

Ryszard MICHNIAK, Maria TURNAU-MORAŃSKA

Petrograficzno-sedymentologiczne uwagi o osadach najniższego kambru środkowego biegu rzeki Leny (platforma syberyjska)*

WSTĘP

Dzięki życzliwości Instytutu Geologii Akademii Nauk ZSRR i przy wydajnej pomocy Zakładu Nauk Geologicznych PAN, latem 1970 roku R. Michniak miał możliwość bezpośredniego zapoznania się z parastratotypowym profilem najniższego kambru doliny rzeki Leny we wschodniej Syberii. Jest to profil budzący wielkie ogólnoświatowe zainteresowanie z powodu niepospolitego bogactwa faunistycznego i wiążących się z nim jedyńych w swoim rodzaju opracowań stratygraficznych. W wyraźnej dysproporcji do badań biostratygraficznych pozostają tu badania petrograficzne. Mając ten fakt na uwadze oraz przekonanie, że mikroskopowa analiza osadów może wyjaśnić lub pomóc w wyjaśnieniu wielu spornych jeszcze zagadnień, zebrano materiał do badań z najniższych poziomów kambru najbardziej reprezentatywnych profili: Małykan, Isit, Żuriński Cypel. Przekonanie powyższe wspierane było wyraźną zachętą i aprobatą geologów radzieckich. Zebrany materiał został opracowany mikroskopowo przez M. Turnau-Morawską, a otrzymane wyniki stanowią przedmiot publikacji.

Dolny kambr platformy syberyjskiej został podzielony na cztery jednostki, którym przypisuje się rangę pięter stratygraficznych. Tommockie piętro ma w całości odpowiadać poziomowi subholmiowemu naszych profili, piętro atdabańskie — poziomowi holmiowemu, piętro botomskie — poziomowi protolenusowemu, a piętro leńskie nie koreluje się z żadnym poziomem profili europejskich. Ten ostatni fakt stanowi specyficzne zagadnienie wymagające osobnego rozwiązania. Przywiezione i opracowane próbki skalne pochodzą z piętra tommockiego i dwóch dolnych poziomów piętra atdabańskiego, czyli obejmują najbardziej dyskusyjny

* Artykuł został oparty na wynikach opracowań materiałów, które Autorzy uzyskali w związku z realizacją umowy zawartej pomiędzy PAN i AN ZSRR na temat badań granicy prekambrium-kambr. W realizacji tej współpracy Instytut Geologiczny jest również ściśle wiązany. Redakcja *Kwartalnika Geologicznego* jest przeświadczona, że opublikowanie materiałów pochodzących z klasycznych dla kambru obszarów Syberii zainteresuje polskich geologów zajmujących się pokrewną tematyką.

i budzący największe zainteresowanie wycinek kambryjskiej historii Ziemi.

Historia badań geologicznych środkowego biegu rzeki Leny sięga ponad stu lat wstecz. Zapoczątkował ją N. G. Mieglicki (1850, *fide* W. W. Chomientowski, L. N. Repina, 1965), znajdując pierwszego na świecie, chociaż mylnie oznaczonego jako *Calamites*, archeocjata, oraz A. L. Czekanowski (1875, *fide* W. W. Chomientowski, L. N. Repina, 1965), który na podstawie trylobitów właściwie już oznaczył dolnokambryjski wiek całej serii. Dalsze wyniki badań dotyczące tych rozległych i raczej monotonicznych osadów uzyskali w 1918 r. A. G. Rzańnicki i w latach 1927—1935 W. A. Obruczew (*fide* W. W. Chomientowski, L. N. Repina, 1965). Istotnym krokiem naprzód w rozpoznaniu tych osadów było wydzielenie, głównie dzięki pracom I. P. Atlasowa (1935) i D. K. Zegebarta (1936), dwóch strukturalno-facjalnych obszarów, wschodniego i zachodniego, oraz wypracowanie dla każdego z nich litologiczno-stratygraficznego schematu. Systematyczne paleontologiczne badania trylobitów były prowadzone w latach 1934—1951 przez E. W. Lermontową, w latach 1950—1960 przez N. W. Pokrowską, Z. A. Żurawlewą i N. P. Suworową (*fide* W. W. Chomientowski, L. N. Repina, 1965). Dotyczyły one głównie wyższych ogniów dolnego kambry i mimo opracowanych bogatych zbiorów skamieniałości nie doprowadziły do wyjaśnienia wszystkich niejasnych i spornych problemów korelacyjnych. W 1950 r. zostały rozpoczęte przez N. A. Archangielską, a w 1957 r. przez K. K. Zieleniewa badania zmierzające do charakterystyki litologicznej profili. Badania te nie opierają się jednak na klasycznych opracowaniach petrograficznych, lecz na próbach litokorelacji kontrowersyjnych odcinków profili. Okres kształtowania się w Europie pojęcia kambry beztrylobitowego wypełniają na Syberii badania I. T. Żurawlewej, W. I. Korszunowa i A. J. Rozanowa (1969). Doprowadzają one do stwierdzenia, że dolną część kambry lepiej charakteryzują archeocjaty niż trylobity, a w części najniższej stanowią jedyne kryteria podziału. W. W. Missarżewski rozpracowuje w tym czasie pozostałą faunę szkieletową, wykorzystując z dużym powodzeniem polskie metody chemicznego preparowania skamieniałości. Dojrzewa wówczas idea piętra tommockiego jako najniższej części kambry dolnego. Sprecyzowana ona została w 1969 roku przez A. J. Rozanowa i W. W. Missarżewskiego (1969) w monograficznym opracowaniu „Tommockie piętro i problem dolnej granicy kambry”. Tommockie piętro określone zostało nie tylko jako najniższa część kambry dolnego, którego dolna granica wyznacza zarazem granicę paleozoik — proterozoik. Wyznacza ono ponadto pierwszy określony etap rozwoju archeocjatyw, a pozostałe grupy organizmów służą jedynie rozdzielaniu poziomów i paralelizacji z innymi profilami. Piętro tommockie wykształcone jest najpełniej w profilach rzeki Aldan opodal osady Tommot. Stratotypowe dla kambry całej Syberii profile doliny Leny odbiegają od wymienionych profili jedynie o tyle, że nie ukazują samego kontaktu z dolomitowym kompleksem judomskim, uważanym za strop proterozoiku.

Wydzielając wschodni i zachodni strukturalno-facjalny obszar platformy syberyjskiej badacze radzieccy nie zawsze byli zgodni co do miejsca, w którym mają one ze sobą kontaktować. Różnice tych obszarów zaznaczają się co prawda wyraźnie w miąższości kambry, która dla ob-

szaru zachodniego jest rzędu 1300 m, a dla obszaru wschodniego nie przekracza 700 m. W obszarze zachodnim spotyka się niemałe, powtarzające się serie solne, których miejsce na wschodzie zajmują utwory biohermowe. Jednak w głównej masie na obu obszarach występują podobne osady węglanowe, leżące płasko i lepiej odsłonięte w pionie niż w poziomie. Różni badacze w różny sposób starają się wytłumaczyć dwudzielność facjalną rozległego, chociaż ogólnie płytkiego syberyjskiego morza kambryjskiego. Według A. K. Bobrowa (A. K. Bobrow, 1960; A. K. Bobrow, P. N. Kołosow, 1968) od tommotianu do dolnego ordowiku, pomiędzy anabarskim archaicznym masywem i ałdańską krystaliczną tarczą, istniał wielki podwodny, miejscami rozczłonkowany wał, który rozdzielał rozwijające się odrębne baseny sedymentacji. Hipoteza ta przyczyniła się do wydzielenia trzeciej przejściowej strefy facjalnej, która mimo niewielkich — w porównaniu do pozostałych stref — rozmiarów nabiera coraz większego znaczenia. W tej strefie znajdują się właśnie najbardziej reprezentatywne dla tommockiego piętra profile: Małykan, Isit i Żurinski Cypel. Dla nadległego piętra atdabańskiego bardziej charakterystyczny jest wschodni obszar facjalny, ale także w strefie przejściowej przynajmniej dwa dolne jego poziomy nie budzą większych stratygraficznych wątpliwości.

Wspomniane ogniwa chronologiczne stanowią łącznie w strefie przejściowej bardzo ciekawe układy, chociażby już dlatego, że wydzielenia biostratygraficzne nie pokrywają się z wydzieleniami litologicznymi.

*

Przedstawione w artykule graficzne schematy (fig. 1) wykreślone zostały zarówno w oparciu o dane zaczerpnięte z literatury (W. W. Chomientowski, L. N. Repina 1965; A. J. Rozanow, W. W. Missarzewski, 1969; I. T. Zurawlewa, N. P. Mieszkowa, W. W. Łuczynina, 1969), szczególnie jeśli chodzi o stratygrafię, jak i o własne obserwacje terenowe. Nie wszystkie polowe oznaczenia petrograficzne okazały się właściwe w świetle późniejszych badań mikroskopowych. Wymagają więc sprostowania, przy czym uwaga ta odnosi się zarówno do graficznej, jak i opisowej charakterystyki profili.

Profil rozpoczynają gruboławicowe szare dolomity i wapienie z pospolitymi biohermami stromatolitowymi. Ławice te są jednak widoczne tylko w odsłonięciu Isit, gdzie obserwujemy jądro słabo zaznaczonej antykliny. Przez analogię z profilami rzeki Ałdan sądzi się, że brakuje tu nie więcej niż 2—3 m kambru do kompleksu judomskiego. Wyżej pojawiają się szare lub zielonkawoszare wapienie płytowe z licznymi przemazami ilastymi, rozpoczynające jedną z ważniejszych na Syberii serii litologicznych, zwaną pstrą serią.

Dwa metry wyżej w profilu, w spagu fioleto-woczerwonych, pozbawionych skamieniałości wapieni gruzełkowatych i kawernowatych przebiega granica poziomów *Aj. sunnaginicus* i *D. regularis*. Pozostałą część tommockiego piętra wypełnia seria pstra (tabl. I, fig. 1). Jest to seria wielobarwna z dominującą barwą rdzawą i znaczną domieszką materiału ilastego. W profilu Isit poziom *D. regularis* rozpoczynają warstwy około 5 m miąższości z wyraźną domieszką materiału piaszczystego i glaukonitu, przepełnione niezwykle bogactwem skamieniałości (tabl. I, fig. 2;

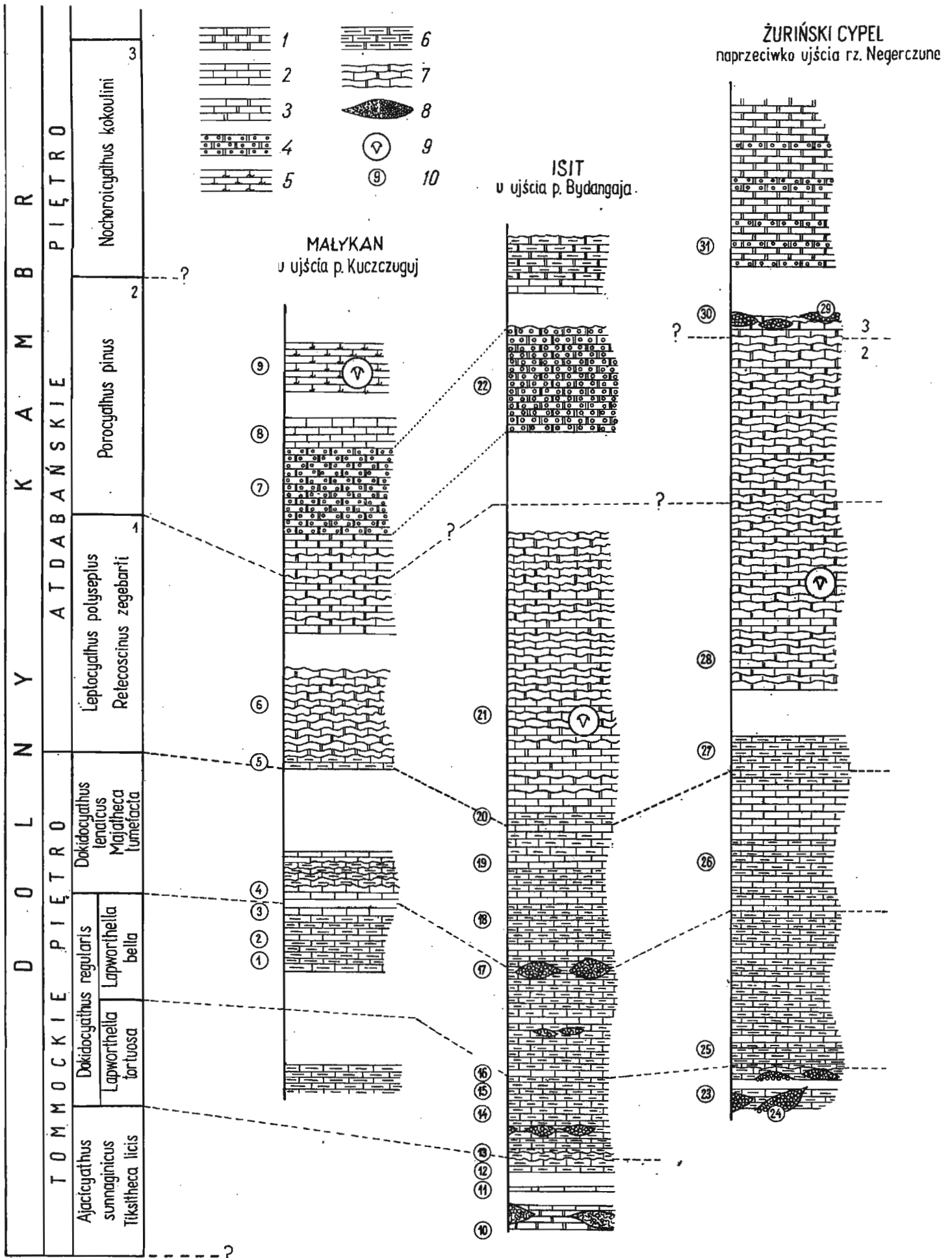


Fig. 1. Schematyczne profile osadów najniższego kambriu z odsłoneń Małykan, Isit, Żuriński Cypel (opracowane na podstawie prac badaczy radzieckich i uzupełnione obserwacjami terenowymi R. Michniaka)

Diagrammatic sections of the lowermost Cambrian deposits at the exposures Malykan, Isit, Żuriński Mys (worked out on the basis of works carried out by Soviet scientists and supplemented by field observations of R. Michniak)

1 - dolomites; 2 - limestones; 3 - partly dolomitized limestones; 4 - oolitic dolomitized limestones; 5 - aggregate limestones; 6 - clay limestones and dolomites; 7 - wave-like stratified limestones and dolomites; 8 - stromatolite and archaeocyathan bioherms; 9 - the first trilobites in the section; 10 - numbers of samples whose microscope description is given in the text

tabl. II, fig. 4) i nazwane lokalnie warstwami chatyńskimi. W całej serii pstrej spotykane są liczne biohermy archeocjatowe (tabl. II, fig. 3), a jej miąższość waha się w następujących granicach: Małykan 74 m, Isit 80 m, Żurinski Cypel 84 m. Nie cała jednak seria należy do tommockiego piętra. Granica z piętrem atdabańskim została wyznaczona na podstawie danych faunistycznych bez uwzględnienia cech litologicznych skał. Jest to chyba najbardziej rzucająca się w oczy niezgodność tego typu w przedstawionych profilach.

Wyżej spoczywa seria falisto warstwowanych, szarych lub żółtawych wapieni i dolomitów, zwana warstwami nochorojskimi. Miąższość ich wynosi: Małykan — 50 m, Isit — 57 m, Żurinski Cypel — 93 m, przy czym w profilu Żurinski Cypel na 68-mym metrze występują różniące się od skał otoczenia wapienie bulaste, uważane za archeocjatowe biostromy. Nochorojskie warstwy w znacznej części wypełniają poziom *L. polyseptus* atdabańskiego piętra, ale i tutaj wyznaczając biostratygraficzną granicę nie liczono się z litologią.

Kolejną serię stanowią tzw. warstwy czurańskie; są to żółte zdolomityzowane wapienie oolitowe. W profilu Małykan ich miąższość stanowi 20 m, w profilu Isit — 25 m; tworzą one wyodrębnione, jednorodne serie. Uważane są za równoległe i wypełniają środkową część poziomu *P. pinus* piętra atdabańskiego. W profilu Żurinski Cypel seria ta nie jest jednorodna, widać tu przewarstwianie się żółtych lub szarych, kawernowatych dolomitów o niejasnej przynależności stratygraficznej.

Na warstwach czurańskich kończy się litologiczna prawidłowość. Wyżej każdy z opisanych profili wykazuje odmienny, indywidualny charakter. W profilu Małykan odsłaniają się zlewne, jasnoszare wapienie, przechodzące w szarobrunatne wapienie zrostkowe. W profilu Isit białe masywne wapienie przechodzą w przewarstwiające się cienkoławicowe dolomity i margle dolomityczne. W profilu Żurinski Cypel zanikają stopniowo osady o strukturze oolitej przechodząc w szare dolomity, nie wykazujące tych struktur.

OPIS MIKROSKOPOWY SKAŁ TOMMOCKIEGO I ATDABAŃSKIEGO PIĘTRA

PROFIL MAŁYKAN

TOMMOCKIE PIĘTRO

Poziom *Dokidocyathus regularis* (warstwy *Lapworthella bella*)

1. Dolomit drobnokrystaliczny, makroskopowo szary, afanitowy, ze smugami i nalotami barwy szarordzawej. Pod mikroskopem widać bezbarwny agregat drobnych ziarn dolomitu, miejscami z rzadka rozsiane są gruzełki barwy rdzawej. Szczątki organiczne są nieliczne, przeważnie zdolomityzowane, o zarysach niewyraźnych, należą one przypuszczalnie do ramienionogów, źle zachowanych fragmentów archeocjatów oraz kalkytowych igieł gąbek.

2. Skała węglanowa nierównoziarnista z gruzełkami ilastymi, makroskopowo jasnoróżowa z białymi nalotami, afanitowa. Pod mikroskopem widać agregat ziarn dolomitu z gniazdami bardziej gruboziarnistego kalcytu. W tych zespołach rozsiane są gruzełki szare, postrzępione, drobnoziarniste, nisko dwójłomne. Szczątki organiczne nieliczne i źle zachowane.

3. Dolomit ilasty, bardzo drobnoziarnisty, afanitowy, szary z plamami rdzawoszarymi. Pod mikroskopem widać zespół bardzo drobnych (poniżej 0,01 mm średnicy) ziarn dolomitu, smugi substancji ilastej o średniej dwójłomności znaczą w płycie cienkiej teksturę równoległą skały. Ze szczątków organicznych zauważono jedynie skorupkę ramienionoga zbudowaną z fosforanów.

Poziom *Dokidocyathus lenaicus* — *Majatheca tumefacta*

4. Dolomit drobnokrystaliczny z wtrąceniami materiału ilasto-mułkowego i gniazdami bardziej grubokrystalicznego kalcytu. Makroskopowo jest to skała jasnoszara, afanitowa, na powierzchni zaznacza się budowa gruzełkowa oraz są ślady szczątków organicznych. Pod mikroskopem widać drobnoziarnisty zespół ziarn dolomitu z bardzo niewyraźnymi strukturami organicznymi. Materiał ilasto-mułkowy zbudowany jest z ziarn kwarcu, kalcytu i brunatnoszarych minerałów ilastych. Tworzy on wtrącenia o grubości do 1 mm, przeważnie pofałdowane i przechodzące w cienkie żyłki o charakterze mikrostylolitów.

ATDABAŃSKIE PIĘTRO

Poziom *Leptocyathus polyseptus* — *Retecoscinus zegebarti*

5. Łupek dolomitowy, kończący w tym profilu pstrą serię, ilasty, smugowany, makroskopowo afanitowy o zmiennym zabarwieniu — od ciemnoszarowiśniowego do jasnowiśniowoszarego. Na powierzchni okazu widać żółtawobiałe naloty oraz niewyraźne ślady szczątków organicznych. Pod mikroskopem widać drobne romboedry dolomitu na tle masy szarej, ilastej, o średniej dwójłomności. Smugowatość skały zaznacza się w zmiennym zabarwieniu niektórych warstewek szarych, przechodzących w kolor brunatnoszary i ułożeniu cienkich warstewek brunatnych, pofałdowanych. W niektórych częściach płytki cienkiej widać wtrącenia mułku zbudowanego z kwarcu detrytycznego i węglanów. Tu i ówdzie pojawiają się gniazda wyraźnie krystalicznego kalcytu o zarysach na ogół nierozpoznawalnych szczątków organicznych, wśród których oznaczalne są jedynie fragmenty archeocjatów.

6. Dolomit drobnokrystaliczny z pirytem, makroskopowo jasny, kremowy z odcieniem żółtawym, na ogół afanitowy, z niewyraźnymi śladami fauny na powierzchni okazu. Pod mikroskopem widać na tle agregatów dolomitu rozsiane, drobne ziarenka pirytu, które miejscami skupiają się w wydłużone soczewki o zarysach reliktowych szczątków organicznych. Widoczne są miejscami wydłużone gniazda kalcytu oraz wtrącenia mułku zbudowanego z kwarcu detrytycznego i węglanów.

Poziom Porocyathus pinus

7. Dolomit średnio- miejscami drobnokrystaliczny ze śladami struktur oolitowych, makroskopowo kremowobiały z odcieniem żółtawym, na niektórych powierzchniach okazy zaznacza się mniej lub więcej wyraźna budowa oolitowa. Pod mikroskopem widać zespół drobnych ziarn dolomitu, które miejscami układają się w kuliste agregaty o zarysach oolitów bez budowy koncentrycznej. Interesująca w płycie cienkiej jest konkrecja krzemionkowa, zbudowana z listewkowatego kwarcu. Konkrecja ma zarys szczątku organicznego zsylikowanego przypuszczalnie przed procesem dolomityzacji (tabl. III, fig. 5). Ziarna dolomitu korodują miejscami krzemionkowy utwór konkrecyjny.

8. Dolomit ze śladami struktur oolitowych i organicznych, makroskopowo jasny, żółtawobiały, afanitowy o strukturze zlewnej. Pod mikroskopem skała ma charakter brekcji diagenetycznej. Drobnodziarniste agregaty dolomitu tkwią wśród zespołów bardziej grubodziarnistych z rozszarpanymi regularnymi romboedrami dolomitu o średnicy około 0,2 mm. Miejscami pojawiają się gniazda kalcytu. Wśród drobnodziarnistych agregatów dolomitu zaznaczają się ślady struktur oolitowych, przy czym oolity mają zatartą zarówno budowę koncentryczną, jak też niewyraźne i zdeformowane zarysy. W innych strukturach dopatrywać się można śladów szczątków organicznych o zarysach wodorostów oraz mszywiolów i ramienionogów.

9. Dolomit krystaliczny bogaty w relikty mocno zatartych struktur organicznych i oolitowych, makroskopowo jasnobrunatnoszary, brekcjowaty. Zespoły ciemniejszej barwy są jakby scementowane białymi agregatami, miejscami widać gniazda bardzo drobnych oolitów. Pod mikroskopem widoczne są zespoły bardzo prawidłowo wykształconych romboedrów dolomitu o średnicy około 0,2 mm (tabl. IV, fig. 8) oraz drobnodziarniste agregaty węglanów o zarysach gałązek wodorostów. Kuliste utwory (o średnicy poniżej 0,2 mm) z szarym jądrem i jaśniejszą obwódką należą do oolitów lub reliktyw szczątków organicznych. Widoczna jest w płycie cienkiej konkrecja krzemionkowa zbudowana z kwarcu o budowie precyzyjnie-promienistej, częściowo skorodowana przez dolomit.

PROFIL ISIT

TOMMOCKIE PIĘTRO

Poziom Ajacicyathus sunnaginicus — Tiksitheca lictis

10. Łupek wapienny z wkładkami dolomitu i wtrąceniami ilasto-żelazistymi, na świeżym przełamie żółtawoszary, afanitowy, na zwietrzałej powierzchni gruzełkowaty z wyróżniającymi się gruzełkami szarymi i rdzawymi. Pod mikroskopem widać naprzemianległe warstewki drobnodziarnistego wapienia i dolomitu, zbudowanego z romboedrów o średnicy około 0,05 mm. Grubość warstewek waha się od 0,5—2,5 mm. Romboedry dolomitu rozproszone są ponadto w warstewkach wapiennych, w których miejscami widać relikty kalcytowych igieł gąbek. Wtrącenia ilasto-żela-

ziste barwy brunatnej są pofałdowane, wyklinowujące się i rozgałęzione, przebiegające na ogół równoległe do warstewkowania.

11. Wapień z soczewkami i warstewkowymi wtrąceniami dolomitu oraz agregatów ilasto-żelazistych, żółtawoszary, afamitowy, z widoczną na powierzchni okazu żółtawą skorupą, porowatą, drobnoziarnistą. Pod mikroskopem widać, że wtrącenia dolomitu są bardzo nieznaczne, a w warstwach wapiennych występują w gniazdach gruboziarniste zespoły kalcytu. Na brzegu płytki cienkiej widać skorupę drobnoziarnistego kalcytu z pofałdowanymi smugami żelazistymi, przy czym obraz ten przypomina swym charakterem element stromatolitu. W stropie skorupy występuje drobnoziarnisty materiał detrytyczny, zbudowany z kalcytu i kwarcu.

12. Wapień drobnoziarnisty z wtrąceniami ilasto-żelazistymi, makroskopowo plamisty, miejscami szary z odcieniem rdzawym, miejscami wiśniowoszary z jaśniejszymi plamami o charakterze ostrokrawędzistych okruchów o średnicy do 1 cm. Na niektórych powierzchniach okazu zaznacza się struktura gruzelkowata. Pod mikroskopem w przeważającej części płytki cienkiej widać drobnoziarnisty zespół ziarn kalcytu z rozproszonym pyłem brunatnym, z rzadko pojawiającymi się drobnymi ziarnami kwarcu, poprzecinany cienkimi, pofałdowanymi smugami barwy brunatnoszarej o charakterze mikrostylolitów. W innych częściach płytki cienkiej widać fragmenty ostrokrawędziste, zbudowane z bardziej grubokrystalicznego kalcytu, często z obwódką mikrostylolitu. Ten charakter skały świadczy o jej przeróbce w ruchliwym środowisku sedymentacji.

Poziom Dokidocyathus regularis
(warstwy *Lapworthella tortuosa*)

13. Wapień drobnoziarnisty piaszczysty z glaukonitem i bogatą fauną ramienionogów, makroskopowo plamisty, miejscami szary, miejscami wiśniowoszary z gniazdami barwy szarozielonej. Na powierzchni okazu widać miejscami wydrążenia o przekroju kolistym do 1 cm średnicy. Pod mikroskopem widać, że wśród masy drobnoziarnistego wapienia z rozszanymi brunatnymi pyłkami występują wtrącenia ostrokrawędzistych okruchów zbudowane z romboedrów dolomitu, podrzędnie kwarcu, znacznie większych od kwarcu ziarn glaukonitu i fosforanowych skorupki ramienionogów. Ziarna glaukonitu o średnicy osiągającej 0,7 mm mają niewątpliwie charakter autochtoniczny, ich kształty są amebowate i wielopłatowe, (tabl. I, fig. 2). Są barwy bladozielonej i często przerastane węglanami. Oprócz okruchów z glaukonitem widać w płycie cienkiej łupki syderytowe o teksturze równoległej.

14. Wapień żelazisty bogaty w szczątki organiczne, makroskopowo barwy dość jednostajnie ciemnowiśniowej, z rzadka rozsiiane są białe plamki. Pod mikroskopem widać, że pył żelazisty zążebia się z drobnymi ziarnami kalcytu. Szczątki fauny (ślímaki, ramienionogi) są zbudowane z nieco bardziej gruboziarnistego i bezbarwnego kalcytu. (tabl. II, fig. 4). Mogły one zostać włączone do osadu z odmiennego środowiska i zasypane mułem wapienno-żelazistym. Rzadki bladozielony glaukonit zachowany jest najczęściej we wnętrzu szczątków organicznych. W niektórych częściach płytki cienkiej widoczne są wtrącenia czerwonych łupków z przewagą tlenków żelaza nad węglanami.

14a. Drugi okaz z tego samego poziomu. Łupek węglanowo-żelazisty, makroskopowo różnie wykształcony, miejscami jednostajnie wiśniowy z oddzielnością płytkową, miejscami bardziej masywny i barwy jaśniejszej. Pod mikroskopem widać, że skała ma charakter detrytyczny, ostrokrawędziste ziarna kalcytu scementowane są wiśniowym pyłem żelazistym, a drobną domieszkę stanowi kwarc. Szczątki organiczne są źle zachowane, spotyka się fosforanowe szczątki ramienionogów. Glaukonit pojawia się w nielicznych ziarnach (do 1 mm średnicy) kulistych lub soczewkowatych o cechach autochtonicznych.

15. Łupek węglanowo-żelazisty, makroskopowo barwy jednostajnie szarowiśniowej, na powierzchni okazu widać przeciekowate utwory rozmieszczone bezładnie. Pod mikroskopem widać naprzemianległe warstewki o różnym odcieniu barwy ceglastej, zróżnicowane pod względem wielkości ziarna i zmiennej domieszki mułku kwarcowego. W obrazie mikroskopowym zauważyć można ponadto bezładnie rozrzucone okruchy barwy rdzawej wskazujące na niespokojne warunki sedymentacji.

16. Wapień drobnokrystaliczny, makroskopowo jasny, żółtawoszary, afanitowy, z rzadkimi białymi plamkami i nierównościami na powierzchni okazu. W obrazie mikroskopowym ukazują się drobno- i równoziarnisty wapień z fragmentami archeocjatów, których relikty zbudowane są z bardziej grubokrystalicznego kalcytu. Płytką cienką przeciętą jest pofałdowaną, cienką, czarną żyłką o charakterze mikrostylolitu.

(warstwy *Lapworthella bella*)

17. Wapień żelazisty typu biohermy z archeocjatami, makroskopowo o strukturze wyraźnie organicznej. Pod względem mineralogicznym jest to splot agregatów białego kalcytu o wyraźnie krystalicznej budowie oraz agregatów wiśniowoszarych, bardziej zbitych. Pod mikroskopem widać, że części żelaziste stanowią rodzaj spoiwa szczątków organicznych, zbudowanych z prawie czystego kalcytu. (tabl. II, fig. 3). Spoiwo to ma charakter drobnookruchowego mułowca i zawiera skąpy pelit kwarcowy. Wśród szczątków organicznych rozpoznać można archeocjaty, mszywiolę, otwornice i wodorosty. Zewnętrzna część reliktyw archeocjatów zbudowana jest z szarego afanitowego kalcytu, a wewnątrz z czystego gruboziarnistego kalcytu. Podobnie w szczątkach mszywiolów oczka wypełnione są grubokrystalicznym kalcytem, obwódki komórek są szare i zbite. Widoczne w płycie ciennej stromatolity wiążą tu i ówdzie rdzawy materiał okruchowy.

Poziom *Dikidocyathus lenaicus* — *Majatheca tumefacta*

18. Łupek węglanowy ilasto-żelazisty, makroskopowo na ogół jednostajnie szarowiśniowy, afanitowy, tu i ówdzie pojawiają się jasne, owalne plamki. Pod mikroskopem widać, że skała ma charakter mułowca detrytycznego z gruzełkami tlenków żelaza i rzadkimi ziarnami kwarcu. Tekstura smugowana zaznaczona jest naprzemianległością warstewek bogatszych i uboższych w tlenki żelaza. Wśród szczątków organicznych rozpoznać można fosforanowe skorupki ramienionogów oraz kalcytowe igły gąbek.

19. Łupek węglanowy czysty, makroskopowo jasnoszary, zwięzły, afanitowy. Pod mikroskopem widać jednostajny zespół ziarn kalcytu o średnicy około 0,03 mm, ułożonych dłuższymi osiami równolegle, oraz słabo zaznaczające się smugi bezbarwnych minerałów ilastych o średniej dwój-
łomności.

ATDABAŃSKIE PIĘTRO

Poziom *Leptocyathus polyseptus* — *Retecoscinus zegebarti*

20. Skała wapienno-dolomityczna, makroskopowo wiśniowoszara, afanitowa, z wtrąceniami agregatów żółtawoszarych; swym charakterem litologicznym zamyka ona serię pstrą. Pod mikroskopem widać na tle masy wapiennej zawierającej domieszkę materiału ilasto-żelazistego regularne romboedry dolomitu o średnicy około 0,05 mm. W płytce cienkiej rozsiany jest pelit kwarcowy. Rozpoznawalnych szczątków organicznych brak.

21. Wapień dolomityczny z pirytem, makroskopowo jasnoszary, afanitowy, z widocznymi na powierzchni śladami struktur organicznych. Pod mikroskopem widać agregaty drobno- i równoziarnistego kalcytu oraz z rzadka rozsiane romboedry dolomitu. Piryt skupia się w wydłużonych kuleczkowatych łańcuszkach towarzyszących szczątkom organicznym, wśród których rozpoznać można otwornice.

Poziom *Porocyathus pinus*

22. Wapień oolitowy, częściowo zdolomityzowany, makroskopowo jasnokremowobiały, z wyraźną budową oolitową na zwietrzałej powierzchni okazu. Pod mikroskopem widać gęsto ułożone oolity o przeciętnej średnicy około 0,3 mm, scementowane bardzo czystym, wyraźnie krystalicznym kalcytem. Oolity mają mniej lub więcej zatartą budowę koncentryczną, a jest ona całkowicie zatarta, gdy oolit jest zbudowany wyłącznie z ziarn dolomitu (tabl. III, fig. 6). Najczęściej jądro jest kalcytowe, obwódka dolomitowa, czasem widać naprzemianległość kalcytu i dolomitu, wówczas budowa koncentryczna jest bardzo wyraźna. Oolity mają przeważnie formy kuliste, rzadziej elipsoidalne. Szczątków organicznych brak. W śladach występują grudki pirytu.

PROFIL ŻURIŃSKI CYPEL

TOMMOCKIE PIĘTRO

Poziom *Dokidocyathus regularis*
(warstwy *Lapworthella tortuosa*)

23. Łupek węglanowo-żelazisty z mułkiem kwarcowym, makroskopowo jednostajnie ciemnoszarowiśniowy, afanitowy, ze śladami szczątków organicznych na powierzchni okazu. Pod mikroskopem widać, że skała ma charakter detrytyczny, drobne ziarna dolomitu scementowane są pyłem żelazistym i zmieszane z ostrokrawędzistym mułkiem kwarcowym. Tekstura równoległa zaznaczona jest przewarstwianiem się smug bogat-

szych i uboższych w tlenki żelaza. Miejscami widać soczewkowate wtrącenia jaśniejszych agregatów wśród masy bogatszej w tlenki żelaza. Formy kuliste, soczewkowate i wydłużone, wypełnione bardziej grubokryształicznym kalcytem, należą przypuszczalnie do szczątków organicznych nie dających się bliżej określić.

24. Skała węglanowo-żelazista bogata w szczątki organiczne, makroskopowo plamista. Wśród ciemnowiśniowej masy afanitowej widać mlecznobiałe gniazda przybierające tu i owdzie kształty szczątków organicznych. Pod mikroskopem widać na tle drobnoziarnistych agregatów dolomitu i tlenków żelaza wtrącenia bardziej gruboziarnistego kalcytu oraz szczątki archeocytów z zewnętrzną powłoką kalcytową i wnętrzem węglanowo-żelazistym. Prócz archeocytów rozpoznać można w płycie cienkiej: stromatolity, ślimaki, ramienionogi, otwornice, igły gąbek oraz wodorosty. Płytką cienką przeciętą jest cienkimi, pofałdowanymi żyłkami ilasto-żelazistymi.

(warstwy *Lapworthella bella*)

25. Skała węglanowo-żelazista z wtrąceniami silnie żelazistych okruców, makroskopowo szarowiśniowa, na ogół afanitowa, ale na powierzchni okazy rozsiiane są ciemnowiśniowe plamki o kształcie pałeczek, soczewek, pręcików i kuleczek. Pod mikroskopem widać na tle drobnoziarnistej masy dolomitowej większe (do kilku mm średnicy) i mniejsze postrzępione okrucy silnie impregnowane ceglasytami tlenkami żelaza, o kształtach zbliżonych do kulistych lub też wydłużonych łupków ilasto-żelazistych. Nieznaczną domieszkę wśród masy węglanowej stanowi mułek kwarcowy. Rozpoznawalnych szczątków organicznych w płycie cienkiej nie widać.

Poziom *Dokidocyathus lenaicus* — *Majatheca tumefacta*

26. Łupek węglanowo-żelazisty z nieznaczną domieszką mułku kwarcowego, makroskopowo afanitowy, na ogół jednostajnie ciemnoszarowiśniowy, tu i owdzie widać na powierzchni jasnokremowe naloty. Pod mikroskopem na tle agregatów mułku dolomitowego rozproszone są czerwono-brunatne tlenki żelaza. Pojawiają się wtrącenia ostrokrawędzistego mułku kwarcowego. Smugowatość skały zaznaczona jest rozmieszczeniem warstewek bardziej i mniej intensywnie zabarwionych na kolor ceglasty. W niektórych częściach płytki cienkiej widoczne są formy zbudowane z jasnych agregatów kalcytu należące, być może, do szczątków organicznych.

ATDABAŃSKIE PIĘTRO

Poziom *Leptocyathus polyseptus* — *Retecoscinus zegebarti*

27. Łupek węglanowy, należący litologicznie jeszcze do serii pstrej, makroskopowo afanitowy, smugowany; wiśniowoszare smugi przerwane są nieregularnymi wtrąceniami smug jasnoszarych. Pod mikroskopem widać w przeważającej części płytki cienkiej drobnoziarniste agregaty węglanów bezbarwnych, zawierające cieniutkie, pofałdowane warstewki

rdzawe ilasto-żelaziste. W innych częściach płytki cienkiej warstewki zagęszczają się do zespołów jasnordzawych węglanowo-żelazistych. Wśród szczątków organicznych rozpoznać można nieliczne i dość źle zachowane fragmenty archeocjatów, zdarzają się szczątki ramienionogów, otwornicy oraz igieł gąbek. Tekstura równoległa skały zaznaczona jest przebiegiem pofałdowanych warstewek ilasto-żelazistych.

28. Dolomit z pirytem, makroskopowo jasnoszary z nalotami żółtawymi, afanitowy, niewyraźnie smugowany. Pod mikroskopem widać miejscami gęsto skupione romboedry dolomitu, miejscami są one rozproszone na tle bardzo drobnociarnistej masy węglanowej. Piryty, miejscami nieznacznie utleniony, tworzy bardzo wydłużone skupienia ziarenek, które, być może, stanowią relikty rozłożonych szczątków organicznych. Dobrze zachowanych szczątków organicznych w płycie cienkiej nie widać.

Poziom wyższy niż *Porocyathus pinus*
(poziom *Nochorocyathus kokoulini*?)

29. Skała węglanowa z licznymi szczątkami wodorostów, stromatolitów oraz fragmentami archeocjatów, makroskopowo afanitowa, jasnobrunatnoszara z żółtymi nalotami oraz niejednostajnie rozmieszczonymi mlecznobiałymi agregatami o wyglądzie gałązek wodorostów. Pod mikroskopem widać bezbarwny lub szary zespół ziarn węglanów, w którym romboedry dolomitu o średnicy 0,05 mm rozsiane są mniej lub bardziej gęsto na tle masy bardzo drobnociarnistej. Cały ten zespół obficie przepełniony jest szczątkami wodorostów (tabl. IV, fig. 7), mniej liczne są archeocjaty, przeważnie pokruszone, zdarzają się mszywioly oraz stromatolity. Tu i owdzie widać gniazda czystego, dość grubokrystalicznego kalcytu, ponadto rzadkie gniazda pirytu oraz cieniutkie, pofałdowane warstewki ilasto-żelaziste. Widać też okruchy bardziej drobnociarnistych skał węglanowych wśród wyraźniej ziarnistego tła. Z obrazu mikroskopowego wynika, że utwór ma charakter osadu pokruszonego w ruchliwym środowisku sedymentacji.

30. Dolomit drobnokrystaliczny z nielicznymi szczątkami organicznymi, makroskopowo afanitowy, jasny, żółtawoszary z mlecznobiałymi plamami na powierzchni okazy, oraz zgrubieniami od niewyraźnych śladów szczątków organicznych. W płycie cienkiej na tle bezbarwnych drobno i równociarnistych agregatów dolomitu rozsiane są niezbyt gęsto gruzełki pirytu wiążące się często w łańcuszki. Stanowią one, być może, relikty po rozłożonych szczątkach organicznych. Zdarzają się formy zbudowane z kalcytu, a należące przypuszczalnie do szczątków ramienionogów, w jednym przypadku do trylobitu.

31. Dolomit oolitowy o spoiwie wapiennym, makroskopowo jasny, kremowy z odcieniem żółtawym, z dającą się rozpoznać budową oolitową. Pod mikroskopem widać gęsto na ogół ułożone oolity, o średnicy do 1 mm, zbudowane z dobrze wykształconych romboedrów dolomitu o średnicy około 0,1 mm. Miejscami oolity scementwane są kalcytem. Budowa koncentryczna oolitów jest tu i owdzie zachowana, wówczas warstwy koncentryczne rozdzielone są szarą substancją ilastą. Na ogół jednak struktura ta jest zatarta. Szczątków organicznych brak.

LITOKORELACJE I UWAGI O PRZEBIEGU SEDYMENTACJI
ANALIZOWANYCH PROFILI

Najstarsze osady piętra tommockiego (poziom *Ajacyathus sunnaginicus*) odsłaniają się jedynie w profilu Isit. Są to wapienie i łupki wapienne, słabo dolomityczne z domieszką materiału ilasto-mułkowego i okruczków węglanów, świadczące o przeróbce materiału w ruchliwym środowisku sedymentacji. Nie widzimy też w pozostałych profilach odpowiedników piaszczystego wapienia z glaukonitem (próbka nr 13), będącego petrograficznie najciekawszą skałą tommockiego piętra. Na podstawie analizy mikroskopowej można twierdzić, że osad tworzył się nadal w morzu ruchliwym, a ponadto płytkim i niezbyt odległym od lądu o niskim reliefie. Można przypuścić, że pelit ilasto-żelazisty obecny także w skałach niżej leżących ulegał przekształceniu w bardziej zacisznych częściach zbiornika — przy obecności substancji organicznej — w ziarna glaukonitu. Można też sugerować, że scharakteryzowana litologicznie pstra seria, wbrew obserwacjom terenowym, nie rozpoczyna się warstwą z glaukonitem, lecz obejmuje także ławice starsze.

Poziom *Dokidocyathus regularis* odsłonięty jest we wszystkich trzech profilach, chociaż w profilu Małykan jest on niekompletny, brakuje w nim warstw *Lapworthella tortuosa*. W profilu Isit (próbki nr 14, 15 i 16) i w profilu Zuriński Cypel (próbki nr 23 i 24) występują wykazujące dużą analogię słabo dolomityczne wapienie i łupki wapienne bogate w pelit żelazisty, niekiedy mułek kwarcowy i materiał okruczkowy pochodzący z przeróbki osadu w warunkach niespokojnego basenu sedymentacji. Uwagę tę potwierdzają często spotykane pokruszone szczątki archeocjatów. Różnice w charakterze petrograficznym profili zaznaczają się obecnością w profilu Isit agregatów glaukonitu, stopniowo zanikających w warunkach lepiej przewietrzanego zbiornika, a nie spotykanych w odsłonięciu Zuriński Cypel.

Warstwy *Lapworthella bella* poziomu *D. regularis* obserwujemy we wszystkich odsłonięciach, a jednocześnie stwierdzamy ich wyraźne podobieństwo mikroskopowe. Należy podkreślić szczególną analogię między próbka nr 15 z Isit i próbka nr 25 z Zurińskiego Cypla. Są to skały wapienne, bogate we wtórny dolomit i często zasługujące na nazwę dolomitów. Proces dolomityzacji jest tu niewątpliwie procesem diagenetycznym, na co wskazuje zacieranie kształtów szczątków organicznych, wśród których jednak można jeszcze rozpoznać archeocjaty, mszywioly, otwornice, wodorosty, a także stromatolity wiążące materiał okruczkowy. Różnice w składzie mineralnym analizowanych warstw zaznaczają się w próbkach skał nr 1, 2, 3 z Małykanu w porównaniu z ich odpowiednikami w dwu innych profilach. W tych próbkach nie stwierdzono obecności domieszek materiału pochodzącego z lądu.

W poziomie *Dokidocyathus lenaicus* tommockiego piętra zaznacza się nadal wyraźna analogia skał profilu Isit (próbki nr 18 i 19) i profilu Zuriński Cypel (próbka nr 26), w których stwierdza się nadal znaczny dopływ materiału terygenicznego i niespokojne warunki depozycji. Mniej wyraźne jest podobieństwo do utworów profilu Małykan, gdzie również spotyka się wtrącenia materiału ilasto-mułkowego, ale skała jest intensywnie zdolomityzowana i przechodzi w drobnokrystaliczny dolomit.

Wyznaczone w oparciu o szczątki organiczne granice między poziomami *D. regularis* i *D. lenaicus* nie znajdują żadnego odzwierciedlenia w charakterze petrograficznym skał. Uwaga ta odnosi się również do górnej granicy poziomu *D. lenaicus*, która jest jednocześnie granicą między tommockim i atdabańskim piętrzem. Próbkę skalną nr 5 z Małykanu, nr 20 z Isit i nr 27 z Żurinskiego Cypla, jakkolwiek umiejscowione zgodnie z podziałem stratygraficznym w atdabańskim piętrze, petrograficznie łączą się z serią niżejleżą. Próbkę nr 6 z Małykanu, nr 20 z Isit i nr 28 z Żurinskiego Cypla reprezentują natomiast zupełnie odmienny typ skalny. Są to dolomity lub wapienie dolomityczne pozbawione domieszek terygenicznych i powstałe w bardzo spokojnym środowisku sedymentacji. Poziom *Leptocyathus polyseptus*, najniższa część atdabańskiego piętra, stał się więc biostratygraficznym wydzieleniem w którego środku biegnie wyraźna i ostra granica litologiczna, oparta na analizie mikroskopowej. Podobne trudności w prawidłowym stratygraficznym wydzieleniu powtarzają się w poziomie wyższym — *Porocyathus pinus*, gdzie w spągu występują dolomity lub wapienie powstałe w spokojnym zbiorniku, a wyżej skały oolitowe bardziej ruchliwego środowiska.

W poziomie *Porocyathus pinus* piętra atdabańskiego występują w profilu Małykan dolomity o mniej lub więcej zatartej strukturze oolitowej (nr 7, 8, 9), zawierające miejscami konkretje krzemionkowe zbudowane z listewkowatego kwarcu. Podobne są częściowo zdolomityzowane wapienie oolitowe (nr 22) profilu Isit. Natomiast w profilu Żurinski Cypel (nr 29, 30) występują powyżej dolomitów z pirytem utwory kalcytowo-dolomitowe z licznymi szczątkami wodorostów, stromatolitów oraz fragmentami archeocjatów i drobnokrystaliczne dolomity bez struktur oolitowych. Nie widać tu analogii z osadami poziomu *Porocyathus pinus* dwu innych profili, jest to, być może, poziom wyższy — *Nochorocyathus kokoulini*. Dopiero powyżej skał z archeocjatami występują w profilu Żurinski Cypel dolomity oolitowe o spoiwie wapiennym, których analogia petrograficzna z dolomitami oolitowymi poziomu *Porocyathus pinus* jest wątpliwa. Oolity w profilach Małykan i Isit są drobne, o średnicy 0,2—0,3 mm, natomiast średnica oolitów profilu Żurinski Cypel wynosi do 1 mm i więcej; zachowana jest w nich mimo procesów dolomityzacji budowa koncentryczna.

*

Ogólne spostrzeżenia dotyczące warunków sedymentacji w analizowanych osadach kambru są następujące: środowisko sedymentacji było na ogół płytkowodne, nie przekraczające granicy szelfu, o czym świadczy obecność stromatolitów, wodorostów, utworów rafowych, a w wyższych częściach profili utworów oolitowych. W tommockim piętrze i osadach nieco przekraczających granicę piętra atdabańskiego zaznaczył się dopływ materiału ilasto-mułkowego z ładu o niskim reliefie, na którym zachodziło, być może, wietrzenie laterytowe. W obrazach mikroskopowych stwierdzić można zjawiska niespokojnej sedymentacji i częstej przeróbki utworzonego osadu. W wyższej części atdabańskiego piętra warunki sedymentacji stają się bardziej wyrównane, nie zakłócone działaniem prądów morskich ani dopływem materiału terygenicznego. Obecność pirytu wskazuje na gorsze przewietrzanie zbiornika, w którym ulegały

rozkładowi substancje organiczne. Przymuszczać jednak głębokość basenu morskiego w czasie sedymentacji dolnego kambry nie ulegała większym zmianom. Co do klimatu panującego na sąsiednim lądzie, to można by przypuszczać, biorąc pod uwagę wskaźniki wietrzenia laterytowego, że klimat był ciepły. Obecność bioherm archeocjátowych nie potwierdza jednak według M. Gignoux (1950) tego przypuszczenia.

ZAGADNIENIE POWSTAWANIA DOLOMITÓW W ANALIZOWANYCH OSADACH

Dolomity i wapienie dolomityczne stanowią na ogół warstwy znacznej miąższości we wszystkich analizowanych profilach piętra tommockiego i atdabańskiego. W profilu Małykan dolomity występują zarówno w tommockim, jak i atdabańskim piętrze z tym, że dolomity tommockiego piętra zawierają materiał terygeniczny, natomiast dolomity atdabańskiego piętra są czystymi lub prawie czystymi dolomitami. W profilu Isit w piętrze tommockim występują głównie wapienie ilasto-żelaziste, niekiedy z wtrąceniami warstewek dolomitu, a w piętrze atdabańskim przeważają dolomity. Podobnie przedstawia się profil Żurinski Cypel z tym, że zauważyć można niekiedy w wapieniach tommockiego piętra wtrącenia detrytycznego mułku zbudowanego z ziarn dolomitu. Obserwacje mikroskopowe płytek cienkich prowadzą do wniosku, że nie spotyka się tu dolomitów pierwotnych, lecz tylko wapienie wtórnie zdolomityzowane. Świadczą o tym zjawiska stopniowej zmiany struktur organicznych i oolitowych wskutek zastępowania kalcytu przez dolomit. Poza tym charakterystyczne jest częste wykształcenie ziarn dolomitu w prawidłowych romboedrycznych kształtach na tle drobnoziarnistych agregatów kalcytu. Możliwe jest, że proces dolomityzacji zachodził w badanych osadach w kilku lub co najmniej w dwóch etapach. Takie przypuszczenie wynika stąd, że w piętrze tommockim obserwuje się niekiedy agregat detrytycznych ziarn dolomitu, który mógł powstać w czasie kruszenia w zbiorniku wodnym poprzednio już zdolomityzowanych wapieni. Pewne sugestie co do pierwotnego tworzenia się dolomitów oolitowych w profilu Isit i Żurinski Cypel mogą nasunąć się z obserwacji faktu, że oolity zbudowane z dolomitu scementowane są niekiedy spoiwem kalcytowym. Jak jednak podkreśla A. V. Carozzi (1960), proces dolomityzacji oolitów i spoiwa zachodzi od siebie niezależnie i najczęściej oolity jako bogatsze w substancje organiczne są wcześniej zdolomityzowane niż czysty kalcyt spoiwa. Obecność stylolitów, których tworzenie się często jest wynikiem zmian objętości minerałów węglanowych (przejście kalcytu w dolomit), przemawia również za wtórną dolomityzacją osadów.

Jeśli chodzi o przyczyny dolomityzacji w badanych osadach kambry, zawsze trudne do jednoznacznej interpretacji, to można je ująć następująco: Wapienie zawierające pierwotnie już kilkanaście procent $MgCO_3$, tak zwane wapienie magnezowe, łatwiej ulegają dolomityzacji niż wapienie czyste. Wapienie omawianej serii osadowej były przypuszczalnie bogate w glony wapienne, o czym świadczy obecność stromatolitów. Według F. J. Pettijohna (1957) niektóre wapienie algowe zawierają do 24% $MgCO_3$. Przykłady bogatych w magnez wapieni stromatolitowych w tria-

sie alpejskim podaje H. Termier i G. Termier (1963). Warunki środowiska, w których tworzyły się osady analizowanego kambru Syberii, niewątpliwie sprzyjały procesom dolomityzacji. Sedymentacja była płytkowodna, niezbyt oddalona od brzegu, dostatecznie powolna, aby mogły zachodzić procesy przeróbki osadu, obecna była substancja organiczna w dostatecznej ilości oraz następowało stopniowe przejście do środowiska redukcyjnego.

Ścisłe określenie czasu dolomityzacji w stosunku do okresu sedymentacji badanych osadów nie jest możliwe. Opierając się jednak na obserwacji, tu i ówdzie widocznej w płytkach cienkich naprzemianległości warstewek wapiennych i dolomitowych, można przypuścić, że dolomityzacja zachodziła jeszcze w basenie morskim przed wynurzeniem osadu. Proces dolomityzacji w piętrze tommockim był jeszcze niezupełny i przerywany, stawał się bardziej ciągły w piętrze atdabańskim przy spokojniejszej sedymentacji i w bardziej redukcyjnym środowisku.

Analiza petrograficzna wykazała, że proces dolomityzacji był we wszystkich analizowanych profilach intensywny, zachodzący przypuszczalnie w kilku etapach i będący jedną z głównych przyczyn złego zachowania szczątków organicznych, trudno rozpoznawalnych w płytkach cienkich. Proces ten okazuje się bardziej intensywny w profilu Małykan niż Isit i Zurinski Cypel. Stoi to przypuszczalnie w związku z bardziej płytkowodnym środowiskiem sedymentacji osadów tego profilu i, być może, z większym nagromadzeniem glonów wapiennych.

Zakład Nauk Geologicznych PAN
Instytut Geochemii, Mineralogii i Petrografii
Uniwersytetu Warszawskiego
Warszawa, ul. Zwirki i Wigury 93

PIŚMIENNICTWO

- CAROZZI A. V. (1960) — *Microscopic Sedimentary Petrography*. New York and London.
- GIGNOUX M. (1950) — *Géologie Stratigraphique*. Paris.
- PETTIJOHN F. J. (1957) — *Sedimentary Rocks*. New York.
- TERMIER H., TERMIER G. (1963) — *Erosion and Sedimentation*. London, Princeton, New York, New Jersey, Toronto.
- АТЛАСОВ И. П. (1935) — Геологические исследования района Ботомских железорудных месторождений (Якутская АССР). Материалы ЦНИГРИ. Полезные ископаемые. Сб. 2.
- АРХАНГЕЛЬСКАЯ Н. А., ГРИГОРЬЕВ В. Н., ЗЕЛЕНОВ К. К. (1960) — Фацции нижнекембрийских отложений южной и западной окраин Сибирской платформы. Труды Геол. Инст. АН СССР. Выпуск 33. Москва.
- БОБРОВ А. К. (1960) — Геологическое строение Якутской АССР и перспективы газоносности. Труды ВНИГРИ. Выпуск 163, No 5.
- БОБРОВ А. К., КОЛОСОВ П. Н., ВАЛЬКОВ А. К. (1963) — Сопоставление отложений нижнего кембрия восточной и западной фацциальных областей северного

- склона алданского щита. Тектоника, стратиграфия и литология осадочных формаций Якутии. стр. 103—114. Якутск.
- ЖУРАВЛЕВА И. Т., КОРШУНОВ В. И., РОЗАНОВ А. Ю. (1969) — Атдабанский ярус и его обоснование по археоциатам в стратотипическом разрезе. Биостратиграфия и палеонтология нижнего кембрия Сибири и Дальнего Востока. стр. 5—59. Москва.
- ЖУРАВЛЕВА И. Т., МЕШКОВА Н. П., ЛУЧИНИНА В. А. (1969) — Геологический профиль через район стратотипического разреза нижнего кембрия в среднем течении р. Лены. Новосибирск.
- ЗЕГЕБАРТ Д. К. (1936) — К стратиграфии и тектонике древнего палеозоя и мезозоя правобережья р. Лены от устья р. Бирюк до устья р. Сидней и притоков рек Наманы и Бирюка. Бюлл. МОИП. отд. геол. No 14 (3). Москва.
- ЗЕЛЕНОВ К. К. (1957) — Литология нижнекембрийских отложений северного склона Алданского Массива. Труды Геол. Инст. АН СССР. Выпуск 8. Москва.
- РОЗАНОВ А. Ю., МИССАРЖЕВСКИЙ В. В. и др. (1969) — Томмотский ярус и проблема нижней границы кембрия. Труды Геол. Инст. АН СССР. Выпуск 206. Москва.
- ХОМЕНТОВСКИЙ В. В., РЕПИНА Л. Н. (1965) — Нижний кембрий стратотипического разреза Сибири. Москва.

Рышард МИХНЯК, Мария ТУРНАУ-МОРАВСКА

ПЕТРОГРАФИЧЕСКО-СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАМЕЧАНИЯ ОБ ОТЛОЖЕНИЯХ НИЖНЕГО КЕМБРИЯ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ р. ЛЕНЫ (СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА)

Резюме

В 1970 г. Р. Михняк непосредственно познакомился с парастратотипным разрезом низов нижнего кембрия долины реки Лены в восточной Сибири и собрал литологический материал, который до сих пор петрографически не был обработан. Приведенные и изученные образцы пород относятся к томмотскому ярусу и к двум нижним горизонтам атдабанского яруса. Графически представленные (фиг. 1) схемы составленных разрезов опираются на данные геологической советской литературы и дополнены собственными полевыми наблюдениями Р. Михняка. В результате фаунистических означений границы томмотского и атдабанского ярусов ранее определены без учета литологических особенностей отложений.

Одной из основных задач микроскопического анализа тонких плиток породы, произведенного М. Турнау-Моравской, являлась проверка правильности установленных выделений и введение возможных поправок. Этот анализ показал, что отложения нижней части горизонта *Leptocyathus polyseptus* атдабанского яруса согласно их петрографическим особенностям должны быть отнесены еще к томмотскому ярусу. Что касается проблемы корреляции отложений соответствующих друг другу горизонтов в соседних изученных разрезах Малькан, Исить и Журинский мыс, то петрографический анализ показал общую аналогию в образовании пород при некоторой дифференцированности, зависящей от незначительного изменения условий седиментации. Характерные глауконитовые известняки, появляющиеся в разрезе Исить в нижних горизонтах томмотского яруса отсутствуют в других разрезах.

В разрезе Малеыкан не обнаружено примесей терригенного материала, а также более интенсивно зазначился процесс доломитизации. Однако вообще во всех трех разрезах можно отметить сходный характер среды осадконакопления. Эта среда была мелководной, а в томмотском ярусе и в отложениях, несколько перекрывающих границу атдабанского яруса, отмечается приток материала с суши, имеющей низкий рельеф. В более высокой части атдабанского яруса условия седиментации становятся более спокойными, они не нарушаются ни действием морских течений, ни притоком терригенного материала.

Что касается генезиса доломитов, образующих в анализированных разрезах мощные серии, то авторы не отмечают здесь наличия первичных доломитов, залегают только вторично доломитизированные известняки. Об этом свидетельствует факт постепенного изменения органических и оолитовых структур в результате замены кальцита доломитом. Кроме того характерным часто является образование зерен доломита в виде правильных ромбоздров на фоне мелкозернистых агрегатов кальцита. Процесс доломитизации вероятно происходил в несколько этапов перед поднятием осадков над уровнем моря.

Ryszard MICHNIAK, Maria TURNAU-MORAWSKA

**PETROGRAPHIC AND SEDIMENTOLOGIC REMARKS CONCERNING
THE LOWEST CAMBRIAN SEDIMENTS DEPOSITED IN THE MIDDLE
CHANNEL OF THE LENA RIVER
(SIBERIAN PLATFORM)**

Summary

In 1970 R. Michniak carried out field observations on the parastratotypical profile of the lowest Cambrian of the Lena river valley in the western Siberia and collected rock samples which hitherto were not submitted to petrographical studies. Results of thin slide studies performed by M. Turnau-Morawska are presented in this paper. The analysed rock samples derive from the tomotian stage and from the lower zones of the atdabanian stage. The presented scheme of the investigated profiles are based upon data from the russian geologic literature and are supplied by own field observations of R. Michniak. The boundary between the tomotian and atdabanian stage was designated in result of faunistic determinations without taking in account the lithologic character of the sediments.

One of the main purposes of the microscopic analyses of thin slides of these rocks was the verification of the formerly stated stratigraphic divisions and the introducing of eventual corrections. This analysis demonstrated that the sediments of the lower part of the *Leptocyathus polyseptus* zone of the atdabanian stage ought to be after their petrographic character considered as belonging still to the tomotian stage. What concerns the correlation problem of sediments in corresponding zones of the investigated neighbouring profiles: Malykan, Isit and Żurinski Mys — the petrographic analysis demonstrated a general analogy of the rocks with some differences produced by slight environmental changes in the sea. The characteristic glauconitic limestones occurring in the Isit profile in the lower part of the tomotian stage do not appear in the remaining analysed profiles. In the Malykan profile no

admixture of terrigenous material was observed and the dolomitization process was stated as remarkably intensive. However in all three profiles a similar character of environmental conditions could be noted. The marine basin was shallow and in the tommotian stage and in sediments slightly surpassing the boundary of the atdabanian stage a detrital inflow from a land of a low relief could be perceived. In the upper part of the atdabanian stage the sedimentary conditions became more uniform, not disturbed by marine currents or terrigenous inflow.

As to the origin of dolomites which in the analyzed profiles occur in series of remarkable thickness, the authors did not state any presence of primary dolomites, all investigated calcareous rocks belong here to dolomitized limestones. The dolomitization phenomena may be observed in a gradual change of organic and oolitic structures by replacement of calcite by dolomite. Characteristic is moreover the often appearing of dolomite rhombs in a finegrained calcite aggregate. The dolomitization process proceeded probably in several stages and before the emergence of the sediments from the marine basin.

Translated by the authors

TABLICA I

- Fig. 1. *Poziom Dokidocyathus regularis* w profilu Żurinski Cypel.
W potoku u ujścia bezimiennego cieką widać wymyte biohermy.
Zone Dokidocyathus regularis in the Żurinski Mys profile.
In the stream at the mouth of a nameless brook outwashed bioherms may be observed.
- Fig. 2. Wapień piaszczysty z okruchem zbudowanym z dolomitu, kwarcu i fosforanowych skorupiek ramienionogów. Próbką nr 13; bez analizatora, pow. 58 X.
Sandy limestone with a rock fragment composed of dolomite, quartz, glauconite and phosphatic shells of brachiopods; without analyser, X 58



Fig. 1

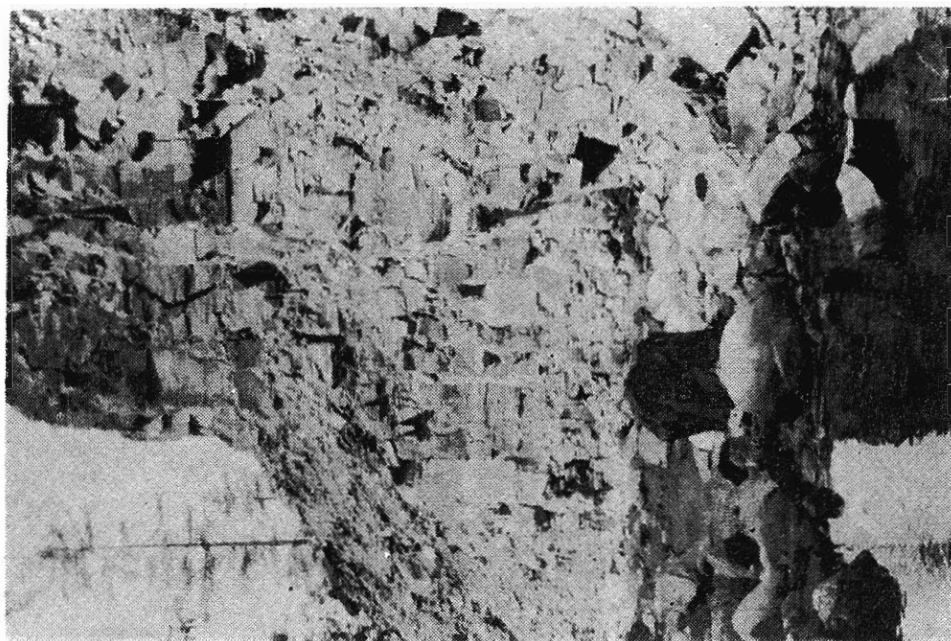


Fig. 2

Ryszard MICHNIAK, Maria TURNAU-MORAWSKA — Petrograficzno-sedymentologiczne uwagi o osadach najniższego kambru środkowego biegu rzeki Leny

TABLICA II

Fig. 3. Bioherma archeocjatowa. Szczątki archeocjatów na tle mułowca węglanowo-żelazistego z pelitem kwarcowym. Próbká nr 17; nikole skrzyżowane, pow. 22 X.

Archeocyate bioherm. Remains of archeocyates in a calcareous ferruginous siltstone with quartz pelite; crossed nicols, X 22

Fig. 4. Wapień żelazisty bogaty w szczątki organiczne ze śladami glaukonitu. Próbká nr 14 z tzw. warstw chatyńskich; bez analizatora, pow. 22 X

Ferriferous limestone with abundant organic remains and traces of glauconite; without analysér, X 22

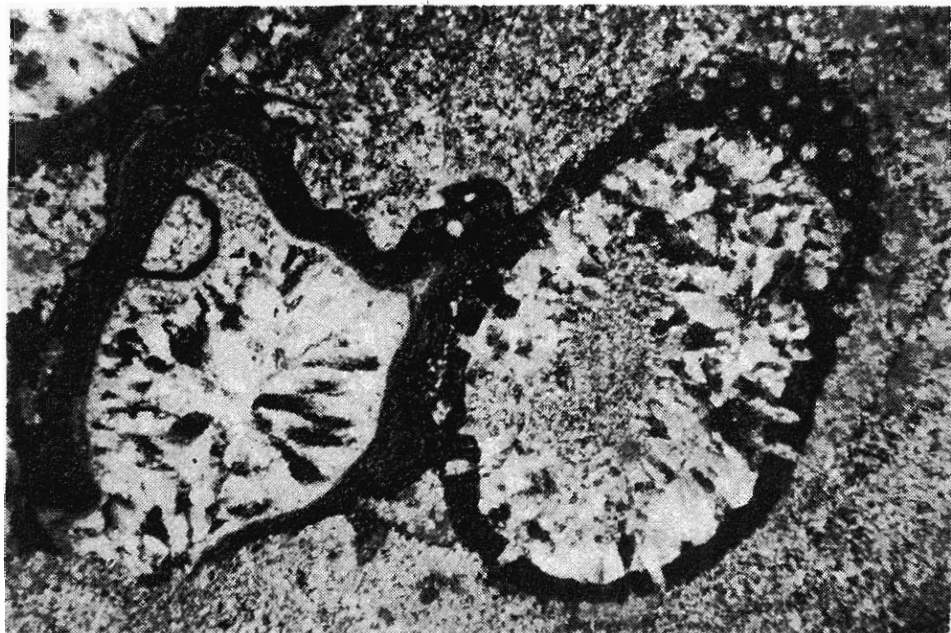


Fig. 3



Fig. 4

Ryszard MICHNIAK, Maria TURNAU-MORAWSKA — Petrograficzno-sedymentologiczne uwagi o osadach najniższego kambru środkowego biegu rzeki Leny

TABLICA III

- Fig. 5. Dołomit ze śladami struktur oolitycznych z konkrecją krzemionkową zbudowaną z listewkowatego kwarcu. Próbka nr 7; nikole skrzyżowane, pow. 22 ×
Dolomite with traces of oolitic structure with a siliceous concretion of laminated quartz; crossed nicols, × 22
- Fig. 6. Wapień oolityczny częściowo zdolomityzowany. Próbka nr 22; czurańska seria litologiczna; bez analizatora, pow. 22 ×
Oolitic limestone partly dolomitized: without analyser, × 22

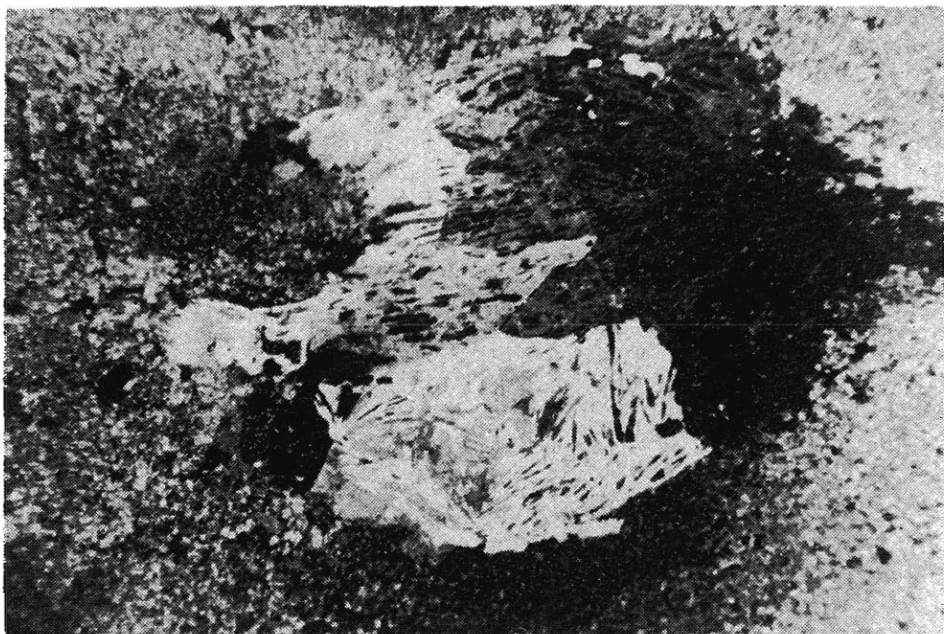


Fig. 5

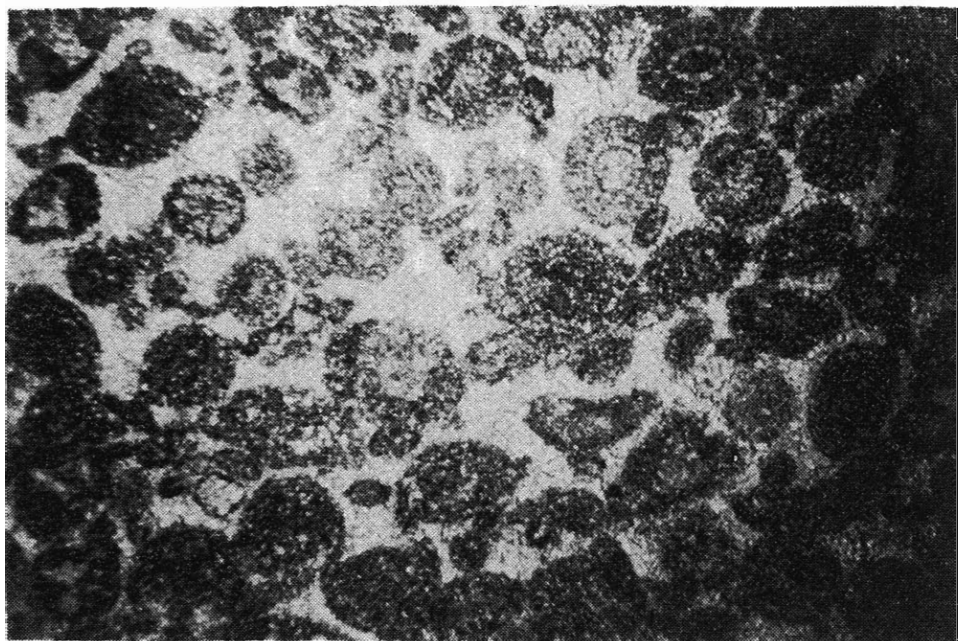


Fig. 6

Ryszard MICHNIAK, Maria TURNAU-MORAWSKA — Petrograficzno-sedymentologiczne uwagi o osadach najniższego kambru środkowego biegu rzeki Leny

TABLICA IV

- Fig. 7.** Skała węglanowa z gałązkami wodorostów z biostromów atdabańskiego piętra. Próbką nr 29; bez analizatora, pow. 22 ×
Calcareous rock with seaweed branches from the biostroms of the atdabanian stage; without analyser, × 22
- Fig. 8.** Dolomit z prawidłowo wykształconymi romboedrami dolomitu, ze śladami struktur organicznych i oolitycznych. Próbką nr 9; bez analizatora, pow. 58 ×
Dolomite with regular rhombs of dolomite crystals, with traces of organic and oolitic structures; without analyser, × 58

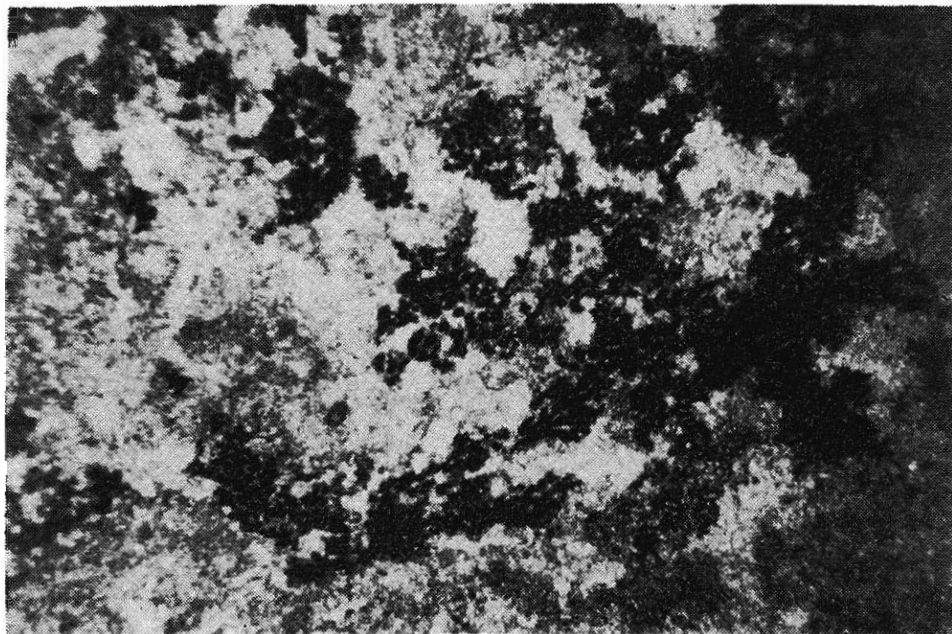


Fig. 7

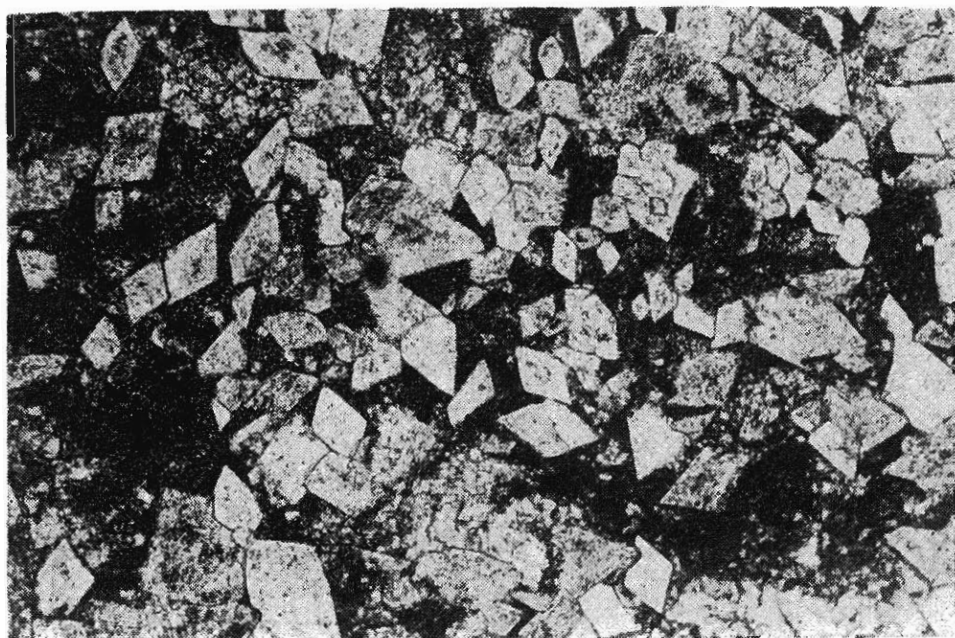


Fig. 8

Ryszard MICHNIAK, Maria TURNAU-MORAWSKA — Petrograficzno-sedymentologiczne uwagi o osadach najniższego kambru środkowego biegu rzeki Leny