

JERZY GLAZEK

WSPÓŁCZESNE ONKOLITY W POTOKACH PÓŁNOCNEGO WIETNAMU I TATR POLSKICH

(Tabl. XXV—XXVIII i 3 fig.)

Recent oncolites in streams of North Vietnam and of the Polish Tatra Mts.

(Pl. XXV—XXVIII and 3 Figs.)

Treść. Opisano współczesne onkolity słodkowodne tworzące się w potokach. Onkolity zebrane w Północnym Wietnamie określono jako *Osagia planotumulosa* *glebulosa*, a znalezione w Tatrach — *Nubecularites nubeculariformis* *glebulosus*. W onkolitach tych znaleziono szczątki glonów, które brały udział w ich tworzeniu.

WSTĘP

W roku 1960 napotkałem w małym potoku spływającym od zachodu do Potoku Lejowego naprzeciw Hali Huty w Dolinie Lejowej (fig. 3) osobliwe utwory wapienne.

Następnie w roku 1962 podczas pracy w Polskiej Ekspedycji Geologicznej w Wietnamie zapoznałem się z podobnymi utworami w kilku potokach spływających ze zboczy góry Qui-xa położonej około 12 km na południowy zachód do miasta Bao-ha (prowincja Yen-bay Demokratycznej Republiki Wietnamu — fig. 1).

Przy bliższym zbadaniu okazało się, że w obu tych stanowiskach tworzenie się współczesnych osadów wapiennych, przynajmniej częściowo, związane jest z działalnością glonów, co skłoniło mnie do łącznego ich opisanie.

Na tym miejscu pragnę serdecznie podziękować wszystkim tym, którzy dopomogli mi w pracy, a szczególnie doc. drowi Z. Kotańskiemu za kierowanie pracą, pani prof. dr A. Skirgiełło za uprzejme zbadanie szczątków roślinnych wydobytych z onkolitów, mgrowi J. Szalamasze za udostępnienie maszynopisu swojej pracy i dyskusję, mgrowi K. Szpili za pomoc przy wykonywaniu termicznych analiz różnicowych oraz mgr E. Adamczakowej, drowi A. Radwańskiemu i mgrowi M. Szulczewskiemu za ciekawe dyskusje. Wdzięczny jestem mgrowi L. Rembosze za wytrwałe towarzyszenie mi w poszukiwaniach opisywanych form w dżungli koło Bao-ha i inż. Nong-chi-Kienowi, głównemu geologowi bazy w Bao-ha za umożliwienie mi tych poszukiwań. Bardzo dziękuję mgr B. Drozd, mgr M. Siemiątkowskiej i drowi W. Barczykowi za wykonanie fotografii.

PRZEGLĄD PRAC DOTYCZĄCYCH ONKOLITÓW SŁODKOWODNYCH, ICH TERMINOLOGIA, POZYCJA SYSTEMATYCZNA I KLASYFIKACJA

Termin „onkolity” zaproponował J. Pia (1927, str. 37) w brzmieniu łacińskim „Onkolithi”, za którym do literatury polskiej wprowadził go R. Kongiel (1950, str. 6). Onkolitami nazwał J. Pia (1927) były o strukturze stromatolitów, które w odróżnieniu od stromatolitów sensu stricto (obrastających dno morskie lub inne podłoże) leżą swobodnie w osadzie. Zarówno onkolity, jak i stromatolity zwykle nie wykazują struktur organicznych, a jedynie mają charakterystyczną laminację. J. Pia zaliczył onkolity i stromatolity do sinic, jako specjalną grupę „Spongiostromata”.

Struktury te początkowo były badane niezależnie przez geologów i botaników. Geologowie opisywali je z osadów kopalnych, głównie morskich. Na podstawie kształtu i budowy zewnętrznej określali je jako utwory nieorganiczne typu konkrecji albo częściej jako organiczne zwierzęce lub roślinne. Zwykle też nadawali im nomenklaturę biologiczną. Botanicy natomiast przy okazji badań współczesnych glonów słodkowodnych odnotowywali tworzenie się inkrustacji wapiennych wokół niektórych kolonii, nie wnikaając w ich strukturę, oraz określali jedynie zewnętrzny kształt i stwierdzony w nich zespół organizmów.

Najpełniejszy przegląd literatury dotyczący tych utworów podaje V. P. Maslov (1960). W polskiej literaturze ewolucję poglądów na genezę stromatolitów przedstawił M. Szulczewski (1963), a onkolity opisali J. Kutek i A. Radwański (1965), dlatego tu zajmę się głównie pracami dotyczącymi podobnych utworów słodkowodnych¹.

Prawdopodobnie pierwszy opis okrągłych „calcareous pebbles” tworzących się na dnie jeziora Belvedere w Irlandii podaje W. T. Thiselton-Dyer (1891). Autor ten stwierdził, że po rozpuszczeniu w kwasie solnym węglanu wapnia pozostała masa glonowa tego samego kształtu co pierwotny onkolit, złożona głównie z nitek sinic należących do rodzaju *Rivularia*. Na tej podstawie wywnioskował on, że są to inkrustacje CaCO_3 wokół kolonii tych sinic. Podobne utwory ze współczesnych jezior opisywali G. Murray (1895, fide V. P. Maslov, 1960), D. F. Penhallow (1896, fide V. P. Maslov, 1960), J. M. Clarke (1900), W. Powell (1903, fide D. Mawson, 1929), F. A. Forel (1904), E. Baumann (1913, fide V. P. Maslov, 1960) i J. K. Pollock (1918, fide V. P. Maslov, 1960).

D. Mawson (1929) opisał zbliżone utwory powstające na równinie okresowo zalewanej wodą słodką w południowo-wschodniej Australii. O podobnych osadach wapiennych w lagunach u wybrzeży Jukatana wspomina L. H. Ower (1929).

Stosunkowo rzadziej opisywane były okrągłe wapienne konkrecje powstające przy udziale glonów z potoków i rzek. Wspominała o nich J. Tilden (1910, fide V. P. Maslov, 1960), bardzo dokładnie opisał je H. J. Roddy (1915), następnie zajmował się nimi W. E. Fritsch (1929, fide V. P. Maslov, 1960) oraz Y. Milon (1932), który opisał takie same utwory ze starych tarasów rzecznych we Francji.

¹ Niestety nie mogłem dotrzeć do niektórych prac na ten temat. Ponieważ zagadnienie to nie było poruszane w polskiej literaturze, dlatego uważam za celowe wspomnieć o pracach niedostępnych u nas, choć często cytowanych w późniejszej literaturze, za którą je podaję.

Podobne okrągłe konkrecje wapienne z potoków stanu Wirginia (USA), które jego zdaniem są pochodzenia nieorganicznego, opisał M. H. Stow (1930). Autor ten nie badał jednak szczątków organicznych pozostających po rozpuszczeniu CaCO_3 .

Zbliżone utwory wapienne tworzące się w wyniku działalności życiowej sinic i bakterii bez dostępu światła w jaskiniach opisali P. Magdeburg (1933, fide V. P. Maslov, 1961) i O. A. Høgg (1946, fide V. P. Maslov, 1961). Natomiast podobne do nich pizolity jaskiniowe prawdopodobnie o genezie nieorganicznej między innymi opisał W. Barczyk (1956).

Jako przykład słodkowodnych onkolitów w starszych formacjach można wymienić utwory opisane przez W. H. Bradleya (1929) ze środkowoeoceńskiej Green River Formation oraz przez E. Rutte (1953) z górno-miocenkiej molasy słodkowodnej okolic Engelswies w Badenii.

Utwory te były nazywane w sposób bardzo różny.

Problemowi odróżniania podczas badań litologicznych i paleontologicznych onkolitów od innych okrągłych utworów węglanowych spotykanych zarówno w starszych formacjach, jak i we współczesnych osadach (oolitów, koprolitów, piasku wapiennego i gruzełków wapiennych) wiele uwagi poświęcił V. P. Maslov (1952, 1955). Natomiast terminologią podobnych form zajęli się E. Flügel i M. Kirchmayer (1962). Pozycją systematyczną onkolitów i stromatolitów zajął się również V. P. Maslov w osobnym studium (1950), wykazując, że nie można ich zaliczać do sinic, jak to zrobił J. Pia (1927), a za nim wielu późniejszych autorów, ponieważ są to złożone struktury, w których narastaniu obok wytrącania węglanu na skutek działalności życiowej organizmów dużą rolę odgrywa sedymentacja mechaniczna i chemiczna. Co więcej, można prześledzić struktury pośrednie między stromatolitami i onkolitami a osadem chemicznym (V. P. Maslov 1950, 1960).

Zamiast nie dającej się utrzymać systematyki biologicznej stromatolitów i onkolitów wielu autorów stara się wprowadzić systematykę opartą na cechach morfologicznych lub kwestionuje w ogóle celowość podziału systematycznego tych utworów; zagadnienie to obszernie dyskutuje M. Szulczewski (1963).

Wydaje się jednak, że najbardziej uzasadniona jest systematyka morfologiczna zaproponowana i stopniowo rozwijana przez V. P. Maslova (1953, 1956, 1960), z zastrzeżeniem, które wysunął M. Szulczewski (1963), że stosowanie nazw bardzo rozbudowanych — wieloczłonowych wprowadzone w ostatniej pracy V. P. Maslova (1960) jest niecelowe i staje się w końcu skróconym opisem.

Najogólniejsze kategorie morfologiczne — stromatolity i onkolity — V. P. Maslov (1960) nazywa fitolitami. W obrębie tych fitolitów wydziela on morfologiczne typy, podtypy, grupy i formy. Określenie typu, podtypu i grupy autor ten opiera na makroskopowych cechach morfologicznych (kształt, warstwowanie); natomiast formy wyróżnia on na podstawie mikrostruktur.

System V. P. Maslova (1960) obejmuje 4 typy morfologiczne („morfotypy”) onkolitów (*Osagia*, *Otonosia*, *Nubecularites* i *Katagraphia*) oraz 8 typów morfologicznych stromatolitów.

Osagia jest to warstwowany onkolit oolitopodobny.

Otonosia — okrągły, owalny onkolit o warstewkach sfalowanych, tworzących kopuły.

Nubecularites — onkolit kształtem przypominający obłoki kłębiaste, niewyraźnie warstwowany.

Katagraphia — nieprawidłowy onkolit nie wykazujący warstwowania.

Terminy *Osagia* i *Ottonosia* wprowadził W. H. Twenhofel (1919) jako nazwy „rodzajowe” glonów, które miały tworzyć te onkolity. Podobnie *Nubecularites* jest „rodzajem” utworzonym przez V. P. Masłova (1937, fide V. P. Masłov, 1960). Natomiast termin *Katagraphia* zaproponował V. P. Masłov (1953) na oznaczenie typu morfologicznego.

V. P. Masłov (1960) podkreśla szczególnie, że zaproponowana systematyka morfologiczna, choć operuje łacińskimi terminami, często traktowanymi dawniej jako gatunki, nie ma nic wspólnego z systematyką biologiczną. Z tego powodu stwierdzane czasem w stromatolitach i onkolitach szczątki organizmów należy opisywać i nazywać niezależnie.

W końcu należy jeszcze dodać, że sinice nawet we współczesnych onkolitach ulegają szybko sprasowaniu do tego stopnia, że nie można ich zaobserwować podczas badań mikroskopowych płytek cienkich, lecz dopiero po rozpuszczeniu węgla wapnia (V. P. Masłov, 1950).

ONKOLITY W POTOKACH PÓŁNOCNEGO WIETNAMU

Ogólne dane o występowaniu onkolitów

Słdkowodne onkolity występują w potokach niewielkiego obszaru koło Bao-ha (prowincja Yen-bay) o powierzchni około 50 km² (fig. 1), leżącego w strefie klimatu monsunowego o dużej wilgotności powietrza w ciągu całego roku, a opadach skoncentrowanych w miesiącach letnich (pora deszczowa).

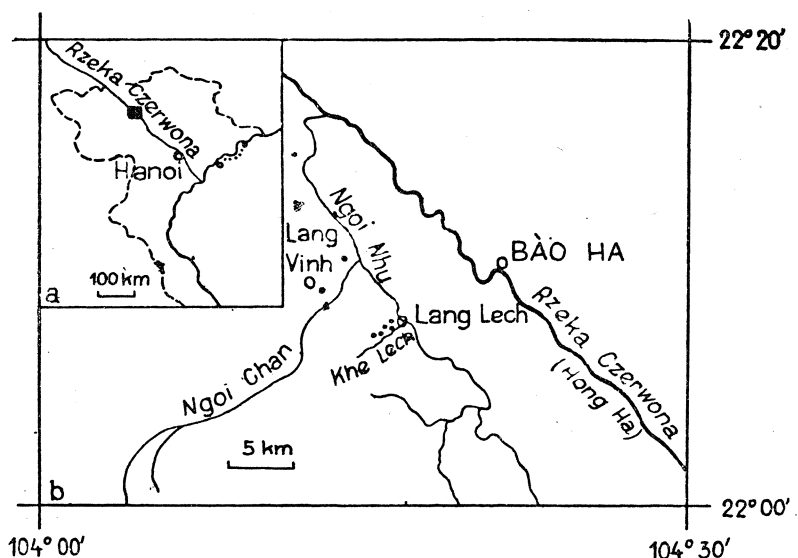


Fig. 1. Szkic występowania onkolitów w potokach Północnego Wietnamu. a — Północny Wietnam. Czarny prostokąt pokazuje obszar przedstawiony na mapce b; b — Okolice Bao-ha. Punktami oznaczono miejsca, w których tworzą się onkolity. Fig. 1. Occurrence of oncolites in streams of North Vietnam. a — North Vietnam. Area shown in map „b” in black; b — Map of the Bao-ha area. Occurrences of oncolites marked by black dots

Obszar występowania współczesnych osadów wapiennych w potokach ciągnie się na lewym (południowo-zachodnim) brzegu rzeki Ngoi Nhu, od potoku Ngoi Ma na północnym-zachodzie do masywu Tam-dinh na południowym-wschodzie. Północno-zachodnią część tego terenu skartował

L. Sawicki (1961), a południowo-wschodnią J. Szalamacha (1961). Pierwszy z tych autorów odnotował w objaśnieniach do mapy występowania „martwic i pizolitów wapiennych dochodzących do 15 mm średnicy” w potokach okolic Lang Vinh (L. Sawicki, 1961). Drugi natomiast (J. Szalamacha, 1965) podał makroskopowy opis „współczesnych ooidów wapiennych” tworzących się na zboczu góry Qui-xa i wiązał ich powstawanie z procesami krasowymi w warunkach klimatu tropikalnego.

Formy te sporadycznie spotykane są dalej w kierunku południowo-wschodnim na zboczach góry Tam-dinh (J. Szalamacha, 1965, oraz informacja ustna inż. Nong-chi-Kiena) oraz koło wsi Lang Fum, gdzie spotkał je inż. Nong-chi-Kien (informacja ustna).

Sposób występowania onkolitów w potokach

Obserwacje terenowe i okazy zebrałem w sześciu małych potoczkach bez nazw spływających z południowo-wschodniego zbocza góry Qui-xa do potoku Khe Lech.

Stosunkowo najwięcej onkolitów występuje idąc od północnego zachodu w pierwszym potoku, który przecina drogę prowadzącą do złoża żelaza Qui-xa. Potok ten o długości około 600 m bierze początek w dolnej części zbocza poniżej wychodni marmurów dolomitowych (żywet?) na wysokości około 140 m n.p.m., a wpada do potoku Khe Lech na wysokości około 100 m n.p.m. Cały czas płynie on po zwietrzelinie słabo zmetamorfizowanych łupków (głównie chlorytowych).

W dolnej części potok tworzy duży i płaski stożek napływowy złożony głównie z onkolitów. Przy samym ujściu onkolity są słabo spojone martwicą, a wyżej leżą swobodnie obok obtoczonych okruchów skał (łupków krystalicznych i marmurów dolomitowych) w mulastych napływach potoczku. W korycie potoczku onkolity tworzą mały kamieniec (tabl. XXV, fig. 7).

Wyżej, gdzie spadek potoczku jest większy (do 14°), woda spływa po licznych progach martwicowych, a onkolity są rzadsze i mniejsze. W pobliżu źródła brak onkolitów, natomiast w spokojnej wodzie wyciekającej ze źródła widać kremową zawiesinę.

W potoczku tym, który będę nazywać stanowiskiem I, onkolity są stosunkowo największe.

W dniu 13 czerwca 1962 r. pomierzyłem temperaturę wody, która w potoku z onkolitami wynosiła 24° , w potoku Khe Lech 27° , przy temperaturze powietrza 29° .

W następnych pięciu małych potoczkach, które idąc w kierunku południowo-zachodnim nazywam stanowiskami II, III, IV, V i VI, również występują onkolity, lecz mniejsze i mniej liczne, a także martwice.

J. Szalamacha (1965) obserwował „ooidy” w wyższej części tego zbocza przy źródle krasowym i przypuszczał, że wszystkie znajdowane niżej na zboczu „ooidy” pochodzą z tego jednego miejsca.

Opis onkolitów

Rozmiar

Wielkość badanych onkolitów zmienia się w szerokim zakresie od około 0,05 do 12,8 cm średnicy. Spośród zbadanych 280 okazów najwięcej ma

maksymalne średnice zawarte między 1 a 2 cm. Równie częste są mniejsze okazy, natomiast do rzadkości należą okazy, których najdłuższa średnica przekracza 5 cm (tabela I).

Tabela (Table) I

Wielkość onkolitów z potoków na zboczu góry Qui-xa (Wietnam)
Size of oncolites on the slopes of Mt Qui-xa (Vietnam)

Stanowisko Locality	Maksymalna średnica w centymetrach Maximum diameter					Ilość pomierzo- nych okazów Number of spe- cimens
	0—1 cm	1—2 cm	2—3 cm	3—5 cm	5 cm	
Potok (stream) I	5	76	34	15	3	133
Potok II	83	9	7	1	—	100
Potok III	10	16	3	1	—	30
Potok IV	—	5	1	3	—	9
Potok VI	—	2	4	1	1	8
Sztuk specimens	98	108	49	21	4	
Zmierzonych ogółem Total per cent w %	35	38,6	17,5	7,5	1,4	

Kształt

Onkolity mają zmienny kształt; obok form kulistych (tabl. XXV, fig. 3, 5, 6) i elipsoidalnych, często nieco spłaszczonych (tabl. XXV, fig. 4, tabl. XXVI, fig. 2, 3), wiele okazów zachowuje w złagodzonej formie kształt obrastanego okrucha łupku lub martwicy (tabl. XXV, fig. 2, tabl. XXVI, fig. 4). Prawidłowe kuliste formy nie przekraczają 3 cm średnicy. Często też można spotkać okruchy skał powleczone cienką otoczką węglanową (tabl. XXV, fig. 1).

Powierzchnia

Onkolity mają matową powierzchnię, najczęściej gładką, czasem z obłymi wzgórkami (tabl. XXV, fig. 4) i okrągłymi porami o średnicy dochodzącej do 1 mm (tabl. XXV, fig. 6), rzadziej pokrytą brodawkowatymi wyrostkami (tabl. XXVII, fig. 1).

Barwa

Barwa onkolitów bardzo wyraźnie zależy od położenia w potoku. Wystające z wody części onkolitów są zabarwione szaro z odcieniem kremowym. Natomiast części zanurzone w wodzie płynącej mają ciemniejszą barwę z odcieniem zielononiebieskawym, czasem bardzo intensywnym. Onkolity tkwiące w stojącej wodzie wśród rozkładających się szczątków roślinnych są zabarwione rdzawo, a czasem brunatno. Natomiast leżące na słońcu poza zasięgiem wody mają barwy szare. Podobnie szarą barwę mają onkolity zagrzebane w osadzie, przy czym te ostatnie często mają silnie porowatą powierzchnię, prawdopodobnie na skutek rozpuszczania węglanu pod wpływem kwasów powstających podczas rozkładu materii organicznej.

Budowa wewnętrzna

Budowę wewnętrzną onkolitów można obserwować makroskopowo po rozbiciu lub przecięciu. Wewnątrz onkolitów znajduje się pelityczny węglan, ułożony w koncentryczne warstewki, zwykle na przemian zbite i porowate. Warstewki porowate zwykle są sfalowane, zbite natomiast są gładkie (tabl. XXVI). Najczęściej warstewki obrastają onkolit ze wszystkich stron, czasem jednak otaczają tylko jego część. Grubość ich zmienia się od 1 do 8 mm. Najczęściej onkolity mają od kilku do kilkunastu takich warstewek. Warstewki zbite mają twardość 3, porowate zaś są miększe (twardość 2 — 2,5).

W jądrze onkolitów zwykle znajduje się zbitý pelit węglanowy; często jednak środek jest pusty, lecz nierzadko jądro onkolitu tworzy okruch skały (tabl. XXVI, fig. 4) lub martwicy. Czasem wewnątrz onkolitu występuje kilka drobnych onkolitów obrośniętych później wspólną otoczką (tablica XXVI, fig. 1); w tym wypadku drobne onkolity są zdeformowane i jakby zgniecione.

Mikrostruktura

Mikroskopowe obserwacje płytek cienkich wskazują, że onkolity złożone są ze skupień pelitycznego kalcytu, ułożonych bezładnie w przekroju równoległym do widocznych makroskopowo warstewek (tabl. XXVIII, fig. 1) i zgrupowanych w laminy w przekroju prostopadłym do warstewek. Makroskopowo widoczne warstewki wykazują drobniejszą laminację o miąższości 0,05 — 0,5 mm. Te mikrolaminy są wyraźnie sfalowane i zwrócone wypukłościami na zewnątrz (tabl. XXVIII, fig. 2, 3). Poszczególne mikrolaminy nie są ostro odgraniczone od siebie. W ciemnych laminach przypuszczalnie jest dużo substancji organicznej.

W całym onkolicie są liczne pory rozdzielające laminy i prostopadłe do kierunku laminacji (tabl. XXVIII, fig. 2, 3).

Węglan tworzący laminy ma zwykle strukturę kryptokrystaliczną, tylko czasem spotkać można drobnoziarniste laminy (tabl. XXVIII, fig. 2) złożone z ziarn o średnicy około 0,05 mm. W laminach drobnoziarnistych ziarna węglanu ściśle przylegają do siebie i są pozazębiane ze sobą. Brak wyraźnych różnic mikrostrukturalnych między zbitymi i porowatymi warstewkami wydzielonymi makroskopowo, poza nieco większą porowatością i trochę silniejszym sfalowaniem lamin w tych ostatnich.

Skład mineralny

Makroskopowo można stwierdzić na podstawie silnej reakcji z rozcieńczonym kwasem solnym, że onkolity tworzy węglan wapnia, niekiedy obrastający okruchy skał. Pod mikroskopem obok kryptokrystalicznego lub rzadziej drobnokrystalicznego agregatu węglanowego, sporadycznie można spotkać drobne ziarna (poniżej 0,1 mm średnicy) kwarcu, chlorytu i muskowitu. Ilość tych ziarn detrytycznych jest tak mała, że czasem nie widać ich w ogóle w polu widzenia mikroskopu.

W celu określenia minerału węglanowego, z którego utworzone są onkolity, wykonałem przy pomocy mgra K. Szpili termiczne analizy różnicowe na aparaturze Katedry Mineralogii i Geochemii Uniwersytetu Warszawskiego. Do analizy brano naważkę około 0,5 g. Posługiwano się termoparami Pt i Pt/Rh. Szybkość ogrzewania około 12 — 13°/min. Termogramy były rejestrowane automatycznie w postaci zapisu punktowego, natomiast wzrost temperatury pieca był regulowany ręcznie. Substancją wzorcową był „czysty do analizy” Al_2O_3 , uprzednio wyprażony do temperatury 1100 °C.

Przeanalizowano dwie próbki przygotowane z różniących się makroskopowo warstewek onkolitów ze stanowiska I (fig. 2). Termogram I charakteryzuje warstewkę porowatą, a termogram II warstewkę zbitą. Na obu termogramach zaznacza się bardzo silna reakcja endotermiczna rozpoczynająca się w temperaturze 730°C z ekstremum w temperaturze 920° (I krzywa) i 930° (II krzywa) oraz słaba egzotermiczna z ekstremum około 340° . Próbką z warstewki porowatej (I krzywa) wykazuje silniejszą reakcję egzotermiczną i jednocześnie niższą nieco temperaturę maksimum reakcji endotermicznej.

Silnie endotermiczna reakcja z maksimum w temperaturze 940° jest charakterystyczna dla czystego kalcytu (V. P. I v a n o v a, 1961). Maksimum tej reakcji w obecności domieszek łatwo ulega obniżeniu (V. P. I v a n o v a, 1961), co można obserwować w tym wypadku. Egzotermiczny efekt z maksimum w temperaturze 340° wywołany jest spalaniem się substancji organicznej. Obniżanie maksimum efektu kalcytowego jest wynikiem obecności niewielkiej ilości domieszek (głównie substancji organicznej), co jest jeszcze lepiej widoczne na termogramie III otrzymanym z próbki onkolitów tatrzańskich.

Termogramy te natomiast nie wykazują reakcji charakterystycznych dla dolomitu i aragonitu. W ten sposób można uważać za udowodniony brak dolomitu w onkolitach, natomiast aragonit różni od kalcytu słabą reakcją endotermiczną między 400 a 500° , która może czasem nie zaznaczyć się na termogramach. Jednak na termogramie kontrolnym czystego aragonitu, wykonanym na tej samej aparaturze, reakcja endotermiczna w granicach $400 - 500^{\circ}$ (charakterystyczna dla aragonitu) została zarejestrowana. Również przeprowadzona w celu skontrolowania, próba z reakcją Meigena (z azotanem kobaltu) wskazuje na kalcyt, zarówno w warstewce porowatej, jak i zbitej.

Badania te wykazują, że onkolity utworzone są z kalcytu, a nie z aragonitu, jak przypuszczał w oparciu o analogię do współczesnych oolitów J. S z a ł a m a c h a (1965).

Szczałki organiczne

W celu zbadania niewidocznych makroskopowo i w płytkach cienkich szczątków organicznych zawartych w onkolitach rozpuściłem w około 20% kwasie octowym 6 onkolitów (4 ze stanowiska I i 2 ze stanowiska IV) różniących się wyglądem zewnętrznym, a jednocześnie nie wykazujących zielonego zabarwienia. Obok nierozpuszczalnej substancji mineralnej tworzącej ciężki osad, szybko opadający na dno zlewki, we wszystkich wypadkach w dużej ilości występowały delikatne kłaczki i powłoczki odpowiadające kształtem warstewce onkolitu, lekkie, długo unoszące się w roztworze. Kłaczki te są szczątkami roślinnymi, wśród których prof. dr A. Skirgiełło (informacja ustna) rozpoznała delikatne plechy złożone z cienkich strzępek o średnicy około $1\ \mu$ bakterii z rzędu *Actinomycetales* oraz pojedyncze okrzemki z rodzaju *Navicula* i *Gomphonema* (?), a ponadto rzadkie zarodniki grzybów.

Natomiast po rozpuszczeniu onkolitu zabarwionego intensywnie na zielono pozostała masa złożona z nitek zielenic lub sinic, których bliższe oznaczenie zdaniem prof. A. Skirgiełło, nie jest możliwe ze względu na słaby stan zachowania.

Oddzielnie badałem pod mikroskopem proszek zeszkrobany z powierzchni zabarwionych na zielono onkolitów, w którym przy powiększeniach ponad $400\times$ można rozpoznać błonki komórek mniejszych niż $10\ \mu$, które

zdaniem prof. dr A. Skirgiełło mogą należeć do sinic lub zielenic (informacja ustna).

Ponadto próbowałem barwić szczątki organiczne mieszaniną błękitu metylowego i eozyny (co pozwala odróżniać sinice od innych roślin). Materiał pozostały po rozpuszczaniu nie dał zupełnie charakterystycznych efektów barwnych, natomiast zeskrobany z powierzchni — bardzo słabe, a więc wątpliwe. Próba ta wskazuje raczej na to, że chromatoplazma sinic uległa rozkładowi, a nie wyklucza ich obecności.

Stan zachowania materiału, w którym oznaczalne są praktycznie tylko pancerze okrzemek, spowodowany jest zapewne przechowywaniem onkolitów na powietrzu przez blisko dwa lata, w tym ponad pół roku w klimacie tropikalnym. Pewnego oznaczenia mikroflory można jedynie oczekiwać na materiale żywym lub zaraz zakonserwowanym formaliną.

Przypuszczam, że saprofityczne bakterie (*Actinomycetales*) są organizmami wtórnymi, które nie brały udziału w tworzeniu onkolitów, lecz rozwinęły się później na obumarłych sinicach i zielenicach.

Porównanie onkolitów wietnamskich z formami opisanymi w literaturze, ich klasyfikacja i geneza

Przedstawione onkolity powstają w wodzie słodkiej, tak jak formy opisane przez wielu autorów (W. T. Thiselton-Dyer, 1891; J. M. Clarke, 1900; F. A. Forel, 1904; H. J. Roddy, 1915; D. Mawson, 1929; W. H. Bradley, 1929; M. H. Stow, 1930; Y. Milon, 1932; E. Rutte, 1953; W. Barczyk, 1956; i in.). W potokach były one opisywane rzadziej (H. J. Roddy, 1915; M. H. Stow, 1930). Natomiast niniejsza praca jest prawdopodobnie pierwszym opisem słodkowodnych onkolitów powstających w potokach strefy tropikalnej.

Wody potoków, w których powstają opisane onkolity, wypływają z obszaru marmurów dolomitowych i dlatego są bliskie nasycenia jonami powstającymi przy rozpuszczaniu $(Ca, Mg) CO_3$. Zatem obok jonu wapnia musi też występować w nich jon magnezu, którego zawartość obok dość wysokiej temperatury powinna raczej doprowadzić do wytrącania aragonitu, a nie kalcytu; możliwe więc, że właśnie działalność niższych glonów przyczynia się do wytrącania kalcytu. Rozważania te utrudnia brak analizy chemicznej wody, której niestety nie można było w warunkach polowych wykonać; jednak wysokie stężenie rozpuszczonych węglanów potwierdza fakt przytoczony przez J. Szalamachę (1965), że woda pompowana do wiercen z miejsca, gdzie tworzyły się onkolity, powodowała wytrącanie się węglanu w rurach wiertniczych.

Kształt opisanych onkolitów najbardziej przypomina formy przedstawione przez M. H. Stowa (1930), a także J. H. Roddy'ego (1915). Duże formy (tabl. XXVI, fig. 4), rzadko poruszane przez wodę, narastają głównie po bokach, podobnie jak opisane przez D. Mawsona (1929), a mniejsze swobodnie toczone mają gładką powierzchnię (tabl. XXV, fig. 3, 5, 6), na której rzadko tylko spotkać można okrągłe wzgórki (tabl. XXV, fig. 4); natomiast brodawkami pokryte są duże formy, szczególnie na dolnej powierzchni, długo leżące w jednym położeniu (tabl. XXVII, fig. 1), co bardzo przypomina „water biscuits” opisane przez D. Mawsona (1929).

W literaturze brak opisów mikrostruktur współczesnych onkolitów słodkowodnych, mogą więc tylko podkreślić podobieństwo pod tym wzglę-

dem badanych form do ordowickich onkolitów opisanych przez V. P. Masłova (1960).

Badane onkolity zwykle mają barwę zielonawą, co wywołane jest obecnością glonów, jedynie w miejscach silnie nasłonecznionych bieleją na skutek obumierania glonów.

Zbadane formy zawierają jednak nieco mniej szczątków organicznych, co może być spowodowane ich rozkładem przy udziale bakterii (*Actinomycetales*) oraz większą rolą chemicznego wytrącania węglanu wapnia.

Według terminologii E. Flügel'a i M. Kirchmayer'a (1962) opisane formy należy nazwać onkoidami, jednak termin ten ma szerszy zakres od terminu „onkolit” sprecyzowanego przez V. P. Masłova (1950, 1960), lepiej odpowiadającego przedstawionym formom i dlatego konsekwentnie stosowanego w tej pracy.

Badane onkolity przypominają bardzo typ morfologiczny *Osagia* V. P. Masłova (1953, 1956, 1960), odznaczający się stosunkowo równymi koncentrycznymi warstewkami, co widać na tablicy XXVI.

Łagodne sfalowanie warstewek, czasem widoczne makroskopowo na przekrojach (tabl. XXVI), a jeszcze lepiej pod mikroskopem w płytkach cienkich (tabl. XXVIII, fig. 2, 3) pozwala na zaliczenie tych onkolitów do grupy morfologicznej *Osagia planotumulosa*. Natomiast grupowanie się pelitu węglanowego w drobne zgęszczenia widoczne na mikrofotografiach (tabl. XXVIII, fig. 1, 3) pozwala ponadto określić formę tych onkolitów według systematyki V. P. Masłova (1960) jako *Osagia planotumulosa glebulosa*.

Trzeba jednak podkreślić, że niektóre formy są bliskie typowi morfologicznemu *Otonosia* (tabl. XXVI, fig. 1, 2); zawsze jednak charakterystyczne dla tego typu zespoły warstewek wygiętych w małe kopuły poprzegradzane są otoczkami złożonymi z równych warstewek.

Zebrany materiał pozwala następująco przedstawić przypuszczalny sposób powstawania i rozwoju badanych onkolitów. W potokach, których wody są bliskie nasycenia dwuwęglanem wapnia, rozwijają się niższe glony (sinice i zielenice). Rozwojowi glonów bardziej sprzyja pora sucha trwająca od października do maja, w której panują niższe temperatury (10 — 25 °C), jest słabsze nasłonecznienie, większa wilgotność powietrza, a w potokach spokojnie sączy się niewielka ilość wody; brak jest ulew tropikalnych powodujących zasypywanie kolonii glonowych materiałem okruchowym. Glony obrastają pogrążone w wodzie okruchy skalne, dno i w spokojniejszych miejscach tworzą drobne kolonie („motki glonowe”) poruszane przez wodę. Glony prawdopodobnie na skutek życiowych procesów chemicznych zmieniają lokalnie chemizm środowiska, jak to obserwował na Krymie N. N. Voronichin (fide V. P. Masłov, 1950, 1961); powoduje to wytrącanie kalcytu w obrębie kolonii oraz na podłożu w bezpośrednim ich sąsiedztwie w postaci mikroskopijnych kryształków lub skupień. Wytrącanie węglanu wapnia zachodzi na zewnątrz plech lub w śluzie otaczającym je. Może tu zachodzić fizjologiczne i biochemiczne wytrącanie węglanu wapnia (według terminologii V. P. Masłova, 1961).

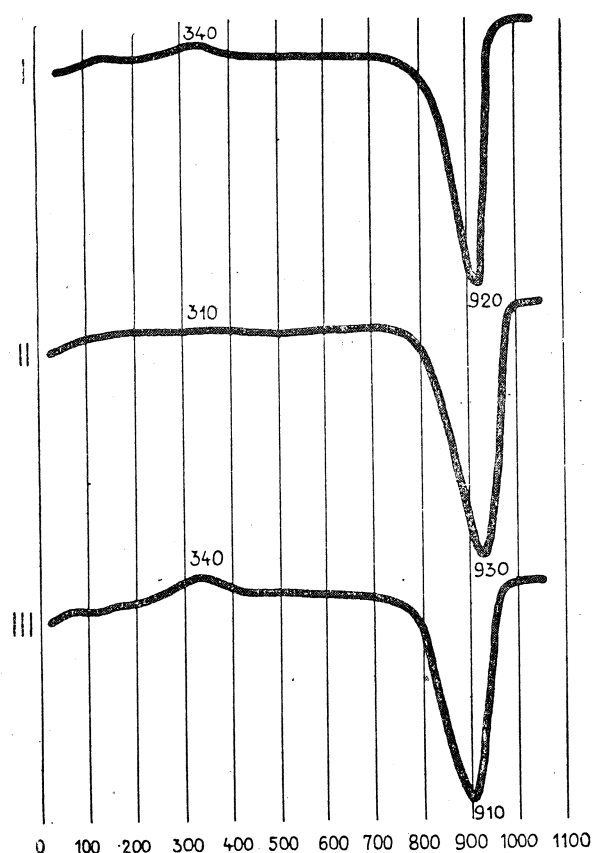
W obu wypadkach wytrąca się mikrokryształiczny węglan na zewnątrz plech, który nie zachowuje szczegółów budowy organizmów wywołujących jego wytrącanie, co tłumaczy brak mikrostruktur organicznych w węglanie, z którego zbudowane są onkolity.

Prawdopodobnie więc warstewki porowate zawierające więcej substancji organicznej (fig. 2) powstają w porze suchej. Pory w tych warstewkach mogą częściowo odtwarzać kształt kolonii glonowych, częściowo zaś prze-

strzeni między nimi. Warstewki te na onkolitach okrągłych toczonych przez wodę narastają stosunkowo równomiernie, natomiast na większych okazach, dłużej leżących bez ruchu (tabl. XXVI, fig. 4), narastają nierównomiernie.

Fig. 2. Krzywe termicznej analizy różnicowej onkolitów. I i II — termogramy onkolitów z Północnego Wietnamu: I — warstewka porowata, II — warstewka zbityta, III — termogram onkolitu z Tatr

Fig. 2. DTA diagrams of oncolites. Diagrams I and II — oncolites of North Vietnam, I — porous layer, II — compact layer, III — diagram of an oncolite of the Tatra Mts.



Pył kalcytowy budujący onkolity i martwice nie może być osadem mechanicznym przyklejonym do glonów, ponieważ w dorzeczych tych potoków nie ma skał kalcytowych, które w wyniku mechanicznego rozkruszenia mogłyby dać ten pył. Są natomiast skały dolomitowe, które po roztarciu mogą tylko dostarczyć pył dolomitowy, jednak w onkolitach nie ma śladu dolomitu. Ponadto mechaniczny osad musiałby zawierać dużą domieszkę innych minerałów, z których zbudowane są łupki metamorficzne stanowiące większą część zlewni potoków z onkolitami. Przeciw mechanicznemu osadzaniu węglanu wapnia przemawia też występowanie pokryw „martwicowych” (dokładniej stromatolitowych) na progach (często przewieszonych), a nie w spokojnych rozszerzeniach potoków.

Przeciw czysto chemicznemu charakterowi osadu kalcytowego przemawia skomplikowana mikrostruktura typu stromatolitowego, nie spotykana u współczesnych ooidów i pizoidów oraz martwic, których warstewki zbudowane są z homogenicznego węglanu. Przeciw temu świadczy też brak promienistej mikrostruktury właściwej chemicznie osadzonym ooidom i brak aragonitu, który tworzy osad chemiczny w podobnych warunkach (podwyższona temperatura, obecność jonu magnezu w roztworze).

Zbite, słabo sfalowane warstewki przypuszczalnie tworzyły się w porze deszczowej (latem), gdy burzliwy przepływ wód utrudniał rozwój glonów przez mechaniczne niszczenie plech i zasypywanie materiałem okruchowym. Również wysoka temperatura i obsychanie na słońcu w okresach opadania poziomu wody między ulewami musiało wywołać obumieranie glonów. W tym okresie prawdopodobnie obok osadzania kalcytu spowod-

wanego przez słabiej rozwinięte glony dużą rolę odgrywało chemiczne wytrącanie węglanu na powierzchni wynurzającej się z wody między ulewami — wskutek silnego odparowania.

Anomalie obserwowane w niektórych onkolitach w postaci powtarzania się szeregu powłok porowatych (tabl. XXVI, fig. 2) lub zbitych (tabl. XXVI, fig. 3), można wyjaśnić położeniem onkolitów w stosunku do poziomu wody. Onkolity, w których otoczki porowate narastają jedna na drugiej, musiały w porze wilgotnej znajdować się pod stałym przykryciem wody lub mułu, co uniemożliwiałoby osadzanie chemiczne na skutek odparowania. Natomiast nakładanie się otoczek zbitych wyjaśnić można tym, że onkolit po letnich ulewach pozostał na wyższym miejscu powyżej zasięgu wody w porze zimowej (suchej) i następna zbita — „letnia” otoczka osadziła się wprost na poprzedniej.

Na podstawie przedstawionych rozważań można przypuścić, że normalnie w ciągu roku osadzają się na onkolitach dwie warstewki — porowata i zbita. Ponieważ grubość warstewek zmienia się od 1 do 8 mm, a średnio wynosi 1 — 2 mm, więc przeciętnie rocznie narasta powłoka o grubości 2 — 4 mm. W szczególnie sprzyjających okolicznościach w ciągu roku może osadzić się otoczka o grubości około 1 cm. Przypuszczenie to potwierdzają obserwacje przeprowadzone na tym obszarze przez J. Szalamachę (1965), który stwierdził, że od sierpnia 1960 do stycznia 1961 na żwirach narosła powłoka martwicowa o grubości paru milimetrów. Przy takiej szybkości największe z napotkanych onkolitów narastały prawdopodobnie w ciągu kilkunastu lat.

Wewnętrzna mikrolaminacja powłok porowatych i zbitych prawdopodobnie wywołana jest zmianami położenia, wilgotności, temperatury, nasłonecznienia, rozwoju glonów itd. w czasie trwania pór suchych i wilgotnych.

Prawdopodobnie obumarłe nitki glonów wewnątrz onkolitów ulegają szybkiemu rozkładowi przy udziale bakterii, czemu szczególnie sprzyja klimat tropikalny. Rozkład ten przyczynia się do tego, że po rozpuszczeniu kalcytu pozostały tylko nieoznaczalne szczątki glonowe, i to w mniejszej ilości niż w słodkowodnych onkolitach tworzących się w klimacie umiarkowanym.

Porowatość onkolitów sprzyja ich powolnemu osiadaniu, „ugniataniu”, co widać na fotografii (tabl. XXVI, fig. 1), gdzie wewnątrz wspólnej zewnętrznej otoczki drobne onkolity są „dopasowane” do siebie.

Warstewki porowate mają taką samą budowę jak inne współczesne, słodkowodne onkolity opisane przez J. M. Clarke’a (1900); H. J. Rodd’yego (1915); D. Mawsona (1929) i innych. Natomiast zbite warstewki, w których budowie prawdopodobnie znaczną rolę odgrywa chemicznie strącony kalcyt, bliższe są kopalnym onkolitom i stromatolitom opisanym przez W. H. Twenhofela (1919); J. H. Johnsona (1946, 1961); V. P. Masłowa (1952, 1960) i wielu innych. Ten drugi wypadek jest przykładem osadzania węglanu wapnia typu „mieszanego”, czyli „stromatolitowego” według podziału V. P. Masłowa (1961).

Prawdopodobnie fakt występowania złóż żelaza na obszarze, gdzie powstają onkolity, na co zwrócił uwagę J. Szalamacha (1965), nie ma wpływu na tworzenie się onkolitów.

Przedstawione obserwacje i ich interpretacja nie są kompletne, ponieważ nie mogłem prowadzić systematycznych obserwacji w ciągu całego roku i wykonać takich badań, jak oznaczanie żywych glonów, chemiczne analizy wody itd.

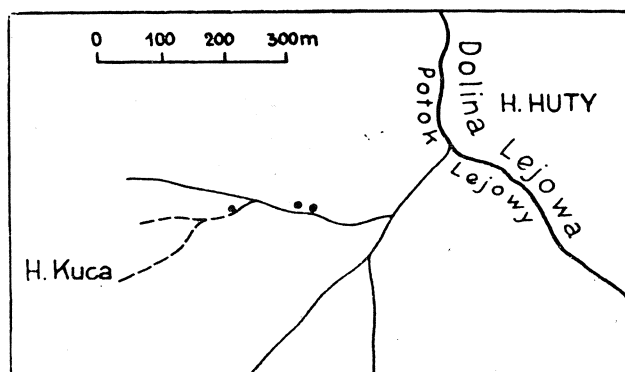
ONKOLITY W POTOKACH TATR POLSKICH

Charakterystyka obszaru występowania onkolitów

Podczas wieloletnich badań prowadzonych w Tatrach w jednym tylko miejscu zauważyłem współczesne „martwice” o zielonym zabarwieniu wskazującym na udział glonów w ich formowaniu. „Martwice” te występują w trzech małych ciekach zasilających potok spływający z północnego krańca Hali Kuca ku wschodowi do Potoku Lejowego (fig. 3).

Fig. 3. Schematyczna mapka środkowej części Doliny Lejowej w Tatrach Polskich. Punkty wskazują miejsca tworzenia się onkolitów

Fig. 3. Sketch-map of the middle part of the Lejowa Valley, Tatra Mts. Occurrences of oncolites marked by dots



Obszar ten zbudowany jest z utworów płaszczowiny reglowej dolnej, a w omawianym potoku u dołu odsłaniają się margle z wkładkami wapieni i piaskowców wapienistych zaliczane do hettangu — synemuru, wyżej zaś ciemne wapienie, margle i łupki retyku (K. Guzik, S. Guzik, S. Sokółowski, 1958). Dwa niższe stanowiska znajdują się na obszarze występowania hettangu — synemuru, najwyższe — retyku.

Opis onkolitów

Wygląd zewnętrzny

„Martwice” tworzą we wspomnianym potoku naskorupienia na skałach odsłaniających się in situ lub częściej na blokach i okruchach skalnych obmywanych przez wodę. Naskorupienia te powstają w pobliżu trzech małych źródeł zasilających ten potok, ich części zanurzone w wodzie mają charakterystyczną niebieskawozieloną barwę, natomiast wystające z wody mają barwę białą lub kremową. Transportowane w samym potoku utwory te są szare lub żółtawe, co wskazuje, że tu są one martwe. Obok naskorupień na kamieniach dochodzących do 5 mm grubości rzadziej spotkać można swobodnie leżące owalne „martwicowe” utwory o skomplikowanym kształcie, zawierające w środku tylko drobne okruchy skał. Utwory te mają cechy onkolitów. Natomiast „martwice” tworzące naskorupienia na skałach są współczesnymi słodkowodnymi stromatolitami. W dotychczasowej literaturze dotyczącej Tatr zarówno geologicznej, jak i botanicznej brak wzmianki o tych utworach.

Największa średnica onkolitów waha się od 2 do 10 cm, średnio 3 do 5 cm. Kształt ich jest nieregularny (tabl. XXVII, fig. 2), zwykle spłaszczony, prawidłowych form kulistych brak. Wiele okazów zachowuje pierwotny kształt obrastanego okrucha skalnego. Jeszcze częstsze są okruchy skalne powleczone tylko cienką otoczką onkolitową, których nie można nazywać onkolitami.

Onkolity mają matową, porowatą powierzchnię pokrytą zaokrąglonymi wznórkami i wyrostkami (tabl. XXVII, fig. 2).

Budowa wewnętrzna

Po rozłamaniu widać, że wewnątrz onkolity utworzone są z szarego pelitycznego węglanu, czasem otaczającego okruchy skalne, złożonego ze skłębionych, niewyraźnych warstewek. Grubość tych warstewek wynosi około 1 mm lub mniej. Zewnętrzna część onkolitu o grubości do 2 mm wykazuje często zielone zabarwienie i jest nieco twardsza od wnętrza. Twardość zewnętrznej części onkolitów wynosi 2 — 2,5, a wewnętrznej 1 — 2 w skali Mohsa.

Badania mikroskopowe płytek cienkich wykazują, że onkolity te tworzy pelityczny węglan (kryptokrystaliczny lub bardzo drobnokrystaliczny). Pelit węglanowy skupiony jest w warstewki naprzemian jasne i ciemniejsze, obrastające okruchy skał (tabl. XXVIII, fig. 5, 6) lub skupione w formy obłokowate (tabl. XXVIII, fig. 4). Laminy obrastające okruchy skalne w ilości 3 — 5 są płaskie i powtarzają kształt okrucha obrastanego, natomiast następne są skłębione. Poszczególne laminy nie są ostro odgraniczone od siebie. Pelit węglanowy skupiony jest nie tylko w warstewki, ale i w drobne gruzełki (tabl. XXVIII, fig. 6, 4), które łączą się w warstewki. Czasem na zewnętrznym brzegu ciemniejszych lamin pod mikroskopem widać ślady nitek glonów.

Skład mineralny

Onkolity z Doliny Lejowej są zbudowane z węglanu wapnia, na co wskazuje silna reakcja z kwasem solnym. Pod mikroskopem poza agregatem węglanowym widać okruchy skał, a rzadziej pojedyncze ziarna mineralne pochodzące ze skał starszych.

Termiczna analiza różnicowa (fig. 2, termogram III) wykonana na aparaturze Katedry Mineralogii i Geochemii Uniwersytetu Warszawskiego (w takich samych warunkach jak omówione poprzednio analizy), wykazuje silną reakcję endotermiczną rozpoczynającą się w temperaturze 730° z ekstremum w temperaturze 910° oraz wyraźny efekt egzotermiczny z maksimum w temperaturze 340°. Reakcja endotermiczna jest związana z rozkładem CaCO_3 i wskazuje na kalcyt, natomiast efekt egzotermiczny wywołany jest spalaniem się substancji organicznej. Znaczna zawartość materii organicznej powoduje jeszcze silniejsze niż poprzednio obniżenie maksimum reakcji termicznego rozkładu CaCO_3 . Podobnie też na kalcyt wskazuje reakcja Meigena.

Szczątki organiczne

Po rozpuszczeniu węglanu w 20% kwasie octowym pozostała gąbczasta miękka masa, dokładnie tego samego kształtu co pierwotny onkolit, złożona z nitek i komórek glonowych. W masie tej prof. dr A. Skirgiełło (informacja ustna) stwierdziła występowanie plech należących do paru gatunków zielenic i sinic. Są tu cienkie nitki glonowe o grubości 3 — 6 μ oraz grubsze 12 — 15 μ . Pierwsze są bardziej regularne, podzielone poprzecznymi błonami i niekiedy rozgałęziające się, drugie są zwykle rozgałęzione, mniej regularne, złożone z krótkich nieprawidłowych, wyraźnie oddzielających się od siebie komórek. Ponadto spotyka się dość często okrzemki. Podobnie też na powierzchni tych onkolitów widać wychodzące z wnętrza nitki glonów o zielonych kilku ostatnich komórkach, natomiast w głębi starsze komórki tych nitek są obumarłe i zachowane w postaci błon komórkowych wśród węglanu wapnia. Na świeżych onkolitach zebranych w połowie maja 1964 z żywymi jeszcze glonami, w parę dni po zebraniu ich prof. dr A. Skirgiełło stwierdziła, że część tych nitek należy do gatunku *Plectonema tomasinianum* (Kuetz. [Bor n.]) (informacja ustna), z rodziny Scy-

tonemaceae z rzędu Hormogonales (Z. Podbielkowski, I. Rejment-Grochowska, A. Skirgiełło, 1961). Gatunek ten był w Tatrach cytowany już przez R. Gutwińskiego (1909) z Wielkiego Stawu w Dolinie Pięciu Stawów Polskich. Rodzaj *Plectonema* był cytowany z onkolitów słodkowodnych tworzących się na dnie Jeziora Bodeńskiego (E. Baumann, 1913, fide V. P. Maslov, 1960).

Porównanie onkolitów tatrzańskich z formami opisanymi w literaturze, ich klasyfikacja i geneza

Opisane onkolity tworzą się w wodzie słodkiej małych źródeł odwadniających obszar zbudowany ze skał marglistych i wapiennych. Dlatego woda tych źródeł musi zawierać dużo rozpuszczonego węglanu wapnia, podobnie jak w wyżej opisanym wypadku w Wietnamie i dawniej opisywanych stromiskach współczesnych onkolitów (J. M. Clarke, 1900; H. J. Roddy, 1915; D. Mawson, 1929; M. H. Stow, 1930).

Onkolity te osiągają znaczne rozmiary, co zbliża je do form opisywanych przez H. J. Roddy'ego (1915), D. Mawsona (1929) i L. H. Owera (1929). Natomiast nieregularny kształt upodabnia onkolity tatrzańskie do form opisanych z jezior Szwajcarii przez F. A. Forela (1904) i E. Baumann'a (1913, fide V. P. Maslov, 1960) oraz Krymu (N. N. Voronichin, 1932, fide V. P. Maslov, 1950).

Onkolity tatrzańskie w odróżnieniu od opisywanych dotąd słodkowodnych form o regularnych kształtach nie mają koncentrycznych warstewek otaczających cały onkolit. Przypuszczalnie podobną budowę mają nieregularne formy cytowane przez F. A. Forela (1904) i V. P. Maslova (1950), które niestety nie zostały dokładnie opisane. Natomiast budowa wewnętrzna onkolitów tatrzańskich bardzo przypomina ordowickie onkolity typu *Nubecularites* opisane przez V. P. Maslova (1960), a także niektóre stromatolity z typów *Macronubecularites* i *Saccus* opisane przez tegoż autora (V. P. Maslov, 1960). Mikrostrukturę opisanych tu form obecnie można jedynie porównywać z formami kopalnymi, ponieważ brak w literaturze odpowiednich danych o mikrostrukturach współczesnych onkolitów.

Ponieważ onkolity te nie mają regularnego kształtu i są zbudowane ze słabo widocznych warstewek często skłębionych, więc trzeba je zaliczyć według zasad systematyki V. P. Maslova (1953, 1956, 1960) do typu morfologicznego *Nubecularites* i grupy morfologicznej *Nubecularites nubeculariformis*. Ponadto grupowanie się pelitu węglanowego w skupienia widoczne pod mikroskopem (tabl. XXVIII, fig. 6), pozwala określić formę tych onkolitów według V. P. Maslova (1960) jako *Nubecularites nubeculariformis glebulosus*.

Wyżej zebrane informacje pozwalają następująco wyjaśnić powstawanie i rozwój współczesnych onkolitów tatrzańskich. Woda wyciekająca z trzech małych źródełek w Dolinie Lejowej zawiera stosunkowo dużą ilość rozpuszczonego węglanu wapnia, w niej rozwijają się niższe glony: sinice i zielenice (m. in. *Plectonema tomasinianum*), które obrastają kamienie zwilżane wodą i rzadziej tworzą swobodnie leżące motki nitek glonowych. Rozwojowi ich sprzyja spokojny przepływ wody, który nie niszczy mechanicznie i nie zasypuje ich materiałem okruchowym, oraz ocienianie przez las. Glony te zmieniają chemizm środowiska, powodując lokalnie w obrębie kolonii wytrącanie węglanu wapnia. Prawdopodobnie bierze tu udział zarówno fizjologiczny, jak i biochemiczny sposób wytrącania węglanu według

podziału V. P. Masłowa (1961). Tak tworzą się nieregularne otoczki węglanowe na okruchach skalnych i rzadziej onkolity, a także cienkie pokrywy na skałach in situ, które mają już charakter słodkowodnych stromatolitów. Otoczki te i onkolity wykazują delikatną mikrolaminację (tabl. XXVIII, fig. 4, 5, 6), która prawdopodobnie związana jest z rocznym cyklem rozwojowym zespołu glonów przyczyniających się do wytrącania kalcytu. Udział glonów w tworzeniu tych form nie ulega wątpliwości, gdyż intensywnie zielona barwa powierzchniowej warstewki, pozostająca po rozpuszczeniu kalcytu, wielka ilość nitek glonowych tworząca motek tego samego kształtu co pierwotny onkolit oraz duża zawartość substancji organicznej wykazana na termogramie (fig. 2, krzywa III) dowodzą, że każdy fragment tych osadów wapiennych jest przetkany nitkami glonowymi, czego nie można by wyjaśnić przyjmując chemiczny lub mechaniczny charakter osadu wapiennego.

Jeżeli istotnie pojedyncze warstewki o miąższości do 1 mm odpowiadają jednorocznemu cyklowi rozwojowemu glonów, to narastanie tych utworów jest w przybliżeniu 5 — 10 razy wolniejsze niż u wyżej opisanych onkolitów z Wietnamu.

ZAKOŃCZENIE

Opisane onkolity *Osagia* i *Nubecularites* znacznie różnią się od siebie i dobrze ilustrują zakres zmienności w obrębie onkolitów. Duże podobieństwo strukturalne badanych przeze mnie onkolitów współczesnych do kopalnych onkolitów opisanych i zilustrowanych przez V. P. Masłowa (1960) z ordowiku wskazuje na konserwatyzm tych form, co nie pozwala na wykorzystanie ich jako wskaźnika stratygraficznego podobnego do skamieniałości.

Zakład Geologii Dynamicznej
Uniwersytetu Warszawskiego
Warszawa, czerwiec 1964 r.

WYKAZ LITERATURY REFERENCES

- Barczyk W. (1956), Pizolity jaskiniowe w jednej z grot w Wojcieszowie (On cave pisoliths from Wojcieszów, Polish Sudeten). *Acta geol. pol.* 6, z. 3, pp. 327—336, Warszawa.
- Bradley W. H. (1929), Algae reefs and oolites of the Green River formation. *U. S. Geological Survey. Professional Paper* 154-G, pp. 203—224, Washington.
- Clarke J. M. (1900), The water biscuit of Squaw Island, Canandaigua Lake, N. Y. *Bull. New York State Museum* no. 39, 8, pp. 195—198. Albany, N. Y.
- Forel F. A. (1904), Le Leman. Monographie limnologique. 3, pp. 186—190. F. Rouge. Lausanne.
- Flügel E., Kirchmayer M. (1962), Zur Terminologie der Ooide, Onkoide und Pseudooide. *Neues Jb. Geol. Paläont., Mh. H.* 3, pp. 113—123. Stuttgart.
- Gutwiński R. (1909), Flora Algarum montium Tatrensiensium. *Bull. inter. Acad. Pol. Sc. Cracovie.* no. 4, pp. 415—560. Cracovie.
- Guzik K., Guzik S., Sokołowski S. (1958), Mapa geologiczna Tatr Polskich. Ark. A 2 Hruby Regiel. Inst. Geol. Warszawa.

- Ivanova V. P. — Иванова В. П. (1961), Термограммы минералов (Thermograms of minerals), Записки Всесоюз. Минерал. Общества. Сер. II, ч. 90, вып. 1, стр. 50—90. Москва—Ленинград.
- Johnson J. H. (1946), Lime secreting Algae from the Pennsylvanian and Permian of Kansas. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 57, no. 12, part 1, pp. 1087—1120, Baltimore.
- Johnson J. H. (1954), An Introduction to the Study of Rock Building Algae and Algal Limestones. *Quarter. Colorado School Mines* 49, no. 2, pp. 102—104, Golden, Colorado.
- Johnson J. H. (1961), Limestones building Algae and Algal Limestones. Colorado School of Mines, Golden, Colorado.
- Kongiel R. (1950), Udział organizmów w budowie skorupy ziemskiej. „Czytelnik”, Warszawa.
- Kutek J., Radwański A. (1965), Upper Jurassic oncolites of the Holy Cross Mts. (Central Poland). *Bull. Acad. Pol. Sc. Sér. Géol. Géogr.*, 13/1, Varsovie.
- Maslov V. P. — Маслов В. П. (1950), Систематическое положение и отличие строматолитов и онколитов от ископаемых известковых водорослей. Бюл. Моск. Общ. испыт. природы. Отд. геол. 25, вып. 4, стр. 66—76, Москва.
- Maslov V. P. — Маслов В. П. (1952), Карбонатные желваки органического происхождения. Бюл. Моск. Общ. испыт. природы. Отд. геол., 27, вып. 4, стр. 28—45. Москва.
- Maslov V. P. — Маслов В. П. (1953), Принципы номенклатуры и систематики строматолитов. Изв. А. Н. СССР, сер. геол., № 4, стр. 105—112. Москва.
- Maslov V. P. — Маслов В. П. (1955), Карбонатные проблематики округлой формы. Тр. Инст. геол. наук А. Н. СССР, сер. геол. вып. 155, стр. 156—163. Москва.
- Maslov V. P. (1956), Stromatolite and onkolite classifications and nomenclature. *20 Congr. geol. intern. Resumenes*, p. 235. Mexico.
- Maslov V. P. — Маслов В. П. (1960), Строматолиты (их генезис, метод изучения, связь с фациями и геологическое значение на примере ордовика Сибирской платформы). Тр. Геол. Инст. А. Н. СССР, вып. 41, стр. 1—188. Москва.
- Maslov V. P. — Маслов В. П. (1961), Водоросли и карбонатоосаждение. Изв. А. Н. СССР, сер. геол., № 12, стр. 81—86, Москва.
- Mawson D. (1929), Some South Australian Algal Limestones in Process of Formation. *Quart. J. Geol. Soc. London*, 85, part 4 (no. 340), pp. 613—623, London.
- Milon Y. (1932), Sur le rôle des Rivulariacées dans l'édification des tufs à dragées calcaires de la vallée de la Somme. *C. R. Soc. Géol. Fr.*, no. 10, pp. 133—134. Paris.
- Ower L. H. (1929), Discussion (in Mawson D. Some South Australian Algal Limestones in Process of Formation). *Quart. J. Geol. Soc. London*, vol. 85, part 4 (no. 340), p. 623. London.
- Pia J. (1927), Spongiostromata (in Hirmer M. Handbuch der Paläobotanik). Pp. 33—37. R. Oldenburg, München u. Berlin.
- Podbielkowski Z., Rejment-Grochowska I., Skirgiełło A. (1961), Rośliny zarodnikowe. PWN, Warszawa.
- Roddy H. J. (1915), Concretions in Streams formed by the Agency of Blue Green Algae and related Plants. *Proc. Amer. Philos. Soc.* 54, pp. 246—258, Philadelphia.
- Rutte E. (1953), Die Algenkalke aus dem Miozän von Engelswies in Baden. *Neues Jb. Geol. Paläont.*, Abh. 98, No 2, pp. 149—174, Stuttgart.
- Sawicki L. (1961), Objaśnienia do mapy geologicznej obszaru Lang Vinh 1 : 25 000. Maszynopis. *Arch. Gen. Dep. Geol. Dem. Rep. Wietnam*. Pp. 1—39. Hanoi.
- Stow M. H. (1930), Calcareous concretions in streams near Lexington, Virginia. *Amer. J. Sc.*, ser. 5, 20, pp. 214—216. New Haven, Connecticut.
- Szalamacha J. (1961), Charakterystyka geologiczna obszaru położonego między

- Ngoi Chan a Ngoi Nhu. Maszynopis. Arch. Gen. Dep. Geol. Dem. Rep. Vietnam. Pp. 1—40, Hanoi.
- Szałamacha J. (1965), O tworzących się współcześnie woidach wapiennych w okolicy Lang Lech w Wietnamie, pp. 1—3. (w: Prace Polskiej Ekspedycji Geologicznej w Wietnamie). Biul. Inst. Geol., Warszawa (w druku).
- Szulczewski M. (1963), Stromatolity z batonu wierchowego Tatr (Stromatolites from the high-tatric Bathonian of the Tatra Mountains). Acta geol. pol., 13, no. 1, pp. 125—148, Warszawa.
- Thiselton-Dyer W.T. (1891), Note on Mr. Barber's paper on Pachytheca. Ann. Botany 5, no. 18, pp. 223—225. London.
- Twenhofel W.H. (1919), Pre-Cambrian and Carboniferous Algal Deposits. Amer. J. Sc., ser. 4, 48, no. 287, pp. 339—352, New Haven, Connecticut.

SUMMARY

Abstract. Recent fresh-water oncolites occurring in streams are described. The oncolites collected in North Vietnam are determined as *Osagia planotumulosa glebulosa*, and the specimens collected in the Tatra Mts as *Nubecularites nubeculariformis glebulosus*. The oncolites contain Algae which contributed to their formation.

ONCOLITES FROM STREAMS OF NORTH VIETNAM

During the Polish Geological Expedition the writer found recent oncolites forming in small streams on the right bank of the Red River (Hong-ha) in the vicinity of Bao-ha (Fig. 1, Pl. XXXV, Fig. 7). The area is built of low metamorphosed chlorite schists and dolomitic marbles of Early Palaeozoic age. The oncolites present in the streams are accompanied by travertine layers, which have, locally, the character of stromatolites. These sediments were noted already by L. Sawicki (1961) and J. Szałamacha (1965) who considered them as purely chemical deposits.

The diameter of the oncolites is ranging from 0,05 to 12,8 cm (Table 1). Their shape is variable; besides spherical (Pl. XXXV, Fig. 3, Fig. 5, and Fig. 6) and ellipsoidal (Pl. XXV, Fig. 4, Pl. XXVI, Fig. 2 and Fig. 3) forms, some oncolites retain the vague form of the rock fragment constituting their nucleus (Pl. XXV, Fig. 2, Pl. XXVI, Fig. 4), while others have an irregular shape (Pl. XXVI, Fig. 1). The surface of the oncolites is, usually smooth, but sometimes with small protuberances (Pl. XXXV, Fig. 4, Pl. XXVII, Fig. 1), or pores (Pl. XXXV, Fig. 6). Large oncolites have often the lower surface covered by wart-like protuberances (Pl. XXVII, Fig. 1). The oncolites submerged under water are greenish, but this colouration disappears after a few days of exposure to the sun.

The oncolites consist of pelitic carbonate arranged in concentric layers (Pl. XXVI). The thickness of the layers ranges from 1 to 8 mm. The nucleus consists of carbonate pelite, a rock fragment or of a void. Microscopic examination reveals the presence of numerous laminae 0,05 — 0,5 mm thick within the layers. These microlaminae are distinctly undulated (Pl. XXVIII, Fig. 2 and Fig. 3), and their boundaries are not distinct. In a section tangential to the lamination (Pl. XXVIII, Fig. 1) the carbonate pelite forms irregularly scattered agglomerations.

The cryptocrystalline carbonate of the oncolites is calcite, as indicated

by DTA and Meigen test. The DTA diagrams indicate a high content of organic matter (Fig. 2).

The residue remaining after dissolution of the calcite in 20% acetic acid contains, besides mineral substance, flock and naps corresponding in shape with the outer porous layer of the oncolite, and consisting of macerated organic matter. According to determinations by Prof. dr A. Skirgiełło from the Laboratory of Systematics and Geography of Plants of the University of Warsaw, Bacteria of the Order Actinomycetales, Diatoms (*Navicula* and *Gomphonema*?), spores of Fungi and cellular membranes of undeterminable Green Algae or Blue-green Algae are present. The bad state of preservation of the Algae is probably due to the long storage period (2 years), including more than 6 months in tropical climate, and to the development of saprophytic Bacteria (Actinomycetales) on the Algae.

The described oncolites belong to the morphological type *Osagia* of V. P. Maslov (1953, 1956, 1960), characterised by the presence of concentric layers (Pl. XXVI). On account of the slight undulation of the layers visible on polished sections (Pl. XXVI) and in thin sections (Pl. XXVIII, Fig. 2 and Fig. 3), the described oncolites should be ascribed to the morphological group *Osagia planotumulosa*. The agglomeration of pelitic carbonate into small thickets (Pl. XXVIII, Fig. 1, Fig. 2, and Fig. 3) enables to determine these oncolites as *Osagia planotumulosa glebulosa* in V. P. Maslov's terminology (1960).

Green Algae and Blue-green Algae present in streams in which water is nearly saturated with $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ cover rock fragments and form loose colonies transported by water. The dry season (October — May) is favouring the development of Algae. In this period the temperatures are not very high (10° — 25°C), the insolation is less intense, and air humidity greater, but tropical torrents do not occur, and the streams carry a small amount of water, which do not destroy the algal colonies and do not cover them with detrital sediment. The Algae are changing locally the chemical composition of the water solutions, causing precipitation of calcite pelite in the colony and in its immediate neighbourhood. Probably both „physiological” and „biochemical” precipitation, according to V. P. Maslov's (1961) terminology, is taking place. The „physiological” precipitation is caused by photosynthesis of the Algae, while the „biochemical” precipitation is due to the change of pH by the metabolism of the Algae. In this way are formed the porous layers with relatively high content of organic matter (Fig. 2). Their structure is closely similar to that of „water biscuits” described among others by H. J. Roddy (1915) and D. Mason (1929). These layers are growing uniformly on oncolites rolled by water, while on large oncolites resting motionless for long periods they display a variable thickness (Pl. XXVI, Fig. 4).

The compact, slightly undulated layers are formed during rainy seasons when the increased flow of water destroys the Algae, and covers the oncolites with detrital material. Also the high temperature and exposure to the sun between the tropical torrents when the water level lowers, causes the death of the Algae. Thus, the role of Algae in calcite precipitation becomes less important, instead, during drying in the sun pelitic calcite is precipitated chemically.

Probably two layers: one porous and one compact are deposited on an oncolite during one year. As the thickness of the layers ranges from 1 to 8 mm with a mean value of 1 — 2 mm, the mean annual increase forms

a layer 2—4 mm thick. The porous layer displays a greater variation in thickness. This can be explained by variation of growth of the algal colonies.

The internal microlamination of the porous and compact layers is probably caused by small variations of humidity, temperature, insolation, position of the oncolite, growth of algae, etc. during the dry and rainy seasons.

The dead Algae inside the oncolites are probably decomposed by Bacteria, and this process is especially rapid in tropical climate. For that reason, only indeterminable fragments of Algae were found after dissolution of the calcite, and their amount was smaller than in fresh-water oncolites forming in temperate zones, as described by W. T. Thiselton-Dyer (1891), J. M. Clarke (1900), H. J. Roddy (1915) and D. Mawson (1929).

The porous layers have the same structure as other recent oncolites described by J. M. Clarke (1900), H. J. Roddy (1915), D. Mawson (1929) and others. Instead, the compact layers in which an important role is played by chemically precipitated calcite are related with fossil oncolites and stromatolites described by W. H. Twenhöfel (1919), J. H. Johnson (1946, 1961), V. P. Maslov (1952, 1960) and others.

The cases of abnormal superposition of two layers of the same type, porous (Pl. XXVI, Fig. 2) or compact (Pl. XXVI, Fig. 3) can be explained by a special position of the oncolite in the stream bed. Oncolites with superposed porous layers were lying under water or under a mud cover during the rainy season, so that the formation of the compact layer related with evaporation of water was not possible. Instead, the oncolites with superposed compact layers were lying probably above the water level during the dry season, so that the porous layer could not form.

ONCOLITES FROM STREAMS OF THE TATRA MTS (POLAND)

Green calcareous tuffs are forming in the Lejowa Valley (Tatra Mts., Poland) in the vicinity of three small springs (Fig. 3).

The area is built of marls with intercalations of limestones and sandstones (Lower Lias) and of limestones, marls and shales (Rhaetic) of the Lower Sub-Tatric nappe.

The calcareous tuffs are forming layers on rock rubble, and on rocks lying in situ, as well as loose balls (Pl. XXVII, Fig. 2). Their green colouration occurs only at the place of formation, while tuffs transported by the stream and lying outside the stream bed are light-grey.

The loose balls (oncolites) are irregular in shape and flattened. The longest diameter ranges from 2 to 10 cm. The surface is frosty, porous, with small protuberances (Pl. XXVII, Fig. 2).

The oncolites are composed of carbonate pelite, locally forming irregular layers up to 1 mm thick. These layers consisting of small thickets of carbonate pelite (Pl. XXVIII, Fig. 3, Fig. 5 and Fig. 6) are covering rock fragments (Pl. XXVIII, Fig. 5 and Fig. 6) or are forming irregular cloudy forms (Pl. XXVIII, Fig. 4). DTA diagram (Fig. 2, curve III) and the Meigen test indicate the presence of calcite with a large admixture of organic matter.

After dissolution of calcite in 20% acetic acid remains a soft mass of Algae having the same shape as the oncolite. Green Algae, Blue-green Algae and Diatoms are present. Prof. dr A. Skirgiełło determined *Plecto-*

nema tomasinianum (K u e t z) B o r n. The morphology and internal structure of these oncolites are similar to the oncolites of the *Nubecularites* type described from the Ordovician of Siberia by V. P. M a s l o v (1960).

As the described oncolites are irregular in shape, and are composed of poorly defined layers, arranged in cloudy patterns they can be ascribed to the morphological type *Nubecularites* and to the group *Nubecularites nubeculariformis*. On account of the presence of microscopic aggregates of carbonate pelite (Pl. XXVIII, Fig. 6) the described oncolites should be determined, according to V. P. M a s l o v's terminology as *Nubecularites nubeculariformis glebulosus*.

The formation of the described oncolites is related probably with both the physiological and biochemical precipitation of calcite by the Algae, according to the terminology of V. P. M a s l o v (1961). The carbonate pelite displays a fine microlamination (Pl. XXVIII, Fig. 4, Fig. 5 and Fig. 6) which is probably due to annual cycles of development of the algal assemblage. The growth of the oncolites from the Tatra Mts is c. 5 — 10 times slower than the growth of the oncolites from Vietnam.

Laboratory of Dynamic Geology
of the Warsaw University
Warsaw, June 1964

translated by R. Unrug

OBJAŚNIENIA TABLIC XXV—XXVIII

Tablica — Plate XXV

Fig. 1. Okruch łupku chlorytowego z otoczką węglanową, stanowisko I w Wietnamie, wielkość naturalna

Fig. 1. A lump of chlorite schist with carbonate layer around it. Locality I, Vietnam. natural size

Fig. 2—6. Onkolity typu *Osagia* ze stanowiska I w Wietnamie, wielkość naturalna

Fig. 2—6. Oncolites of the *Osagia* type, locality I, Vietnam, natural size

Fig. 7. Onkolity w potoku I, Wietnam.

Fig. 7. Oncolites in stream I, Vietnam

Fot. B. D r o z d (fig. 1—6) J. G ł a z e k (fig. 7).

Fig. 1—6 photographs by B. D r o z d

Fig. 7 photograph by the author

Tablica — Plate XXVI

Fig. 1. Polerowany przekrój złożonego onkolitu *Osagia planotumulosa glebulosa*, stanowisko I w Wietnamie, wielkość naturalna

Fig. 1. Polished section of a composite oncolite *Osagia planotumulosa glebulosa*, locality I, Vietnam, natural size

Fig. 2. Polerowany przekrój onkolitu *Osagia planotumulosa glebulosa*, nieco zbliżonego do typu *Ottonosia*, stanowisko I w Wietnamie, pow. 2 ×.

Fig. 2. Polished section of an oncolite *Osagia planotumulosa glebulosa*, approaching somewhat the *Ottonosia* type locality I, Vietnam, magnification 2 ×

Fig. 3. Polerowany przekrój onkolitu *Osagia planotumulosa glebulosa*, stanowisko I w Wietnamie, pow. 2 ×.

Fig. 3. Polished section of an oncolite *Osagia planotumulosa glebulosa*, locality I, Vietnam, magnification 2 ×

Fig. 4. Przekrój największego onkolitu ze stanowiska I w Wietnamie, otoczka onkolitowa obrasta duży okruch łupku chlorytowo-serycytowego; wyraźnie widać zmiany miąższości zewnętrznej porowatej warstewki, wielkość naturalna.

Fig. 4. Section of the largest oncolite from the locality I in Vietnam. The oncolite layer is wrapping a large lump of chlorite-sericite schist. Note the variation of thickness of the outer porous layer. Natural size

Fot. B. Drozd (fig. 1, 4)

W. Barczyk (fig. 2, 3)

Fig. 1 and Fig. 4 photographs by B. Drozd

Fig. 2 and Fig. 3 photographs by W. Barczyk

Tablica — Plate XXVII

Fig. 1. Górna powierzchnia dużego nieforemnego onkolitu pokryta brodawkami, stanowisko I w Wietnamie, wielkość naturalna

Fig. 1. Upper surface of a large oncolite with wart-like protuberances. Locality I, Vietnam, natural size

Fig. 2. Górna powierzchnia onkolitu *Nubecularites nubeculariformis glebulosus* z Tatr, wielkość naturalna.

Fig. 2. Upper surface of an oncolite *Nubecularites nubeculariformis glebulosus*, Tatra Mts, natural size

Fot. B. Drozd

Photographs by B. Drozd

Tablica — Plate XXVIII

Fig. 1. Mikrostruktura onkolitu *Osagia planotumulosa glebulosa*, przekrój równoległy do warstewki, widać skupienia pelitu kalcytowego, Wietnam, stanowisko I, światło zwykłe, pow. ok. 13 ×

Fig. 1. Microstructure of an oncolite *Osagia planotumulosa glebulosa*, section tangential to a layer. Note thickets of pelitic calcite. Vietnam, locality I. Ordinary light, magnification c. 13 ×

Fig. 2. Mikrostruktura onkolitu *Osagia planotumulosa glebulosa*, przekrój prostopadły do warstewek, z prawej strony widać warstewkę drobnokrystalicznego kalcytu, Wietnam, stanowisko I, światło zwykłe, pow. ok. 16 ×.

Fig. 2. Microstructure of an oncolite *Osagia planotumulosa glebulosa*, section normal to layers. Note a layer of crystalline calcite at the right. Locality I, Vietnam. Ordinary light, magnification c. 16 ×.

Fig. 3. Mikrostruktura onkolitu *Osagia planotumulosa glebulosa*, przekrój prostopadły do warstewek (czarne ziarna są resztkami proszku szlifierskiego), Wietnam, stanowisko I, światło zwykłe, pow. ok. 15 ×.

Fig. 3. Microstructure of an oncolite *Osagia planotumulosa glebulosa*, section normal to the layers. Black grains are abrasive powder. Locality I, Vietnam. Ordinary light, magnification c. 15 ×

Fig. 4. Mikrostruktura onkolitu *Nubecularites nubeculariformis glebulosus*, Tatry, światło zwykłe, pow. ok. 50 ×

Fig. 4. Microstructure of an oncolite *Nubecularites nubeculariformis glebulosus*. Tatra Mts. Ordinary light, magnification c. 50 ×.

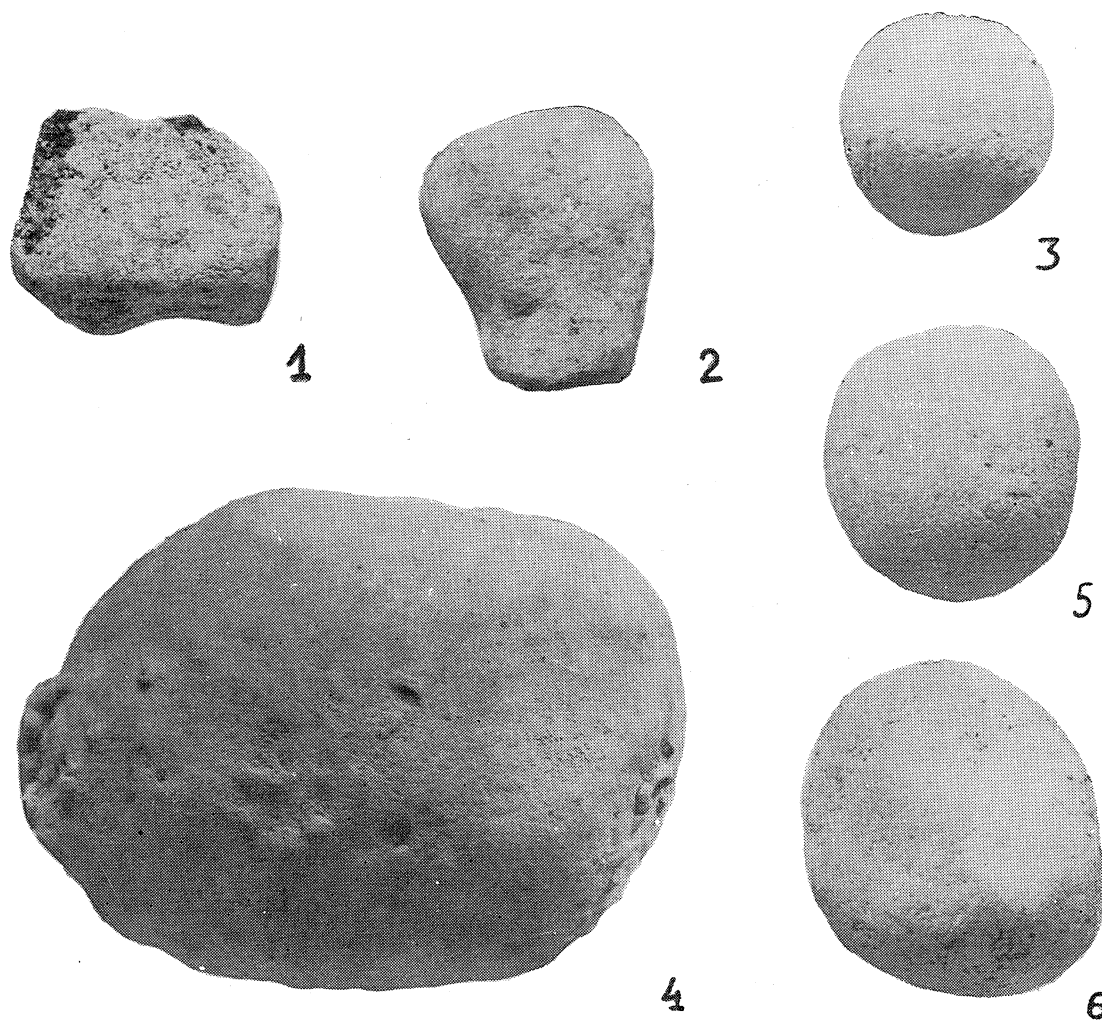
Fig. 5. Fragment otoczki onkolitowej obrastającej okruch mułowca (u dołu) otaczającej (czarny) okruch skały przepojonej uwodnionymi tlenkami Fe, Tatry, światło zwykłe, pow. ok. 40 ×.

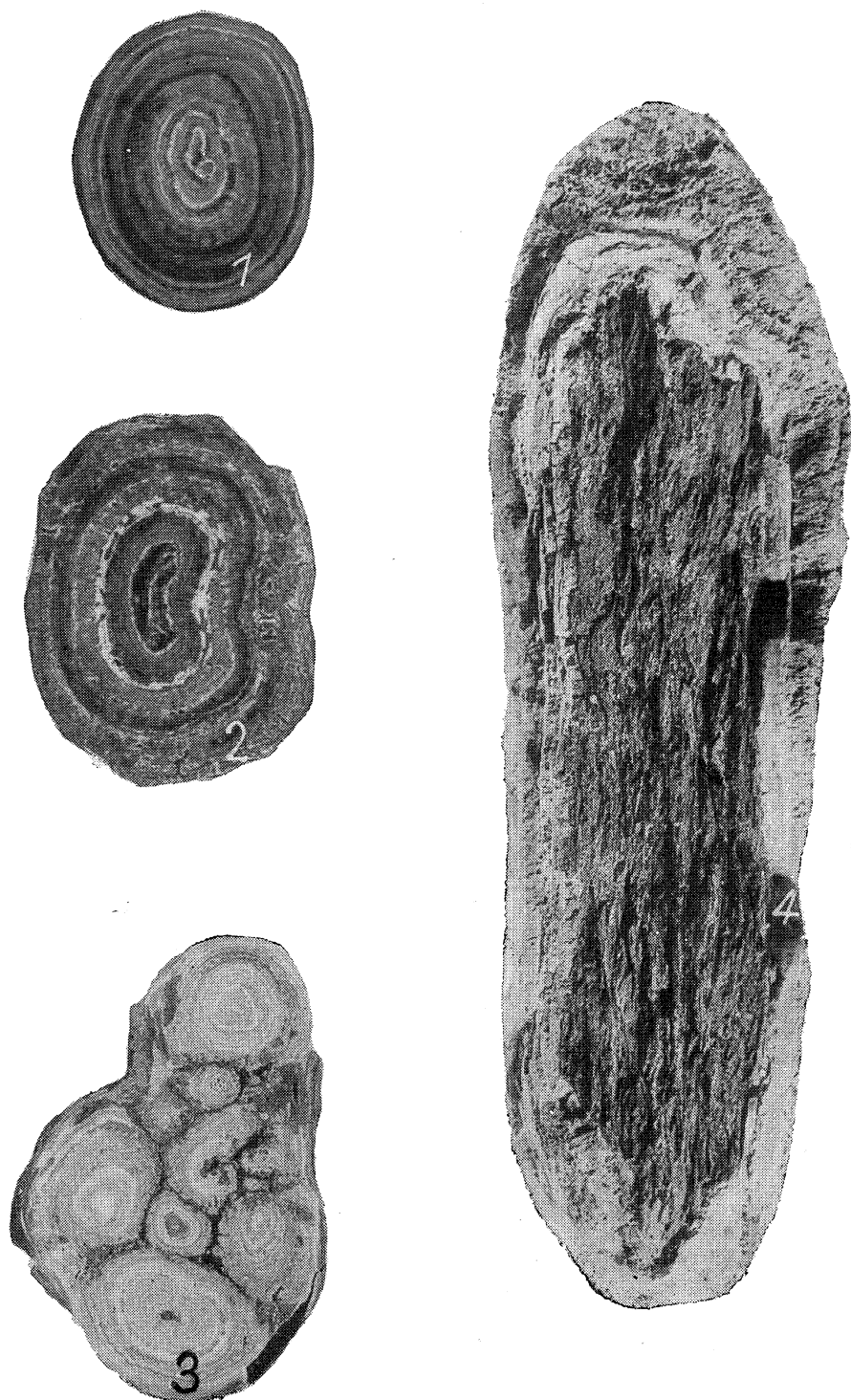
Fig. 5. Fragment of an oncolite layer on a rock fragment, Tatra Mts. Ordinary light, magnification c. 40 ×.

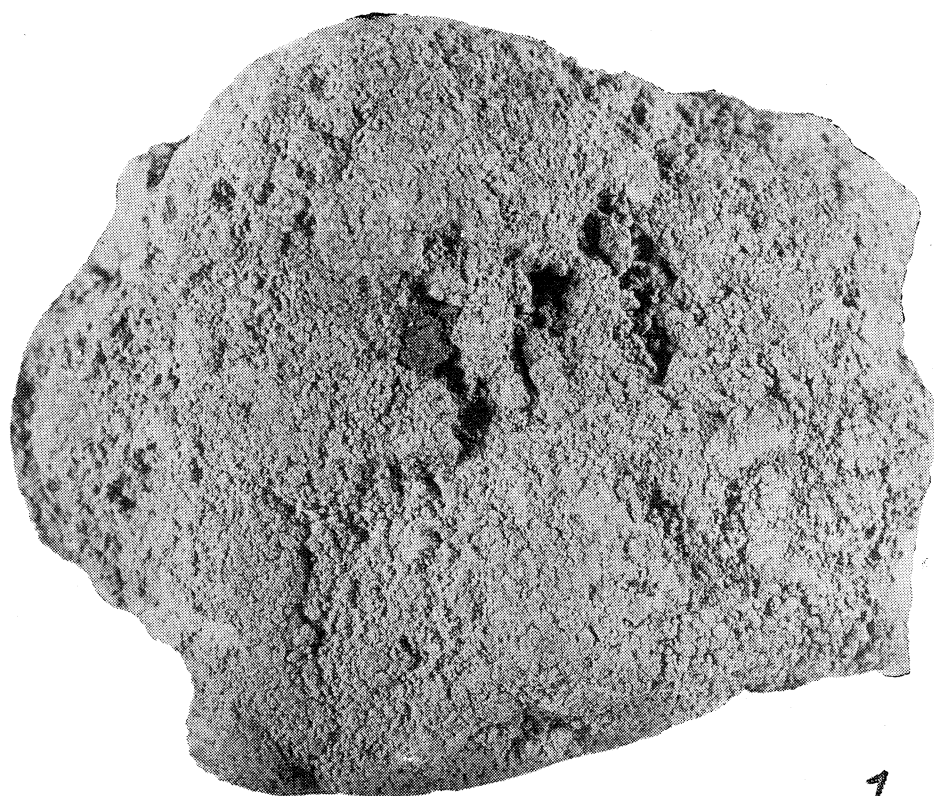
Fig. 6. Mikrostruktura otoczki onkolitowej na okruchu mułowca, Tatry, światło zwykłe, pow. ok. 45 ×.

Fig. 6. Microstructure of oncolite layer on a siltstone lump. Tatra Mts. Ordinary light, magnification c. 45 ×.

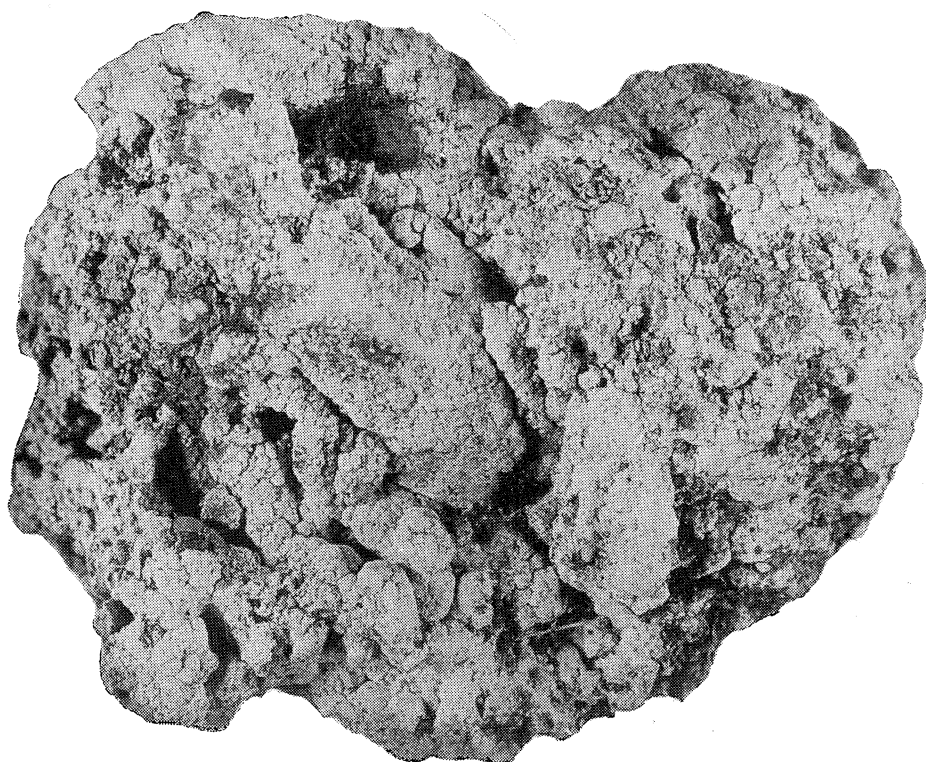
Fot. M. Siemiątkowska All photographs by M. Siemiątkowska







1



2

