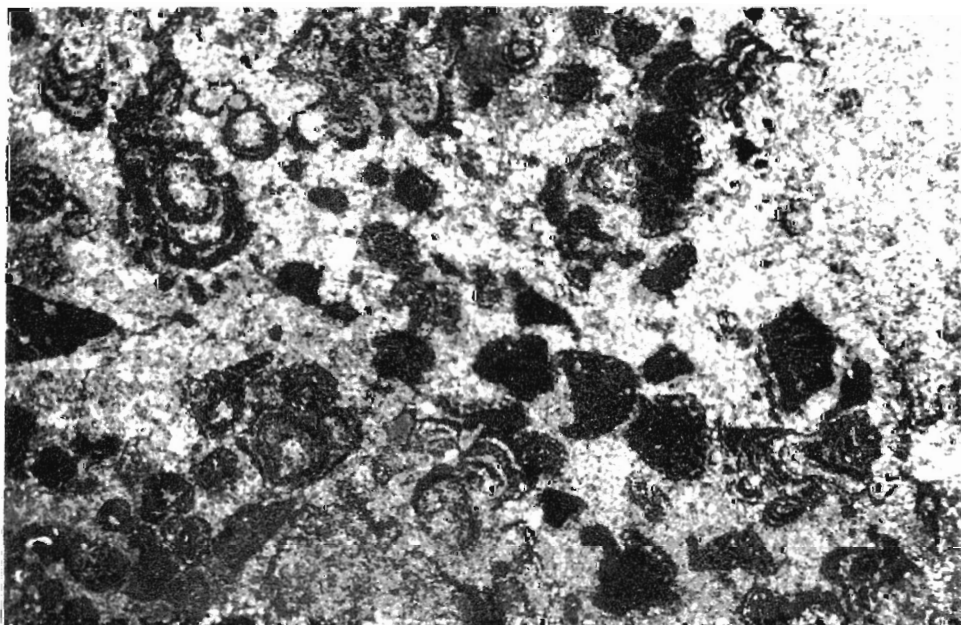


Fig. 2

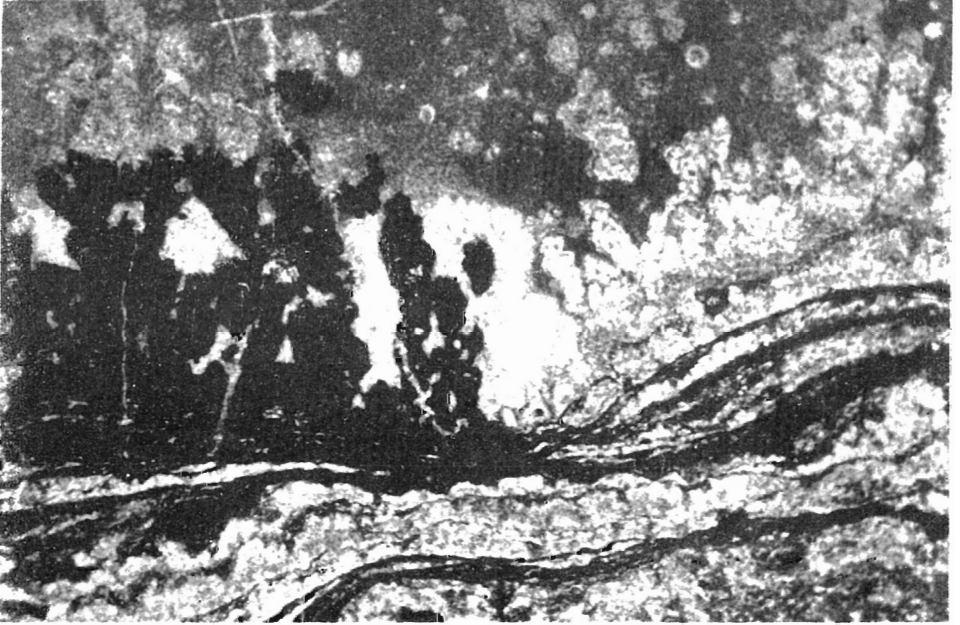


Fig. 1

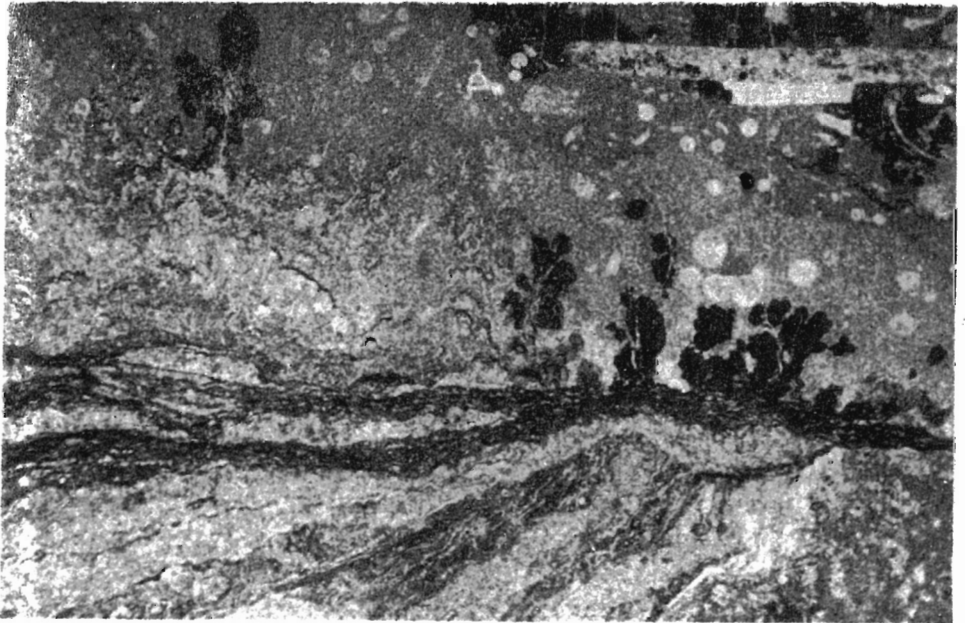


Fig. 2

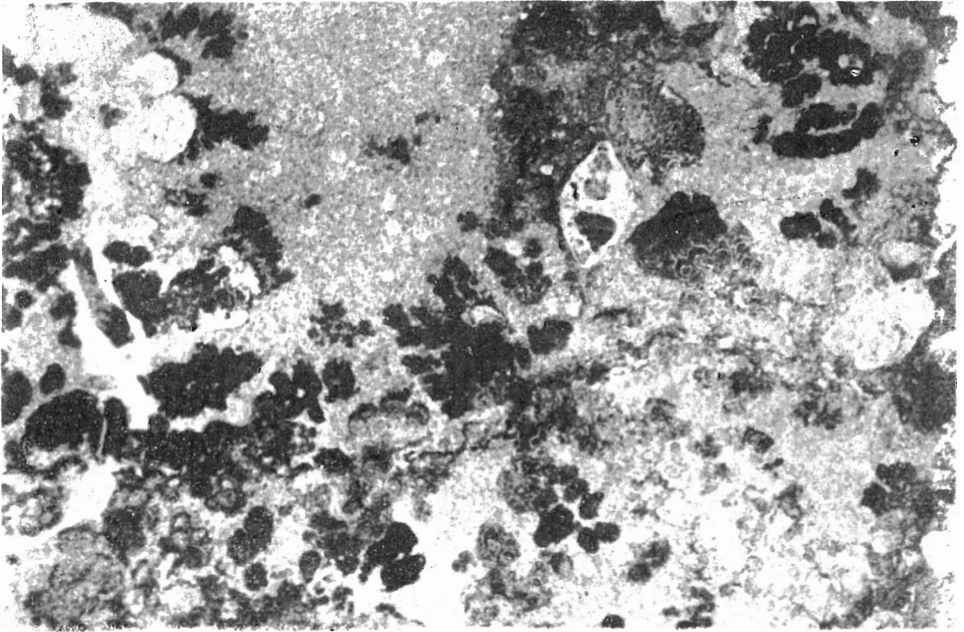


Fig. 1



Fig. 2

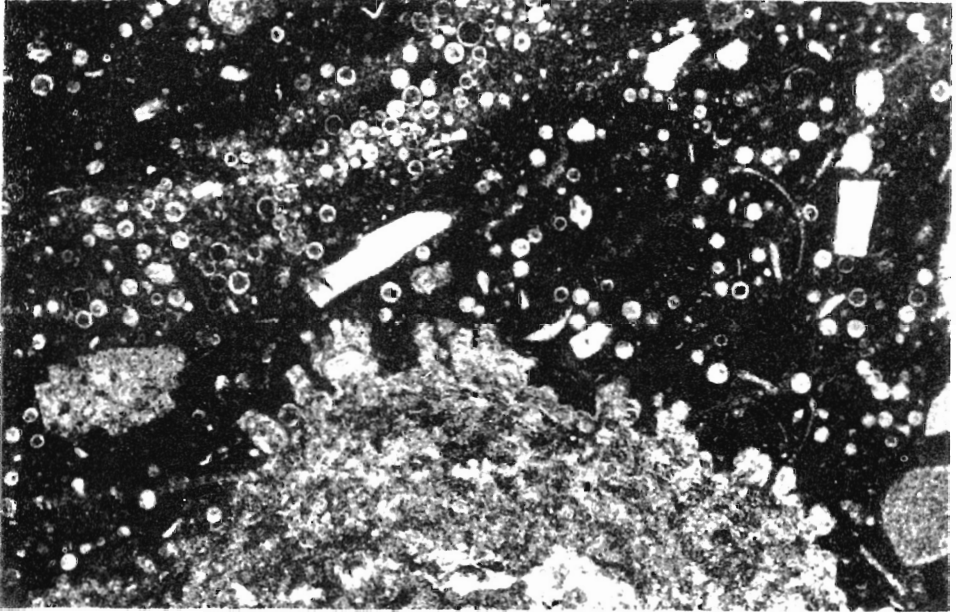


Fig. 1

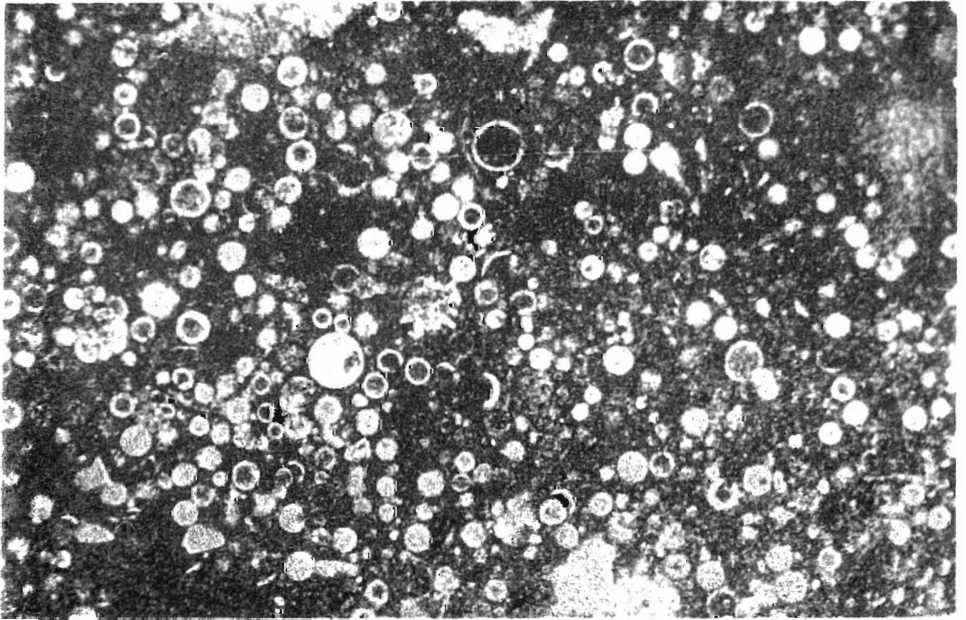


Fig. 2

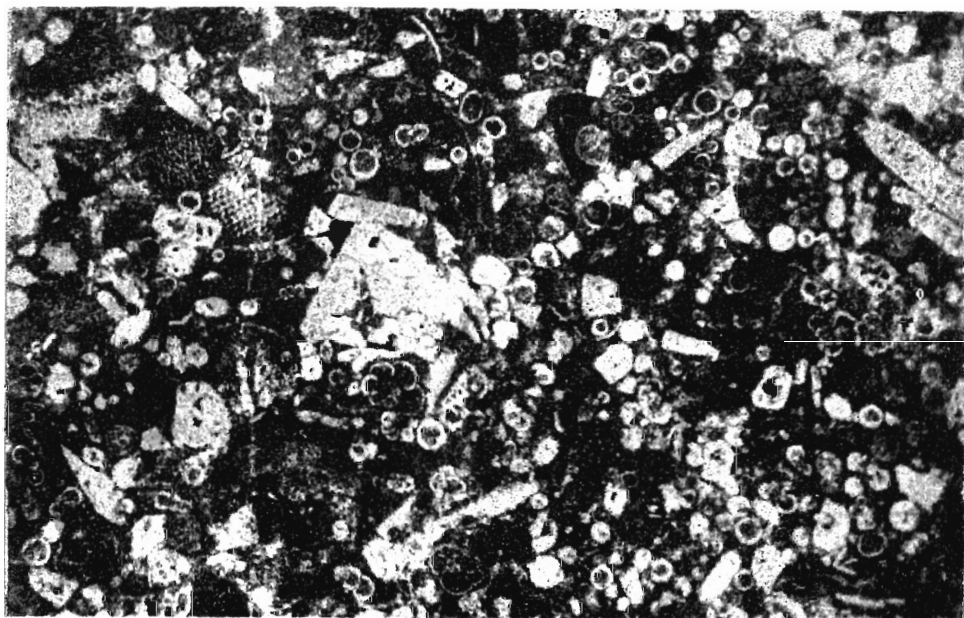


Fig. 1

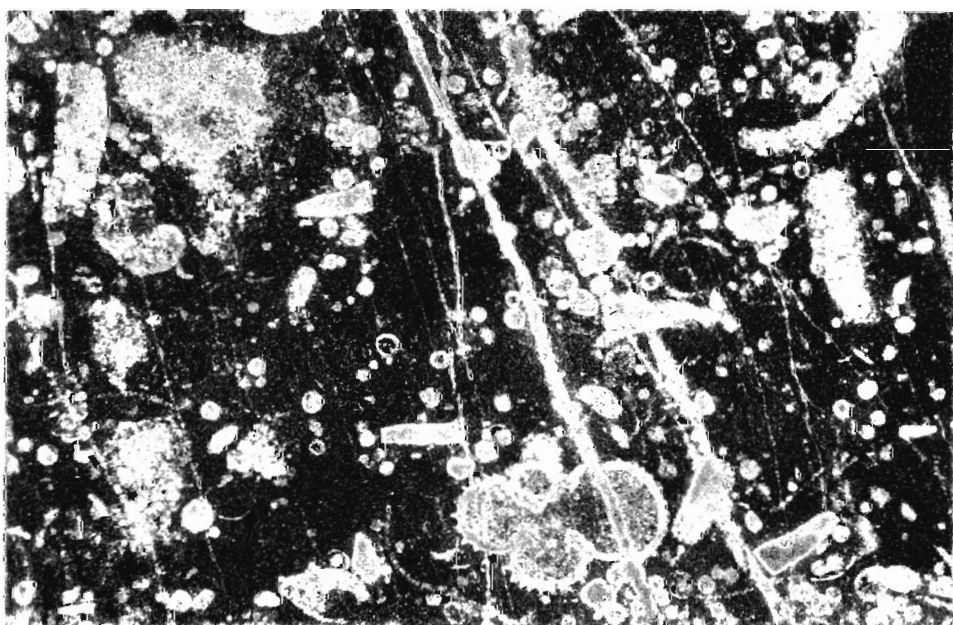
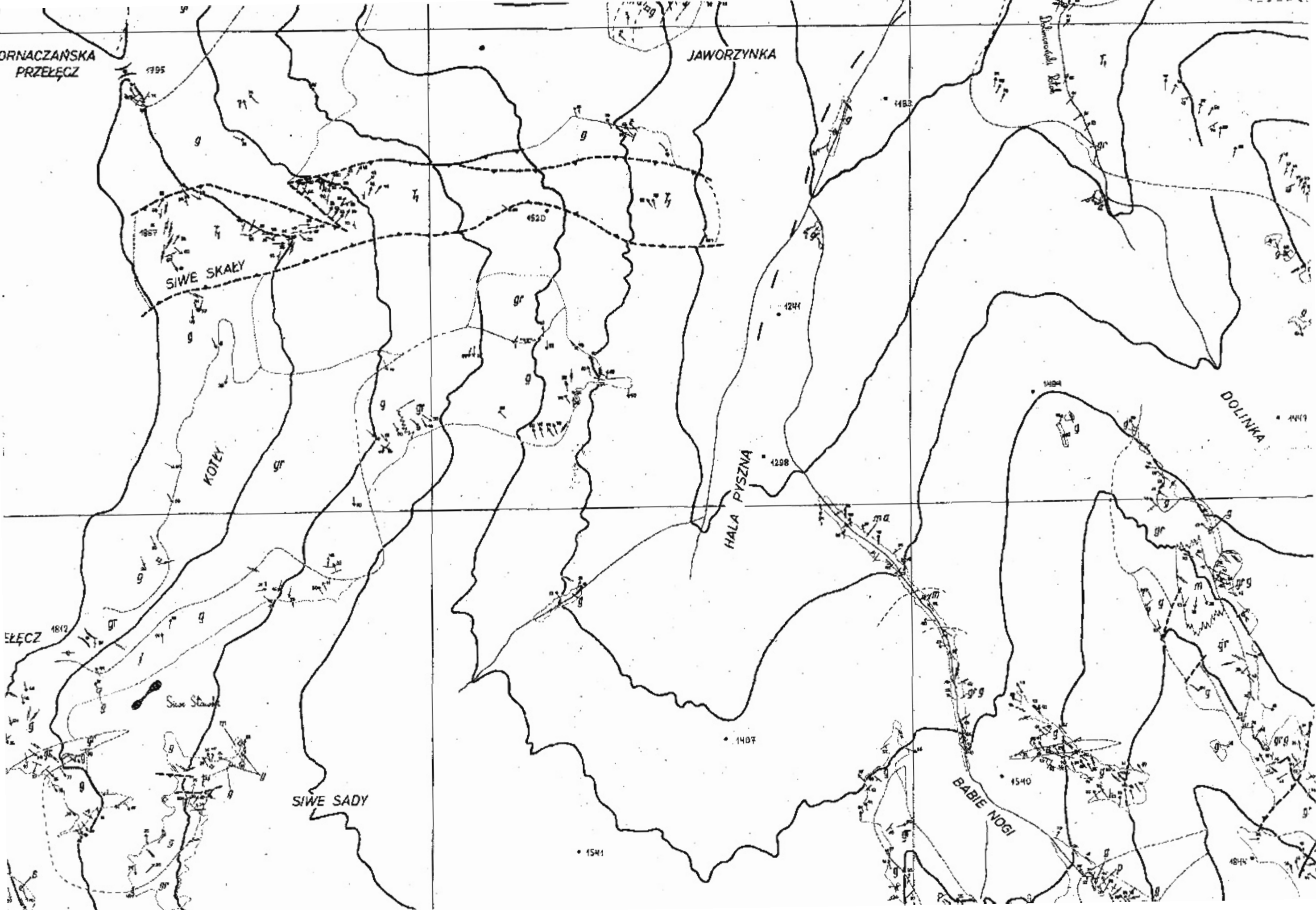
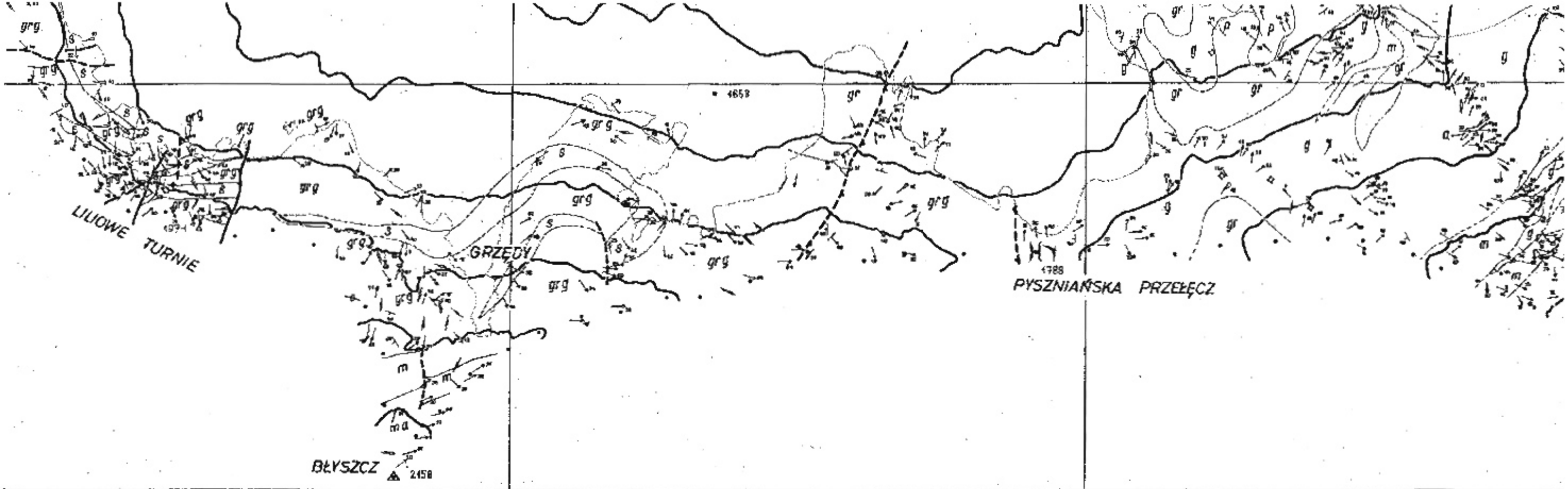
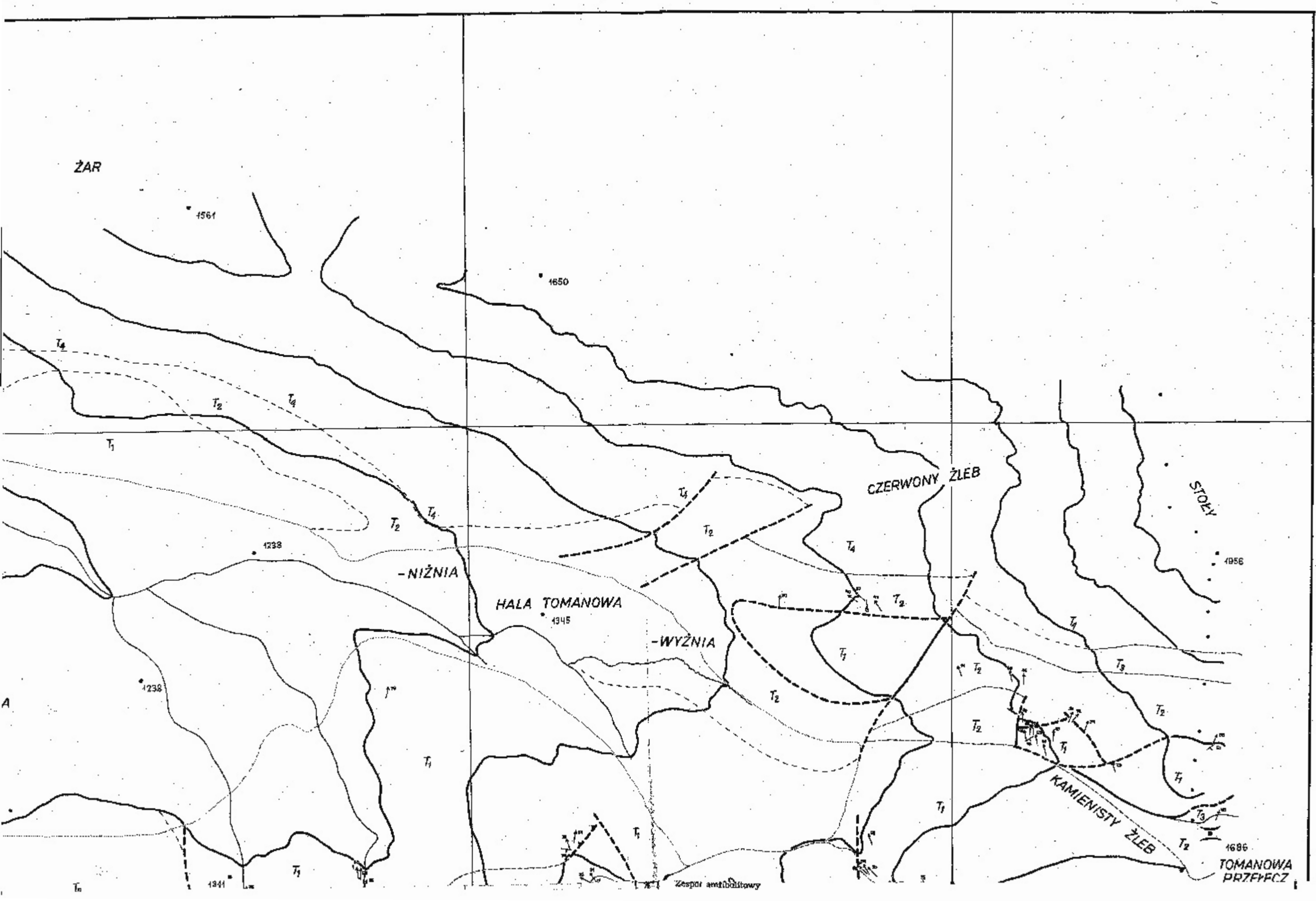
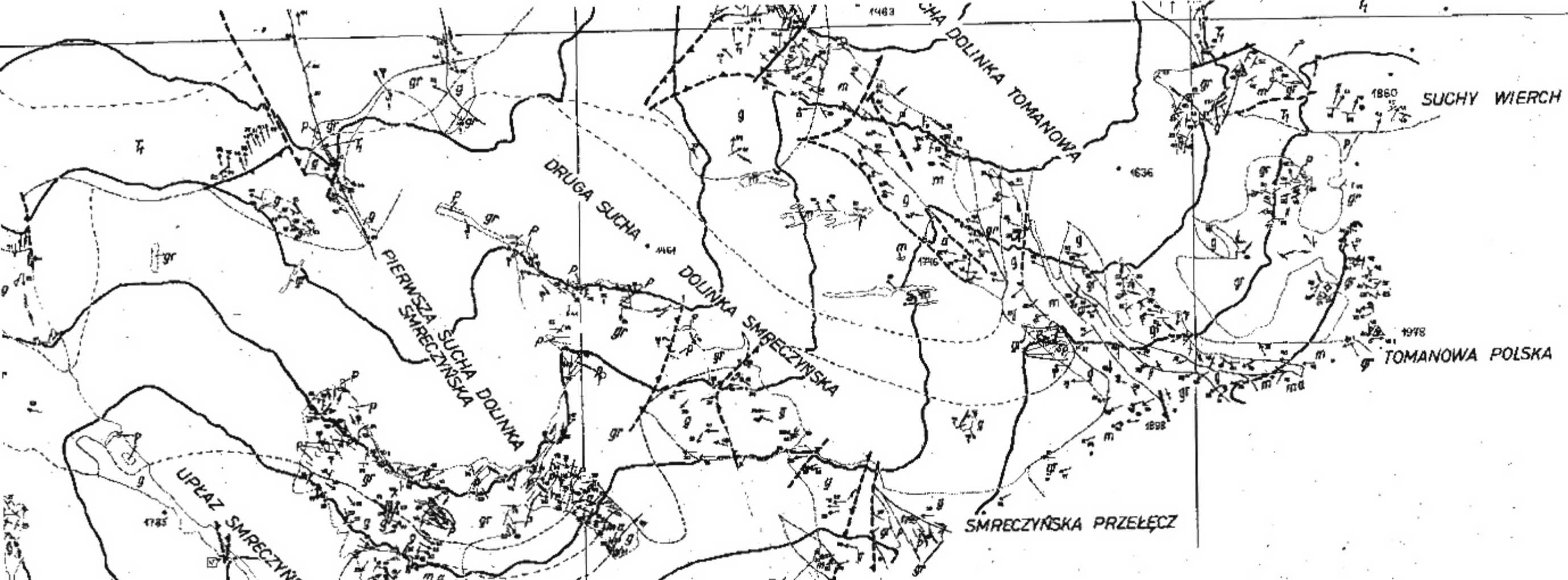


Fig. 2









MAPA GEOLOGICZNA GÓRNEGO PIĘTRA
DOLINY KOŚCIELISKIEJ
GEOLOGIC MAP OF THE UPPER FLOOR OF THE KOŚCIELISKA VALLEY
IN THE TATRA MTS.

TRZEŚĆ OGÓLNOGEOLOGICZNA
GENERAL GEOLOGIC CONTENT

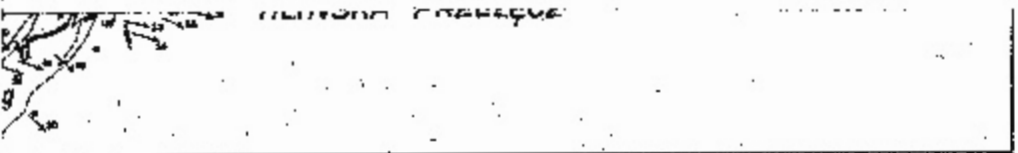
- Otwory osadowe**
Sedimentary rocks
- Utwory młodsze od kambriju
Deposits younger than Cambrian
 - Kambrij
Cambrian
 - Seta wyższe (w środkowej części mapy także kambrij)
Upper sets (also Cambrian in some of areas)
 - Seta niższe
Lower sets
 - Punkt występowania problematycznych utworów permiańskich. Problematic Permian deposits

- Otwory krystaliczne**
Crystalline rocks
- Zespół skał sycytowo-kwarcowych i grafitowych
Complex of mica-quartz and graphite rocks
 - Większe masy pegmatytów, sycytów i skał złóżnych
Larger masses of pegmatites, schists and similar rocks
 - Zespół granitowy
Granitic complex
 - Zespół granitowo-gnejsowy
Granite-gneiss complex
 - Zespół migmatytowy
Migmatite complex
 - Zespół migmatytowo-amfibolitowy
Migmatite-amphibolite complex
 - Zespół gnejsowy
Gneiss complex



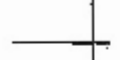
TRZEŚĆ TEKTONICZNA
TECTONIC CONTENT



- Uskok i kierunek ich zrzutu
Faults and direction of their strike
- Przybliżony przebieg intorsyjnej strefy dyslokacyjnej Ornaku
Approximate course of dislocation zone of Ornak
- a Położenie foliacji lub warstw: a nachylenie, b pionowe, c poziome
Arrangement of foliation or beds: a inclined, b vertical, c horizontal
- Położenie foliacji enklaw
Arrangement of foliation of enclaves
- a Położenie pierwotnego ciosu w granitach: a nachylenie, b pionowe, c poziome
Arrangement of primary joint in granites: a inclined, b vertical, c horizontal
- a Położenie linii strukturalnej: a nachylenie, b pionowe, c poziome
Arrangement of linear structure: a inclined, b vertical, c horizontal

2/11/74







TREŚĆ TOPOGRAFICZNA
TOPOGRAPHIC CONTENT


-  Poziornice główne (co 100 m n.p.m.)
Main contour lines (every 100 m a.s.l.)
-  Stopy graniczne
State boundary poles
-  Siatka topograficzna mapy 1:20 000
Topographic net of 1:20 000 map

-  Zespół gnejsowy
Gneissic complex
-  Większe enklawy w granitach
Larger enclaves in granites


Granice
Boundaries

-  Granice geologiczne pewne
Determined geologic boundaries
-  Granice geologiczne prawdopodobne
Probable geologic boundaries
-  Granice geologiczne hipotetyczne
Hypothetic geologic boundaries
-  Granice obszarów odsłoniętych częściowo lub całkowicie
Boundaries of outcrops



-  a Położenie ważniejszych systemów ciosu wtórnego: a nachylna, b pionowa, c pozioma
Arrangement of more important systems of secondary joints: a inclined, b vertical, c horizontal

Azymut rys sliżgowych
Azimuth of fault strikes

-  a Położenie i wykształcenie mikrofałdów i zwichrzek (ektonicznych): kierunek kreski — azymut osi h; położenie sylwetki fałdu na którymś końcu lub w środku kreski — nachylenie tej osi i jego kierunek (a, b, c osie nachylenia, d os pozioma, e os pionowa); cyfra — wielkość tego nachylenia; kształt sylwetki fałdu — symetryczność (lub asymetryczność mikroformy (a, c, d, e formy asymetryczne, b forma symetryczna); położenie sylwetki fałdu po którejś ze stron kreski — wergencja mikroformy (a, b, d wergencja północna, c wergencja południowa, e wergencja wschodnia).

Arrangement and character of microfolds and wrinkles: direction of line — azimuth of h axis; location of fold's silhouette on one of the ends or in the centre of line — inclination of axis and direction of its dip (a, b, c inclined axis, d horizontal axis, e vertical axis); number — angle of dip; form of fold's silhouette — symmetry or asymmetry of microform (a, c, d, e symmetric forms, b asymmetric form); location of fold's silhouette on one of the sides of line — direction sense of microform (a, b, d to the north, c to the south, e to the east).