

RYSZARD GRADZIŃSKI, RAFAŁ UNRUG

UWAGI O POWSTAWANIU NACIEKU GRZYBKOWEGO W JASKINIACH

(Tabl. XXXII — XXXV)

*Remarks on the formation of fungoidal concretions in limestone
caves*

(Pl. XXXII—XXXV)

Streszczenie. Autorowie opisują pałeczkowate, niewielkie wyrostki zbudowane z węglanu wapnia występujące w jaskiniach. Tego rodzaju utwory naciekowe występują z reguły na porowatym podłożu i ustawione są zawsze prostopadle do jego powierzchni. Powstawanie tego typu nacieków związane jest albo z podsiąkaniem roztworu w porowatym podłożu, albo też z rozpryskiem kropeł skapujących ze stropu jaskini.

WSTĘP

Wśród rozmaitych typów nacieków spotykanych w jaskiniach wapiennych uchodzą zazwyczaj uwagi niewielkie, pałeczkowate lub kuliste wyrostki, które pokrywają nieraz licznie ściany korytarzy albo też powierzchnię większych form naciekowych. Z powodu swego charakterystycznego kształtu zwane są u nas popularnie „grzybkami”. Autorowie proponują dla utworów tego typu nazwę nacieku grzybkowego. Krótkie wzmianki o występowaniu w Polsce tego rodzaju nacieków zamieszczone zostały przez K. Kowalskiego (1953), R. Gradzińskiego i A. Radomskiego (1956) oraz R. Gradzińskiego i Z. Wójcika (1960).

W literaturze dotyczącej nacieków jaskiniowych znaleźć można jedynie wzmianki dotyczące przeważnie podobnych, ale nie identycznych z grzybkami form naciekowych. Utwory najbardziej podobne do grzybków zostały opisane przez Dawkinsa z jaskiń Tenby i jaskiń na Calby Island z Pembrokeshire. Były to maczugowate twory wysokości około 5 mm, rozwinięte na dnie jaskini, które w przekroju wykazywały

charakterystyczne warstwowanie. Dawkins uważał, że przyczyną tworzenia się tego rodzaju nacieków były drobne nierówności dna, na których warstewka wody była cieńsza, co w rezultacie powodowało intensywniejsze wytrącanie się w tych miejscach substancji wapiennej. Według tego autora granica wzrostu uzależniona była od grubości warstwy wody, czego dowodem miała być wysokość tych utworów.

O podobnych naciekaniami wspomina H. B a l c h (1948)¹ nazywając je „coral formation”. Uważa on je za stalagmity związane z rozpryskiem wody (splash stalagmites).

W. P r i n z (1908) w swym fundamentalnym dziele o naciekach jaskiń belgijskich poświęca krótką wzmiankę „concretions globuleuses”, które obserwował na powierzchni namuliska. Z zamieszczonego rysunku (fig. 123, str. 66) wynika jednak, że opisywane przez niego utwory są znacznie większe od typowych nacieków grzybkowych i różnią się od nich kształtem, pomimo dość podobnej struktury, widocznej na przekroju.

G. T. W a r w i c k (1953) zamieszcza fotografię (tabl. VI b) typowych grzybków ze stropu jaskini Mewlade Cave, określając je nazwą „botryoidal stalactites” (stalaktytów groniastych), w tekście nie mówi jednak nic o ich genezie.

W Polsce nacieki grzybkowe spotykane są stosunkowo często, głównie w jaskiniach tatrzańskich. Szczególnie pięknie są one wykształcone w jaskini Miętusiej Wyżniej ², w głównym korytarzu jaskini Zimnej w odległości 40—300 m za otworem, w Wielkiej Szczelinie w jaskini Szczelinie Chochołowskiej, a ponadto w jaskiniach Miętusiej, Mroźnej, Mylnej i szeregu innych. Na obszarze Jury Krakowsko-Wieluńskiej grzybki znane są z jaskiń: Wiercicy, Koralewej i Zbójeckiej. Autorowie oglądali także utwory tego rodzaju w jaskini Temnatej koło Karłukowa (Centralny Bałkan), jaskiniach Dent de Crolles w Chartreuse oraz w słowackich jaskiniach Bielskiej i Lodowej Demenowskiej.

OPIS MORFOLOGICZNY NACIEKU GRZYBKOWEGO

Nacieki grzybkowe występują na stropie, ścianach oraz na dnie korytarzy jaskiniowych, ponadto na zaścielających je luźnych blokach skalnych, a wreszcie na powierzchni niektórych stalagmitów i pokrywowych form naciekowych. Utwory te są zawsze ustawione prostopadle do swego podłoża, niezależnie od jego nachylenia. Bardzo często największe osobniki zgrupowane są na krawędziach wypukłości podłoża, a niekiedy wzdłuż szczelin przecinających popękane stalagmity lub pokrywy naciekowe.

Podłoże, na którym wyrastają pałeczkowate grzybki, stanowi zawsze pokrywa naciekowa, mniej lub więcej porowata. Nigdzie nie obserwowano tworzenia się grzybków bezpośrednio na nagiej powierzchni wapienia.

Grzybki występują zawsze w większych grupach. Wśród sąsiadujących ze sobą osobników istnieje dość znaczne nieraz zróżnicowanie pod wzglę-

¹ Praca ta znana jest autorom jedynie z relacji G. T. W a r w i c k a (1953).

² Zwanej dawniej jaskinią w Małej Świstówce.

dem wielkości i kształtu, przy czym widoczne są formy reprezentujące różne stadia wzrostu. Właściwe grzybki wyrastają na szczytach nierówności podłoża, mających charakter najczęściej niewielkich, kopulastych wybrzuszeń. Drobne grzybki mają z reguły kształt ostro zakończonych stożków wysokości 1—2 mm. Formy większe przypominają zazwyczaj krótkie, zaokrąglone na końcu pałeczki. Często przy końcu grubieją one nieco i przypominają wówczas maczugi albo też grzyby o kulistych główkach. Niekiedy obserwować można także nieregularne zgrubienia pałeczek. Zdarza się też, że ku górze pałeczka rozdwaja się. Czasami z jednego trzonu wyrasta kilka grzybków. Wielkość poszczególnych grzybków wynosi przeciętnie 5—10 mm, często dochodzi do 15 mm, a wyjątkowo tylko przekracza może 20 mm. Średnica waha się zwykle w granicach 2—5 mm (tabl. XXXII, fig. 1, 2, XXXIII, fig. 1, 2).

Niekiedy obserwuje się, że większość sąsiadujących ze sobą grzybków wygięta jest lekko w jednym kierunku.

Z reguły górna, zaokrąglona część pałeczki albo nawet cały grzybek różni się strukturą i zabarwieniem swej powierzchni od podłoża, na którym wzrasta. Największe kontrasty obserwuje się w przypadku grzybków znajdujących w jaskiniach tatrzańskich w strefie wyraźnych sezonowych zmian mikroklimatu, przede wszystkim w jaskini Zimnej i Szczelinie Chochołowskiej. Tego rodzaju grzybki wyróżniają się gładką i zabarwioną na brunatno główką, gdy natomiast boczne ściany ich pałeczek oraz powierzchnia podłoża są znacznie jaśniejsze, białe lub żółtawe, a przy tym matowe i porowate.

Zróznicowanie tego rodzaju zaznacza się w innych przypadkach w znacznie mniejszym stopniu; w jaskini Wiercicy na przykład większa część powierzchni grzybków jest gładka, a różnice struktury powierzchni i w zabarwieniu pomiędzy grzybkiem a podłożem są znacznie mniej wyraźne.

OBSERWACJE MIKROSKOPOWE

Celem zbadania wewnętrznej budowy grzybków przeprowadzono obserwacje płytek cienkich wykonanych z szeregu okazów pochodzących z jaskiń: Zimnej, Szczeliny Chochołowskiej i Wiercicy. We wszystkich przypadkach stwierdzono, że podłoża, na którym wzrastają grzybki, stanowi submikrokryształiczna substancja wapienna o gruzelkowatej strukturze¹ (tabl. XXXIV, fig. 2). W przypadku opisywanych powyżej grzybków z jaskiń tatrzańskich pokrywała ona zazwyczaj skalę cienką, kilkumilimetrowej grubości warstwą, tworzącą szereg wybrzuszeń. Substancja ta makroskopowo i mikroskopowo przedstawia się zupełnie podobnie jak stwardniałe i wyschnięte mleko wapienne odmiany mikrokryształicznej, opisywane przez R. Gradzińskiego i A. Radomskiego (1956). Niekiedy w warstwie tej widać nieciągłe smugi, złożone z dobrze wykształconych kryształów kalcytu. Badania doc. dra T. Wiesera, za

¹ Przy skrzyżowanych nikolach pole widzenia jest jednostajnie rozjaśnione, lecz poszczególne kryształy nie są widoczne nawet przy powiększeniu 300 ×.

które autorowie składają w tym miejscu podziękowanie, wykazały, że kalcyt ten występuje w paramorfozie po aragonicie.

Opisywana warstwa tworzy zawsze pod grzybkami stożkowate wyrzuczenia, na których wyrasta właściwy grzybek (tabl. XXXIV, fig. 2).

Grzybki typu znajdowanego w jaskini Wiercicy zbudowane są z nakładających się na siebie warstewek o mikrokryształicznej, włóknistej strukturze. Grubość poszczególnych warstewek dochodzi do 0,5 mm. W każdej z warstewek poszczególne osobniki kryształów wykazują zgodność orientacji optycznej i ustawione są prostopadle do powierzchni ograniczających warstewkę (tabl. XXXV, fig. 2, 3). Warstewki młodsze obejmują warstewki starsze, dzięki czemu grzybek zawdzięcza swój maczugowaty kształt.

W przypadku grzybków z jaskiń tatrzańskich odznaczających się ciemnymi główkami i białymi, matowymi powierzchniami bocznymi pałeczek budowa wewnętrzna grzybka jest nieco inna. Pałeczkę grzybka tworzą naprzemianległe ciemne i jasne warstewki. Warstewki jasne są grubsze (0,02—0,12 mm) i wykazują mikrokryształiczną, włóknistą strukturę analogiczną do opisanej powyżej. Warstewki ciemne są zazwyczaj cieńsze, osiągają grubość 0,01—0,4 mm i wykazują strukturę submikrokryształiczną, gruzełkową albo też mikrokryształiczną, włóknistą. W tym ostatnim przypadku włókniste kryształy kalcytu przetykają się z ciemnymi gruzełkami należącymi najprawdopodobniej do minerałów ilowych. W tym typie grzybków warstewki zaginają się ku dołowi, lecz na brzegach grzybka przechodzą w gruzełkową, submikrokryształiczną masę, która tworzy zewnętrzną, cienką warstwę na ścianach grzybka, a przedstawia się identycznie jak substancja budująca podłoże (tabl. XXXIV, fig. 2).

Na przekrojach poprzecznych widoczna jest zwykle asymetryczna budowa; warstewki z jednej strony są grubsze niż z drugiej.

Trzeba podkreślić, że na przekrojach nie obserwuje się żadnych śladów wewnętrznych kanałów.

MECHANIZM POWSTAWANIA NACIEKU GRZYBKOWEGO

Wszystkie obserwowane formy nacieku grzybkowego wykazują zawsze kilka wspólnych cech. Są nimi: prostopadłe ustawienie do podłoża, porowate podłoże, kolejne nakładanie się coraz to nowych warstewek kryształowego kalcytu, a wreszcie niewielkie rozmiary tych utworów.

Prostopadłe ustawienie grzybków do podłoża, zupełnie niezależne od kąta jego nachylenia, pozwala z całą pewnością twierdzić, że przy powstawaniu tego rodzaju utworów praktycznie żadnej roli nie odgrywa siła ciężkości. Warunki takie mogą zachodzić w jaskini jedynie wówczas, gdy albo powierzchnia, na której wyrastają grzybki, pokryta będzie odpowiednio cienką błonką wody, przyciąganą siłami molekularnymi, albo też gdy grzybki wzrastać będą pod powierzchnią większego zbiornika wody, kiedy działać będą głównie siły krystalizacyjne. Drugi z tych przypadków musi być odrzucony, ze względu na to, że opisywane utwory występują w korytarzach jaskini, w których brak jest jakichkolwiek śladów okresowego zalewania wodą, a ponadto cały szereg innych danych wskazuje na to,

że wypełnianie wodą tych korytarzy już od dawna nie jest możliwe. Wynika z tego, że powstawanie nacieku grzybkowego musi być związane z istnieniem cienkiej, utrzymywanej siłami molekularnymi błonki wodnej, z której wytrąca się substancja budująca grzybki.

Autorowie przeprowadzili szereg doświadczeń mających na celu zbadanie sposobu doprowadzania roztworu na szczyt pałeczek grzybków. Okazało się, że podłoże grzybków jest silnie nasiąkliwe i przyjmuje od 11 do 28% wody w stosunku do wagi suchej masy. Natomiast krystaliczne partie tworzące pałeczki grzybków nie wykazują praktycznie żadnej nasiąkliwości, podobnie jak i badane dla porównania okruchy grubokrystalicznych nacieków.

Po częściowym zanurzeniu w roztworze soli glauberskiej fragmentu wapienia pokrytego cienką warstwą porowatego nacieku z wyrastającymi na niej grzybkami w ten sposób, by tylko jego najniższa część kontaktowała z roztworem, stwierdzono po 24 godzinach pojawienie się na czubkach grzybków warstewki kryształów $MgSO_4$. Oczywiście krystalizacja $CaCO_3$ przebiega w sposób zupełnie odmienny niż krystalizacja łatwo rozpuszczalnego $MgSO_4$, jednak doświadczenie to dowodzi, że czynnikiem powodującym charakterystyczny wzrost grzybków jest podciąganie roztworu siłami napięcia powierzchniowego w naczyniach włoskowatych istniejących w porowatym podłożu.

W warunkach jaskiniowych film wodny na nienasiąkliwym podłożu, a więc na powierzchni krystalicznego nacieku, może tworzyć się jedynie przy dopływie wody po tej powierzchni lub w warunkach kondensacji pary wodnej. W obu przypadkach praktycznie musi zawsze dojść do szybszego lub wolniejszego grawitacyjnego ściekania lub skapywania wody, a w takim razie będą oczywiście powstawać nacieki odmierne od grzybków. Wskazuje to, że istnienie porowatego podłoża grzybków jest jednym z zasadniczych warunków ich powstawania. Podsiąkająca woda może, szczególnie w warunkach 100-procentowej wilgotności, tworzyć cienkie, izolowane warstewki filmu wodnego, z którego następnie wytrąca się substancja budująca grzybki.

Ostatnio wielu autorów, m. in. E. Steidtmann (1936), J. Fraipont (1950), G. T. Warwick (1953) i A. Bögli (1954), zwraca uwagę, że w warunkach jaskiniowych zmiany ciśnienia cząstkowego CO_2 w wodzie mają decydujący wpływ na powstawanie nacieków. Jednakowoż w tej sytuacji, w jakiej wzrastają grzybki, np. na niemal izolowanych od podłoża, luźnych blokach, a przy całkowitym braku skapującej ze stropu wody, trudno jest przyjmować decydujący wpływ tego rodzaju czynnika.

Istnienie nakładających się warstewek widocznych na przekroju grzybka wskazuje wyraźnie, że proces jego wzrostu nie jest ciągły, lecz odbywa się okresowo.

Nakładanie się kolejnych warstewek można tłumaczyć albo okresowym zwilżaniem powierzchni grzybka, albo też okresowymi zmianami w stężeniu i składzie zwilżającego ją stale roztworu. Szereg danych świadczy o tym, że normalnie wzrost grzybka odbywa się w warunkach okresowego zwilżania, choć oczywiście nie można zupełnie wykluczać przypadku drugiego.

W jaskiniach tatrzańskich nacieki grzybkowe tworzą się z reguły w korytarzach położonych niezbyt daleko od otworu albo też kontaktu-

jących się szczelinami z powierzchnią, w których w związku z tym zaznaczają się wyraźnie zmiany mikroklimatyczne. Podkreślić tutaj trzeba, że zdaniem W. Starzeckiego (1959) na stan wilgotności w jaskini, a tym samym na istnienie warunków sprzyjających parowaniu lub kondensacji pary wodnej, wpływają przede wszystkim ruchy powietrza, a w mniejszym znaczeniu stopniu ilości wody dopływającej w różnych porach roku do jaskini.

Autorowie wielokrotnie mieli możliwość obserwować w zimie bardzo daleki zasięg strefy mrozu w jaskini Zimnej¹. Strefa ta pokrywa się mniej więcej ze strefą występowania typowych grzybków odznaczających się brunatnym zabarwieniem główki i jasną warstewką na trzonku. Nie ulega wątpliwości, że w tych korytarzach dochodzi do okresowego wysuszenia powierzchni nacieków, a następnie zwilżania ich wodą pochodzącą częściowo z kondensacji, a częściowo z dopływu szczelinami. Siły kapilarne działające w porowatym podłożu podciągają roztwór w górę, dostarczając go na szczyt grzybków, gdzie następuje krystalizacja. Przebieg tych procesów jest skomplikowany. Najprawdopodobniej zachodzi tutaj dyfuzja jonów węglanu wapnia z roztworu znajdującego się w porach podłoża do powierzchniowej błonki czystej wody pochodzącej z kondensacji.

Powstający w taki sposób roztwór posiada niewielkie stężenie, co być może sprzyja wytrącaniu się aragonitu. Zagadnienie powstawania aragonitu w warunkach jaskiniowych jest bardzo złożone i jeszcze nie we wszystkich szczegółach wyjaśnione. Według M u r r a y a (1954) czynnikami sprzyjającymi powstawaniu aragonitu są: wysoka temperatura, niska koncentracja $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ w roztworze oraz obecność Mg, Sr i Pb. Czynniki fizyczne, takie jak wielkość dopływu wody, wielkość powierzchni, na której odbywa się krystalizacja, oraz względna wilgotność powietrza wpływają na wytrącanie się kalcytu lub aragonitu poprzez oddziaływanie na skład i stężenie roztworu. Najbardziej zagadkowym jest powstawanie aragonitu w warunkach niskich temperatur występujących w jaskiniach, w których obserwowano nacieki grzybkowe. Na możliwość tworzenia się aragonitu w takich warunkach wskazuje też T. G a n t i (1957).

Jest rzeczą bardzo prawdopodobną, że porowata substancja, pokrywająca cienką warstewką trzonek grzybków i stanowiąca ich podłoże, a przypominająca mleko wapienne, jest związana z wymarzeniem. Należy tu wspomnieć, że zdaniem F. T r o m b e ' a (1952) powstawanie mleka wapiennego wiąże się z jednoczesną krystalizacją hydrokalcytu i lodu w temperaturze poniżej 0°. Jakkolwiek tłumaczenie to nie wydaje się prawdopodobne w odniesieniu do typowego, plastycznego mleka wapiennego, to jednak występowanie w opisywanym wyżej przypadku warstewki porowatego nacieku w wielu korytarzach jaskiń tatrzańskich znajdujących się w strefie silnego wymarzenia jest zapewne wynikiem opisanego wyżej procesu.

Okresowe zwilżanie powierzchni grzybków może także zachodzić w przypadku skapywania wody w ich sąsiedztwie. W jaskini Wiercicy autorowie obserwowali tego rodzaju utwory rozwijające się w strefie zwilżanej bardzo delikatną mgiełką wody pochodzącej z rozprysku kropel

¹ Dane na ten temat podaje także K. K o w a l s k i (1955).

na pobliskim stalagmicie. W miejscach, gdzie ilość wody była zbyt duża i nie mogła być rozprowadzona przez porowate podłoże, lecz zaczynała spływać grawitacyjnie, grzybki przeradzały się w naciek nerkowaty bądź też formy spływowe. Widoczne były przejścia od partii nacieku z drobnymi grzybkami poprzez partie z grzybkami rozrośniętymi, niemal kulistymi, do nacieku nerkowatego i gładkich pokryw naciekowych. W takim przypadku narastanie kolejnych warstewek na grzybkach mogło być powodowane nie tylko przez parowanie, ale przede wszystkim wskutek zmian ciśnienia cząstkowego w skapującym roztworze oraz przez nieregularne dostarczanie roztworu przy rozprysku kropel. Niemniej jednak i tutaj powstawanie grzybków było związane z obecnością porowatego podłoża — trawertynowego nacieku o gruzłowatej, submikrokryształicznej strukturze.

Opisany powyżej naciek grzybkowy z jaskini Wiercicy reprezentuje drugi rodzaj tego rodzaju utworów, których narastanie związane jest w tym przypadku ze zwilżaniem przez wodę pochodzącą z rozprysku. Grzybki tego rodzaju znane są nie tylko z jaskiń Jury Krakowsko-Wiełuńskiej, ale także z jaskiń tatrzańskich.

Pozostaje do rozpatrzenia zagadnienie powstawania wybrzuszeń podłoża, na których wyrastają grzybki, oraz problem mechanizmu narastania samego grzybka.

Zdaniem autorów kopulaste wybrzuszenia podłoża powstają najprawdopodobniej na skutek zaakcentowania pierwotnych nierówności przez intensywniejsze wytrącanie się węglanu wapnia po powierzchniach o dodatnim promieniu, zgodnie z ogólnymi prawidłami procesów krystalizacyjnych. Być może odgrywa tu też pewną rolę niejednorodne zagęszczenie kanałów kapilarnych w porowatym podłożu w związku z jego gruzełkowatą strukturą.

Wybrzuszenia podłoża po osiągnięciu odpowiednio dużych rozmiarów stają się bardziej podatne na wysuszenie niż wklęsłe (o ujemnym promieniu krzywizny) części podłoża, gdyż na jednostkę ich objętości przypada większa powierzchnia. Kolejne wysuszenie i zwilżanie szczytów wybrzuszeń stwarza warunki sprzyjające tworzeniu się krystalicznej, włóknistej substancji. Z chwilą jej pojawienia się zmieniają się warunki dopływu roztworu na szczyt grzybka, co w rezultacie prowadzi do narastania dalszych, krystalicznych warstewek. Dowodem na tego rodzaju mechanizm narastania grzybka może być fakt, że najstarsza z warstewek ma z reguły kształt niewielkiego, stromeego stożka.

WNIOSKI KOŃCOWE

1. Naciek grzybkowy stanowi odrębną grupę wśród nacieków jaskiniowych. Charakterystycznymi cechami grzybków są: prostopadły niemal wzrost w stosunku do podłoża, niewielkie rozmiary, mikrokryształiczna struktura, koncentryczna budowa widoczna w przekroju poprzecznym a swoiście warstwowana w przekroju podłużnym, brak wewnętrznego kanałka alimentacyjnego, a wreszcie porowate, zwykle submikrokryształiczne podłoże.

2. Warunkami tworzenia się grzybków są:

a) porowate, nasiąkliwe podłoże spełniające rolę środka rozprowadzającego roztwór,

b) wytrącanie się budujących grzybek kryształów z tak cienkiego filmu wodnego, że praktycznie nie działa na nie siła grawitacji.

3. Dopływ roztworu na szczyt grzybka odbywać się może bądź na drodze kapilarnego podsiąkania z podłoża i dyfuzji ze zwilżającą grzybek wodą pochodzącą z kondensacji, bądź też przez zwilżanie drobno rozpyloną wodą pochodzącą z rozprysku. W pierwszym przypadku niskie stężenie roztworu może sprzyjać wytrącaniu się pierwotnego aragonitu.

4. Mechanizm powstawania grzybków pozwala je zaliczyć do grupy nacieków, którą autorowie proponują nazwać naciekami agrawitacyjnymi. Oprócz grzybków do tej grupy należą heliktyty, rozmaitego rodzaju drobne wyrostki krystaliczne oraz krystaliczne utwory tworzące się w jaskiniowych zbiornikach wodnych.

Zakład Geologii Uniwersytetu Jagiellońskiego
Kraków

WYKAZ LITERATURY

REFERENCES

1. Balch H. E. (1943), Mendip — its swallet caves and rock shelters. 2nd ed., Bristol.
2. Bögli A. (1954), Das Verhalten von Karbonaten in der Natur. Die Höhle, Wien.
3. Dawkins W. B. (1874). *Cave Hunting*. London.
4. Fraipont J. (1950), The dissolution of limestone and cave crystallisation. *Cave Science* XXI.
5. Gánti T. (1957), Pisolites and pisolitelike formations. *Acta Univ. Szegediensis, Acta Mineralogica-Petrographica*, v. X, pp. 15—18.
6. Gradziński R. & Radomski A. (1956), Utwory naciekowe z mleka wain the Szczelina Chochołowska cave. *Rocz. Pol. Tow. Geol. (Ann. Soc. Geol. Polon.)* XXV.
7. Gradziński R. & Wójcik Z. (1960), Szata naciekowa polskich jaskiń. *Ochr. Przyr.* XXVII (w druku).
8. Kowalski K. (1953), *Jaskinie Polski* (Les cavernes de la Pologne), vol. II, Warszawa.
9. Kowalski K. (1955), Fauna jaskiń Tatr Polskich (The cave fauna of the Polish Tatra Mountains), *Ochr. Przyr.* XXIII.
10. Murray J. W. (1954), The deposition of calcite and aragonite in caves. *Journ. of Geology*, v. 62, pp. 481—492.
11. Prinz W. (1963), Les cristallisations des grottes de Belgique. *Nouv. Mém. Soc. Belge Géol.*, Bruxelles.
12. Starzecki W. (1959), Badania mikroklimatyczne w jaskiniach południowej części Wyżyny Małopolskiej (Microclimatic research in caves of the southern part of Małopolska Highlands). *Ekologia Polska*, ser. A., nr 7.

13. Steidtmann E. (1936), Travertine-depositing waters near Lexington. *Jour. of Geol.* vol. 44.
14. Trombe F. (1952), *Traité de spéléologie*, Paris.
15. Warwick G. T. (1953), *Cave formations and deposits*. British Caving, London.

SUMMARY

Abstract. The authors describe small, rod-shaped and fungoid-like concretions formed of calcium carbonate and occurring in some limestone caves. Such concretions are always growing on a porous substratum and their long axes are normal to the plane of the substratum. This type of concretions is formed either by carrying up the solution of calcium carbonate in the capillar tubes of the porous substratum or by splash.

Small, rod-shaped and fungoid-like concretions occurring on the walls of many limestone caves received until now little attention. The existence of such concretions in some caves in Poland was briefly noted by K. Kowalski (1953), R. Gradziński and A. Radomski (1956), and R. Gradziński and Z. Wójcik (1960).

Only very short notes concerning similar, but probably not identical concretions were found by the present writers in the speleological literature. The concretions described by B. Dawkins (1894, fide G. T. Warwick 1953) and Prinz (1908, fig. 23, p. 66) under the name of „coral formations” have roughly similar shape and internal structure to the formations described in this paper; the „botryoidal stalactites” presented by G. T. Warwick (1953, Plate VI b) are most probably identical with the fungoid concretions. Splash stalagmites described by Balch (1948, fide G. T. Warwick 1953) may be closely related with one of the types of the fungoid concretions described in this paper. Similar structures are also described by T. Gánti (1957).

The rod-shaped and fungoid-like concretions are found in Poland in several caves in the Tatra Mts, e. g. in the Miętusia Wyznia Cave, Zimna Cave, Szczelina Chochołowska Cave, Mroźna Cave, Mylna Cave and others. In the Kraków — Wieluń ridge they are found in the Wiercica Cave, Korolowa Cave and Zbójecka Cave. The authors observed also such concretions in some caves in the Balcan Mts in Bulgaria, and in the Caves of the Dent de Crolles in Chartreuse.

MORPHOLOGIC DESCRIPTION OF THE CONCRETIONS

The fungoid concretions occur always in groups. Neighbouring individuals within one group represent often various phases of growth. The young concretions have the shape of small cones 1 or 2 mm high. The older ones are rod-shaped and attain the height of 5 to 10 mm. The best developed forms have globular „heads” placed at the top of the rods

and reach thus the fungoid shape. Such well developed fungoid concretions may be 20 mm high; their rods have diametres of 2 to 5 mm (Plate XXXII Fig. 1 and Fig. 2, Platte XXXIII Fig. 1 and Fig. 2).

As a rule these concretions are growing up on slight dome-shaped protuberances of the substratum. They occur on the roof, walls and floor of cave galleries, as well as on the weathered surface of some stalagmites. The substratum of the fungoid concretions is always formed of a porous concretionary layer. As a rule the axes of the fungoidal concretions are almost exactly perpendicular to the plane of the substratum, independently of its inclination.

MICROSCOPIC OBSERVATIONS

Microscopic observations of thin sections proved, that in all cases the substratum of the fungoidal concretions is composed of a submicrocrystalline¹ aggregate of calcium carbonate displaying a nodular structure. It resembles very much the microcrystalline variety of moon-milk (R. Gradziński, A. Radomski 1956) in a dry state. Streaks of well developed calcite crystals are present sometimes. According to doc. dr T. Wieser the fungoids are composed of calcite, but with distinct paramorphose, after aragonite.

The fungoid concretions display two types of internal structure. In the type represented by the specimens collected in the Wiercica Cave the cone-shaped swelling of the substratum is covered by fibrous layers of microcrystalline calcite up to 0,5 mm thick. The younger layers are arranged in a concentric manner and this is the cause of the fungoid shape of the concretion. Macroscopically this type of concretions is characterised by a smooth yellow or light brown surface.

The specimens of fungoid concretions collected in the Zimna Cave and Szczelina Chochołowska Cave in the Tatra Mts display another type of internal structure. Both the rod and the head of the concretion are formed of alternating light and dark layers. The light layers, composed of fibrous microcrystalline calcite, are 0,02—0,12 mm thick; the dark ones display either a submicrocrystalline texture, or are composed of fibrous calcite crystals interwoven with dark nodules of clay. The thickness of these dark layers ranges up from 0,01 to 0,04 mm. The individual layers are bent upward and towards the sides of the rod they are passing gradually into a submicrocrystalline nodular aggregate displaying a structure closely similar to that of the substratum. (Plate XXXIV Fig. 2). The heads of concretion of this type are smooth and have either a brown or a yellow colour. Instead, the rods are white, dull, and porous.

¹ With crossed nicols the entire field of view is light, but individual crystals are not discernible even when the magnification 300 × is used.

THE MODE OF FORMATION OF THE FUNGOID CONCRETIONS

The both types of the fungoid concretions display several common features; the long axes of the concretions are normal to the plane of the substratum independently of its position, the concretions are composed of successive layers, and they never reach large dimensions. No traces of a central canal are present in horizontal and vertical sections.

The position of the axes of the concretions which are always normal to the plane of the substratum suggests, that gravity is not involved in the formation of the fungoids. Such conditions of formation of the concretions are reached when either the surface of the concretion is covered by a thin film of water containing calcium carbonate in solution and kept at by molecular forces, or when the concretion is formed inside a basin, under the water table; crystallisation forces are involved in this case. The later explanation must be discarded, as the fungoid concretions occur in galleries displaying no traces of inundation.

The authors carried out several experiments in order to determine the way in which water is supplied to the top of the fungoid concretions. It was found, that the porous substratum can absorb 11 to 28 weight percent of water. A chip of the porous substratum with some fungoid concretions was placed in a solution of magnesium sulphate; only a half of the thickness of the substratum was submerged; after 24 hours small crystals of magnesium sulphate formed caps on the heads of the concretions. Of course, the process of crystallisation of calcium carbonate is different and more complex than the crystallisation of magnesium sulphate, but the experiment proved clearly, that the solution is carried upwards by mean of capillar forces in the capillar tubes present in the porous substratum of the fungoid concretions. The smooth surface of the brown coloured heads of the fungoids, which is the site of formation of the successive layers is not porous and is not easily wetted by water. In the opinion of the authors a thin film of water can be produced on this surface by condensation. The porous texture of the substratum (and of the sides of the rod in the type of fungoids found in caves of the Tatra Mts) prevents the water film to flow down under the action of gravity. The calcium carbonate ions are supplied to the water film formed by condensation by mean of diffusion from the solution present in the capillar tubes of the substratum. Therefore the solution formed on the top of the growing concretion has a very low concentration of calcium bicarbonate, and this is probably the cause of the formation of the primary aragonite. Murray (1954) notes the low concentration of calcium bicarbonate among the most important factors stimulating the formation of aragonite. The puzzling fact is, that aragonite is forming in very low temperatures in the caves in which the fungoids occur. The possibility of formation of aragonite in low temperatures was noted by T. Gánti (1957).

The presence of successive layers indicates, that the growth of the fungoid concretions is not continuous. This can be explained either by variations in the concentration of calcium carbonate in the solution, or by sea-

sonal evaporation and condensation of water on the heads of the fungoids. In the opinion of the authors the latter process is more important ¹.

The fungoids occur in most cave not far from the entrance and in galleries connected by fissures with the surface, i. e. in zones, in which strong movements of air are present, leading to pronounced changes of the microclimate. It has been recently demonstrated by W. Starzecki (1959) that microclimatic conditions favouring either evaporation or condensation are depending chiefly on movements of air in the cave, and on the exchange of air between of the cave and the surface. Seasonal evaporation and condensation in the cave galleries in the Tatra Mts in which fungoids occur is beyond doubt.

Because of intense exchange of air between the cave and the surface the temperature falls below 0° C each winter in these cave galleries. This is probably the cause of the formation of the porous substratum of the fungoids. According to Trombe (1952 p.) simultaneous crystallisation of hydrocalcite and ice in the temperature below 0° C leads to the formation of moon milk. This explanation seems not probable in the case of the typical plastic moon-milk which occurs often in galleries remote from the entrance where the temperature does not fall below 0° C, but the formation of a porous, submicrocrystalline, soft, but not plastic, moon-milk-like layer on the walls of the galleries discussed can be probably accounted for in this way.

The same process can explain the origin of the white and porous surface of the rods. The heads of the fungoids which are subject to the most intense evaporation in the first phase of inflow of the cold air from the surface into the cave are not influenced by the decrease of the temperature.

In the case of the fungoid concretions occurring in the Wiercica Cave another explanation is proposed. The fungoids are growing here in a zone of splash. However, a porous substratum of the fungoids was found also in this case. Here the succession of layers forming the fungoid is caused by the seasonal supply of water by splash, and possibly also by variations of the partial pressure of carbon dioxide in the solution which is coming from a fissure in the roof. Detailed studies of microclimate were not carried out in this cave, but it is sure that variations of temperature are far smaller than in the discussed caves of the Tatra Mts.

The role of the porous substratum in this type of water supply is to prevent the flow under the action of gravity. However in places where the water supply was abundant the whole water could not be absorbed by the substratum; transition forms between fungoids and flowstone formations are present in such places.

The formation of the dome-shaped swellings of the substratum on which the fungoids are growing is caused by a more intense deposition of calcium carbonate on small original convex irregularities of the substratum. It is possible that the non-uniform distribution of the capillar tubes in the porous substratum — also of some importance in this process.

¹ In the opinion of the authors the partial pressure of CO₂ is not subject to pronounced changes in the process of formation of the fungoid concretions.

When the dome-shaped protuberances reach a comparatively large size their high surface: volume ratio facilitates seasonal drying by evaporation. It is possible that the seasonal drying and wetting of the tops of the dome-shaped swellings of the porous microcrystalline concretio-nary layer and possibly also some diluting of the solution of calcium carbonate present in the capillar tubes by water condensed on the tops are creating favourable conditions for the formation of the microcrystal-line fibrous layer of calcite.

FINAL CONCLUSIONS

1. The fungoid concretions are a type of cave deposits characterised by the following features: the long axes of the concretions are always normal to the plane of the substratum, the concretions are composed of successive and approximatively concentric layers of microcrystalline calcite, generally fibrous, the substratum of the concretions is always porous and generally submicrocrystalline.

2. The solution of calcium carbonate is maintained in the capillary tubes present in the porous substratum. The microcrystals of primary aragonite are formed in films of solution of so small thickness, that the gravity forces acting upon it are balanced by molecular forces.

3. The solution of calcium carbonate is provided on the top of the growing fungoid concretion either by rising in the capillary tubes of the substratum and diffusion to the film of water formed by condensation, of by wetting by splash. The low concentration of calcium bicarbonate in the solution reaching the top of the fungoid concretions favours the formation of aragonite. The formation of successive layers is caused by variations of microclimate in the first case, and by seasonal and irregular splash in the second one.

4. The authors propose the term „a-gravitational concretions” for these types of cave formations, which are not formed by water flowing under the action of gravity. This term include helictites and related types of crystalline formations, fungoidal concretions, and pool deposits.

*Department of Geology,
Jagellonian University, Cracow.*

OBJAŚNIENIA TABLIC
EXPLANATION OF PLATES

Tablica XXXII

Plate XXXII

- Fig. 1. Naciek grzybkowy z jaskini Szczeliny Chochołowskiej. Powiększenie ok. 2 ×
- Fig. 2. Naciek grzybkowy z jaskini Zimnej. Widoczna jest dobrze różnica między gładkimi, brunatnymi główkami grzybków, a matowymi, jasnymi ich ścianami i podłożem. Powiększenie ok. 5 ×
- Fig. 1. Fungoid concretions from the Szczelina Chochołowska Cave. Magnification about 2 ×
- Fig. 2. Fungoid concretions from the Zimna Cave. Note the difference of the smooth, dark-coloured heads of the concretions and the dull, light-coloured sides and substratum. Magnification about 5 ×

Tablica XXXIII

Plate XXXIII

- Fig. 1. Fragment ściany pokrytej naciekiem grzybkowym. Jaskinia Zimna, 100 m od otworu
- Fig. 2. Fragment stalagmitu pokrytego grzybkami. Na powierzchni stalagmitu widoczne odskorupienia spowodowane wietrzeniem. Wysokość objętej fotografią części stalagmitu wynosi ok. 80 cm. Jaskinia Zimna
- Fig. 1. A wall of a cave gallery covered with numerous fungoids. Zimna Cave, 100 metres from the entrance
- Fig. 2. A fragment of a weathered stalagmite with fungoid concretions

Tablica XXXIV

Plate XXXIV

- Fig. 1. Stalagmit pokryty grzybkami, związanymi z rozpryskiem wody. Wysokość okazu 20 cm. Jaskinia Wiercica
- Fig. 2. Przekrój grzybków: A — wapień piaszczysty; B — podłoże submikrokryształiczne; C — mikrokryształiczne warstewki pałeczki grzybka; D — submikrokryształiczna warstewka na ścianach grzybka. Okaz z jaskini Szczeliny Chochołowskiej. Powiększenie ok. 8 ×. Fotografia w świetle odbitym. Widoczne na zdjęciu spękania grzybka powstały w czasie wykonywania płytki cienkiej
- Fig. 1. A stalagmite with fungoids of the splash type. The stalagmite is 20 cm high. Wiercica Cave
- Fig. 2. Cross-section of the fungoids: A — sandy limestone; B — submicrocrystalline substratum; C — microcrystalline layer of the rod; D — submicrocrystalline layer on the side surface of the rod. Specimen collected in the Szczelina Chochołowska Cave. Magnification about 8 ×. Macrophotography in reflected light. The fractures were formed during the preparation of the thin section.

Tablica XXXV

Plate XXXV

- Fig. 1. Poprzeczny przekrój grzybka. Powiększenie ok. 15 ×. Okaz z jaskini Szczeliny Chochołowskiej. Fotografia w świetle odbitym
- Fig. 2. Obraz mikroskopowy podłoża grzybków (oznaczonego literą B na tabl. XXXIV, fig. 2). Nikole skrzyżowane. Powiększenie ok. 400 ×
- Fig. 3. Obraz mikroskopowy warstwowanej części pałeczki grzybka w przekroju podłużnym. Nikole skrzyżowane, (oznaczenie literą C na tabl. XXXIV, fig. 2). Powiększenie 400 ×
- Fig. 4. Obraz mikroskopowy warstwowanej części pałeczki grzybka (oznaczenie jak wyżej). Nikole skrzyżowane, obraz maksymalnie rozjaśniony. Powiększenie 400 ×.
- Fig. 1. Horizontal cross-section of a fungoid. Magnification about 15 ×. Specimen collected in the Szczelina Chochołowska Cave. Macrophotography in reflected light.
- Fig. 2. Photomicrogram of the submicrocrystalline substratum of the fungoids (marked by B on Plate XXXIV, Fig. 2). Crossed nicols. Magnification about 400 ×
- Fig. 3. Photomicrogram of the microcrystalline layered rod. Longitudinal cross-section (marked by C on Plate XXXIV, Fig. 2). Crossed nicols. Magnification about 400 ×.
- Fig. 4. The same as Fig. 3, crossed nicols, in the position of minimum of extinction.







