

RYSZARD GRADZIŃSKI I ANDRZEJ RADOMSKI

UTWORY NACIEKOWE Z „MLEKA WAPIENNEGO” W JASKINI SZCZELINIE CHOCHOŁOWSKIEJ

(Tabl. V—IX i 14 fig.)

Cavern deposits of „Rock Milk” in the Szczelina Chochołowska Cave

(Pl. V—IX and 14 fig.)

Streszczenie: Autorowie opisują utwory naciekowe z jaskini Szczeliny Chochołowskiej (Tatry zachodnie) zbudowane z miękkiej substancji wapiennej zwanej pospolicie mlekiem wapiennym. W pracy podany jest mechanizm powstawania opisywanych form naciekowych oraz obserwacje dotyczące składu chemicznego i struktury mleka wapiennego.

WSTĘP

Jaskinia Szczelina Chochołowska zajmuje wyjątkowe stanowisko wśród jaskiń Tatr polskich. Zawdzięcza je ona swej szacie naciekowej, która chociaż uboga w porównaniu z jaskiniami zagranicznymi jest jednak urozmaicona i najbogatsza spośród polskich jaskiń tatrzańskich. Dzięki temu, że blisko 95% korytarzy jaskini zostało odkrytych niedawno (w r. 1951), a sama jaskinia z powodu ciasnoty wstępnych partii i trudności wspinaczkowych, jakie następczą jej dalsze korytarze, jest rzadko zwiedzana, jej utwory naciekowe w przeciwieństwie do wielu innych, łatwo dostępnych jaskiń są do tej pory w niewielkim tylko stopniu zniszczone.

Większość nacieków spotykanych w jaskini Szczelinie zbudowana jest z miękkiej masy wapiennej zwanej pospolicie mlekiem wapiennym¹, nacieki normalne są znacznie rzadsze. Nacieki z mleka wapiennego rozwinięte są bardzo różnorodnie. Najczęściej spotykanymi formami jest tzw. „naciek welnisty” i „pola ryżowe”². Obserwuje się również formy w kształcie nawisów, warkoczy, zasłon i draperii. Mleko wapienne w postaci rzadkiej, galaretowato-piłśniowej masy pokrywa

¹ Termin „mleko wapienne” powstał zapewne z „kamiennego mleka”, pod którym m. in. J. G. Pawlikowski (1887) rozumiał rozmaite nacieki jaskiniowe. Nazwy „mleko wapienne” używają np. T. Żmuda, K. Kowalski (1953).

² Opis tych form znajduje się na stronie 69 — 71.

też dna kilku jeziorzek. Z mleka wapiennego wreszcie zbudowane są pizolity znajdujące w zbiorniczkach wodnych „pól różowych”.

Plastyczna substancja określana nazwą mleka wapiennego znana jest z wielu jaskiń¹. Wspominają o niej między innymi J. Kunský (1950), F. Trombe (1952), J. Dvořák (1953), K. Kowalski (1953), V. Lenčo (1953), R. Kettner (1954). W literaturze anglosaskiej znana jest ona pod nazwą rock meal, rock milk, moon milk, w niemieckiej i francuskiej używane są terminy Bergmilch, Mondmilch, a w czeskiej nickaminek. Na podstawie opisów przytaczanych przez różnych autorów nasuwa się wniosek, że mamy do czynienia albo z różnymi odmianami tej samej substancji, albo z różnymi fazami jej powstawania. Natomiast brak jest prawie zupełnie w literaturze opisu form naciekowych tworzących się z mleka wapiennego. Również w przeciwieństwie do nacieków normalnych (stalaktyty, stalagmity itp.) bardzo mało wiemy w wielu przypadkach o mechanizmie ich powstawania. Pewne światło na to zagadnienie rzucają zebrane przez nas obserwacje.

Uważamy za swój miły obowiązek podziękować w tym miejscu Prof. drowi Antoniemu Gawłowi, Doc. drowi Stanisławowi Dzużyńskiemu i Doc. drowi Andrzejowi Michalikowi za uwagi i dyskusję, Doc. drowi Andrzejowi Obercowi za umożliwienie nam korzystania z laboratorium, a mgrowi Wojciechowi Narebskiemu i mgrowi Witoldowi Żabińskiemu za wykonanie analiz chemicznych. Dziękujemy również wszystkim towarzyszom wycieczek jaskiniowych za pomoc podczas wykonywania obserwacji.

OPIS JASKINI

Szczelina Chochołowska położona jest w dolinie Chochołowskiej w Tatrach zachodnich². Posiada ona dwa otwory: dolny na wysokości około 1050 m npm. (tj. ok. 20 m nad dnem doliny) i górny, znajdujący się dalej na południe w stosunku do poprzedniego na wysokości około 1070 m npm. Oba te otwory znajdują się na stoku masywu Bobrowca ponad prywatnym schroniskiem turystycznym.

Jaskinia jest rozwinięta w wapieniach jurajskich serii Kominów Tylkowych. Stratygraficznie najniższym ogniwem występującym w jaskini są rdzawo brunatne, piaszczyste wapienie liasu, budujące na pewnych odcinkach południowe ściany Wielkiej Szczeliny i Komory Widły. Większa część korytarzy jaskini wytworzona jest w drobnokrystalicznych, nieco krzemionkowych, kremowo-brązowych wapieniach o muszlowym przełamie reprezentujących malm. W partiach położonych w pobliżu dolnego otworu pojawiają się leżące najwyżej czerwone wapienie pelityczne i czerwone wapienie bulaste. Upad warstw waha się od 40 do 60° ku północy.

Ogólna długość znanych korytarzy jaskini wynosi 1670 m. Jaskinia rozciąga się w kierunku wschód-zachód na przestrzeni około 330 m.

¹ W Tatrach mleko wapienne występuje w kilku jaskiniach (m. in. w jaskini Zimnej, Mroźnej, Bielskiej, Groby).

² Dojście do jaskini, plan i opis topograficzny podaje K. Kowalski (1953).

Korytarze jej tworzą kilka pięter, z których najwyższym jest partia koło górnego otworu, a najniższym korytarz z jeziorkiem komunikującym się bezpośrednio z potokiem Chochołowskim. Różnice poziomów wynoszą w jaskini około 60 m.

Dno komór i korytarzy pokryte jest najczęściej blokami skalnymi, rzadziej drobnym piargiem, a tylko w kilku punktach piaskiem. W niektórych korytarzach dno stanowi lita skała. Jaskinia prawie zupełnie nie posiada namuliska gliniastego.

Zbiorniki wodne w jaskini są nieliczne. Dość obszerne jeziorko znajduje się w najniższej części jaskini, poza nim spotyka się tylko kilka mniejszych (najdłuższe ma ok. 3 m długości i ok. 0.5 m głębokości). Dno jeziorek pokryte jest gliną, czasami z utworami naciekowymi, albo rzadkim mlekiem wapiennym.

Cyrkulacja powietrza w głębokich partiach jaskini jest minimalna, znaczniejsza natomiast w partiach położonych blisko otworu, gdzie niekiedy nawet obserwuje się silny przewiew.

Większość korytarzy i komór ma bardzo wyraźną predyspozycję tektoniczną i rozwinięta jest na systemie szczelin, w którym dominują kierunki: 65° , $85-95^{\circ}$, 105° . Związek ze szczelinami znajduje wielokrotnie odbicie w kształcie przekrojów poprzecznych korytarzy (np. Wielka Szczelina).

Niektóre korytarze mają typową rynną denną, świadczącą o swobodnym przepływie potoku po dnie w ostatnim stadium ich wymywania. Przekroje innych są niemal idealnie okrągłe, zostały więc wytworzone przez wodę płynącą pod ciśnieniem (W. M. Davis 1930, B. C. Money maker 1941, R. Rhoades & M. N. Sinacori 1941). Na podstawie sytuacji jaskini, kierunków i kształtów korytarzy oraz materiału wypełniającego syfon w komorze końcowej (występujące w dużych ilościach otoczaki granitów i łupków metamorficznych) trzeba przyjąć, że jaskinia została utworzona przez wody płynące z górnego piętra doliny Chochołowskiej, na co już zwrócił uwagę K. Kowalski (1953).

Nacieki z mleka wapiennego występują najobficiej w korytarzach poziomu środkowego w partiach położonych dalej od otworu oraz w korytarzach leżących za otworem górnym. Normalne, twarde utwory naciekowe występujące na wszystkich piętrach jaskini reprezentowane są przez dość liczne „makarony“, stalaktyty (do 30 cm długości), stalagmity (osiągające wyjątkowo 150 cm wysokości) oraz spotykane bardzo licznie w niektórych częściach jaskini (Wielka Szczelina) nacieki wyrostkowe zwane pospolicie z powodu swego kształtu „grzybkami“. Te ostatnie, jak wykazały obserwacje, rosną zawsze prostopadle do powierzchni skały, posiadają budowę koncentryczną i powstają być może na skutek rozprysku wody.

MLEKO WAPIENNE

Mleko wapienne jest utworem znanym w literaturze od co najmniej drugiej połowy ubiegłego stulecia. Występowanie kalcytu w tej specyficznej postaci związane jest prawie wyłącznie z jaskiniami. W kilku

sporadycznych przypadkach mleko wapienne zostało znalezione w opuszczonych sztolniach przy kopalniach (J. Kukla 1935), które ze względu na panujące w nich warunki możemy traktować do pewnego stopnia jako jaskinie sztuczne. Mleko wapienne zostało opisane z wielu obszarów krasowych na całym świecie, różniących się od siebie nieraz znacznie budową geologiczną, petrograficzną oraz panującymi stosunkami wodnymi i klimatycznymi zarówno na powierzchni tych obszarów, jak i wewnątrz jaskiń. Opisy tej substancji, jakkolwiek różnią się od siebie w szczegółach, są zgodne, jeżeli chodzi o cechy zasadnicze tego utworu. Przedstawia się on jako biaława, miękka, mazista substancja przesycona wodą. Substancja ta pokrywa ściany jaskiń warstwą dochodzącą nieraz do kilkudziesięciu cm grubości. Niekiedy występuje również na dnie jeziorzek jaskiniowych. Mimo stosunkowo bogatej literatury odnośnie do tego tematu (W. Prinz 1908, C. Hintze 1930, F. Trombe 1952, J. Dvořák 1953, J. Kukla 1953, G. T. Warwick 1953 i in.) brak jest do tej pory zadowalającej hipotezy tłumaczącej genezę mleka wapiennego.

Pod względem chemicznym składa się ono niemal wyłącznie z czystego węgla wapnia, występującego w postaci mikrokryształicznej. Wśród mikrokryształów znajdują się czasem w większej lub mniejszej ilości osobniki o długości dochodzącej do 1 mm, zawsze pod postacią wydłużonych igieł o cechach zbliżonych do lublinitu opisanego przez J. Morozewicza (1907) i Z. Opolskiego (1921).

Mleko wapienne w Szczelinie Chochołowskiej nie odbiega zasadniczo od podobnych utworów opisywanych w literaturze. Występuje ono w dość oddalonych od otworu partiach jaskini, gdzie warunki mikroklimatyczne są już w znacznym stopniu stałe. Temperatura w ciągu całego roku utrzymuje się na wysokości około 4° (wahania nie przekraczają 1°C), niewielkim zmianom ulega również wilgotność powietrza, która wynosi blisko 100%.

Na podstawie obserwacji mikroskopowych można wyróżnić w Szczelinie Chochołowskiej dwa krańcowe typy mleka wapiennego, a mianowicie odmianę mikrokryształiczną i lublinitową. Podobną obserwację z jaskiń angielskich przytacza P. Wilkinson (1950)¹. Odmiana mikrokryształiczna jest najpospolitsza i z niej zbudowana jest większość opisywanych poniżej form naciekowych („pola ryżowe“, „naciek wełnisty“, nawisy, pizolity, zasłony i in.). Przedstawia się ona jako agregat mikrokryształów kalcytu² o wymiarach rzędu 0,006 mm (Tabl. IX. fig. 2). Bardzo rzadko trafiają się dłuższe pręciki dochodzące do 0,09 — 0,15 mm.

Odmiana lublinitowa w swojej typowej postaci występuje w korytarzach za górnym otworem jaskini. Składa się ona prawie wyłącznie z wydłużonych, igielkowych kryształów lublinitu o wysokich barwach interferencyjnych (Tabl. IX, fig. 1). Kąty zanikania światła są dość różne i wahają się w granicach 54° — 64° , średnio około 62° . Szerokość pojedynczych igieł wynosi około 0,007 mm, długość jest dość

¹ Praca ta znana nam jest tylko z relacji w *British Caving* (G. T. Warwick 1953).

² Analiza rentgenograficzna wykonana w Zakładzie Mineralogii i Petrografii AGH przez mgr J. Kubisza nie wykazała obecności prążków aragonitu.

różna i może dochodzić do 0,2 mm. Obok osobników pojedynczych w znacznie mniejszej liczbie występują charakterystyczne zbliżnienia ściśle obok siebie ułożonych igieł lublinitowych w kształcie wachlarza o dość ostrym kącie szczytowym. Szerokość grubszego końca wynosi około 0,035 mm, koniec cieńszy stanowi pojedynczą igłą. Cały bliźniak ściemnia światło jednocześnie. Pomiedzy tymi dwoma typami istnieją formy pośrednie, w których występują wspólnie dwie odmiany w różnych względem siebie stosunkach ilościowych.

Taką formę pośrednią stanowi mleko wapienne z dna małego jeziora znajdującego się w bocznym korytarzyku za komorą Widły. W preparacie mikroskopowym obok odmiany mikrokrystalicznej występują dość liczne igły lublinitu, cieńsze jednak prawie o połowę i znacznie krótsze (0,035 mm) od igieł występujących w typowej odmianie lublinitowej.

W preparacie tym obok igieł lublinitu, które są zawsze prostolinijne, występują liczne osobniki poskręcane o „kłaczkowatym” pokroju. Zanikanie światła przebiega w nich faliście.

W mleku wapiennym zebranym ze ścian salki ponad powierzchnią wody znajduje się znacznie mniej kryształków lublinitu i jest ono zupełnie pozbawione form „kłaczkowatych”.

Świeża próbka mleka wapiennego zawiera duże ilości wody. Jej wagowa zawartość może dochodzić do 95 — 96%. Przeprowadzona termiczna analiza różnicowa w zakresie temperatur od 40 — 300 °C wykazała, że cała ilość wody uchodzi w temperaturze niższej od 60°. Powyżej tej temperatury waga próbki pozostawała niezmienna.

Analiza chemiczna mleka wapiennego przeprowadzona po uprzednim usunięciu z próbki wody, wykazała prócz CaCO_3 kilka dziesiętnych procent nierozpuszczalnych substancji ilastych i obecność Fe_2O_3 oraz Al_2O_3 w śladach nie przekraczających setnych części procentu. Te nieliczne ilości glinu i żelaza występowały w postaci rozpuszczalnej.

Szczegółowa dyskusja genezy mleka wapiennego, a szczególnie przyczyn, dla których kalcyt powstaje w tak specyficznej postaci, jest zagadnieniem odrębnym, które wykracza poza ramy niniejszej pracy. Na początku kilku ogólnych uwag na ten temat należy zaznaczyć, że mleko wapienne pojawia się w rozmaitych częściach jaskiń. Znane jest jego występowanie zarówno w partiach bardzo bliskich otworu, gdzie docierają wpływy czynników atmosferycznych i zmiany temperatury, jak również w partiach głębokich posiadających swój stały mikroklimat nie ulegający prawie żadnym zmianom w ciągu całego roku. W tych miejscach, w których tworzą się nacieki z mleka wapiennego, występują również normalne nacieki wapienne, zbudowane z twardego, grubokrystalicznego kalcytu.

Niektórzy autorowie przypuszczają, że w mleku wapiennym występuje uwodniony węglan wapnia $\text{CaCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (F. Trombe 1952, V. Lenčo 1953) lub $\text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (hydrokalcyt wg Kossmana 1892) lub że stanowi ono produkt odwodnienia $\text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Występowanie uwodnionych związków węglanu wapnia jest wprowadzenie możliwe w warunkach jaskiniowych ze względu na panującą tam stosunkowo niską temperaturę, niemniej jednak jest trudne do stwierdzenia wskutek nietrwałości tych związków. Większość ich jest nie-

stała już w temperaturze kilku-kilkunastu stopni, co utrudnia zarówno samą analizę, jak i przewiezenie próbki w stanie niezmienionym do laboratorium. W naszym przypadku całkowite usunięcie wody z próbki nastąpiło przy suszeniu w ciągu 2 godzin w temperaturze 60 °C. Zdaje się to przeczyć możliwości istnienia uwodnionych węglanów wapnia w opisywanej substancji ¹.

F. Trombe (1952) wyraża przypuszczenie, że mleko wapienne powstaje wskutek wspólnej krystalizacji kalcytu z lodem, dając mieszaninę kryształów, z których następnie zostaje wytopiony lód. Sam się jednak z tego stanowiska wycofuje, ponieważ nie tłumaczy ono obecności mleka wapiennego w ciepłych jaskiniach francuskich, w których temperatura nie spada nigdy poniżej 0°.

Mleko wapienne w przypadku Szczeliny Chochołowskiej nie jest również z całą pewnością produktem naniesienia przez wodę lublinitu ze szczelin lub częściowego rozpuszczenia skały, jak przypuszcza J. Kunský (1950) w odniesieniu do jaskini Bielskiej. Przeczy temu zarówno sam charakter utworu, formy i miejsca jego występowania, jak również brak nalotów lublinitowych w szczelinach wapieni, w których rozwinęta jest jaskinia.

Niewątpliwie jednak substancja ta posiada pewien genetyczny związek z tym minerałem, na co wskazują nieraz bardzo licznie znajduwane w niej kryształki lublinitu. Badania Z. Opolskiego (1921) wykazały, że pręciki lublinitu powstają na skutek wzrostu kryształów w kierunku wydłużonych krawędzi romboedrów kalcytu. W przypadku ściemniania skośnego pod kątem 62°, jaki wykazuje znaczna ilość igiełkowatych kryształów w badanych preparatach mikroskopowych, są to wydłużone ściany romboedru zasadniczego.

Wielu autorów (F. Trombe, 1952 i in.) powstawanie mleka wapiennego przypisuje krystalizacji z przesyconych roztworów zawierających rozpuszczony CaCO_3 na skutek szybkiego ulatniania się CO_2 . Być może, powstawaniu form grubokrystalicznych nie sprzyja również obecność roztworu glinu i substancji humusowych, na co zwracają uwagę J. Dvořák (1953) i J. Kukla (1953). Steidtmann (1936), J. Fraipont (1950), H. Bögli (1954) i inni zwracają uwagę, że w warunkach jaskiniowych w wielu przypadkach zmiany w ilości CO_2 w wodzie mają decydujący wpływ na powstawanie nacieków kalcytowych. Zachodzi to przede wszystkim tam, gdzie zarówno wysoka wilgotność, jak i brak przewiewu czy zmian temperatury uniemożliwiają wytrącanie się kalcytu z wody na skutek odparowania. Natomiast przenikająca z powierzchni woda wypełnia bez reszty drobne szczeliny w skale i do chwili wypłynięcia w wolnych przestrzeniach jaskiniowych znajduje się pod ciśnieniem hydrostatycznym. Zwiększone ciśnienie umożliwia rozpuszczenie większej ilości CO_2 , którego nadmiar natychmiast ulatnia się w momencie wypłynięcia wody na powierzchnię skały w jaskini. Razem z ulotnieniem się CO_2 dochodzi do wytrącenia się kalcytu.

¹ K. Kosmann (1892) opisał hydrokalcyt o składzie $\text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, C. Doelter (1912) uważa, że pierwotnie mógł to być związek zawierający większą ilość drobin wody, która została częściowo usunięta jeszcze podczas suszenia w niskich temperaturach. W naszym przypadku utrata wody do 60° była całkowita.

FORMY NACIEKÓW Z MLEKA WAPIENNEGO

Pola ryżowe i naciek wełnisty

(rimstone pools)

Najczęściej spotykaną formą morfologiczną nacieków z mleka wapiennego w jaskini Szczelinie jest naciek wełnisty i pola ryżowe. Oba te typy nacieków tworzą właściwie jedną grupę, którą określić można jako nacieki schodkowe, znane w literaturze angielskiej jako *rimstone deposits*.

Występują one z reguły tylko na ścianach nachylonych, nieprzewieszonych¹, a w sporadycznych jedynie przypadkach na ścianach przewieszonych, ale zbliżonych do pionu i zawsze w miejscach położonych w pobliżu stropu korytarza. Wykształcenie obu typów nacieków uzależnione jest od nachylenia ściany. Z niewielkim spadkiem związane są pola ryżowe, a w miarę jego wzrostu przechodzą one stopniowo w naciek wełnisty. Zarówno pola ryżowe, jak i naciek wełnisty należą do form naciekowych niewielkich rozmiarów, pokrywają natomiast duże powierzchnie ścian korytarzy jaskiniowych, a także powierzchnie innych większych form (np. nawisów). Typowe pola ryżowe (Tabl. V. fig. 1. i 2.) przedstawiają się jako tarasowato ułożone ponad sobą płytkie miseczki, przypominające do złudzenia w miniaturze plantacje ryżu położone na stokach wzgórz². Dno tych miseczek jest zazwyczaj równe i poziome (fig. 1). Zewnętrzny brzeg każdej z nich tworzy wał o również poziomej koronie. Otacza on miseczkę wygiętą, często falistą linią na przestrzeni połowy lub nieco więcej jej obwodu (fig. 2). Resztą swojego obwodu miseczka przylega do wału sąsiedniej, położonej wyżej na stoku. Wysokość wału od strony wewnętrznej wynosi około 2 — 3 mm, wysokość zewnętrzna (tj. od dna niższej miseczki do korony) od 3 do 6 mm. Wysokość poszczególnych wałów jest mniej więcej stała, choć zdarzają się od tej reguły liczne wyjątki. Brzeg zewnętrzny jest zwykle zaokrąglony, wewnętrzny natomiast jest z reguły bardziej stromy i często ostro odcina się wyraźnie zaznaczoną linią zmiany spadku. W niektórych partiach pól ryżowych obserwować można kilka podobnych linii na jednym wale i w takim przypadku zaznaczają się one zazwyczaj po jego zewnętrznej stronie.

Miseczki ułożone są na stoku w skupieniach, jedna ponad drugą, ale w sposób nie zawsze regularny. Największe obserwowane miseczki miały ponad 20 cm długości, a kilkanaście cm szerokości, przeciętnie jednak rozmiary ich wahają się w granicach kilku cm.

Pola ryżowe występują na ścianach o nachyleniu od 0 do 20°. Przy spadku mniejszym szerokość miseczek jest większa i odwrotnie. Przy spadku większym od 20° pola ryżowe przechodzą w naciek wełnisty (Tabl. V fig. 1 i 2). W miarę zwiększania spadku miseczki stają się coraz węższe, wał się zmniejsza i staje się przewieszony na zewnątrz. Korona

¹ Dla uproszczenia w dalszym ciągu określenia „ściana nachylona“ używać będziemy dla ścian nieprzewieszonych, tj. o spadku od 0 do 90°.

² Temu podobieństwu formy te zawdzięczają swoją pospolicie już używaną w Polsce nazwę.

jego przestaje być pozioma i obniża się w części środkowej. Przy dużym spadku miseczki w ogóle zanikają, a naciek przedstawia się wówczas jako szereg nachylonych stopni ułożonych ponad sobą dachówkowato

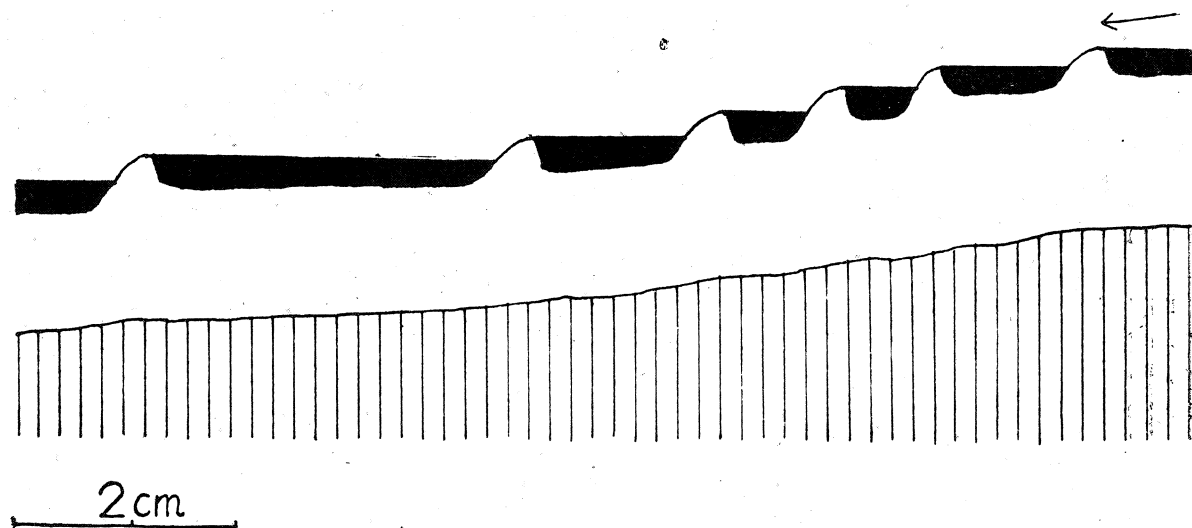


Fig. 1. Przekrój przez pola ryżowe. Skala oznaczona kreskowaniem, mleko wanne — białe, woda — czarno, strzałka oznacza kierunek spływu wody. Analogiczne oznaczenia stosowane są na wszystkich pozostałych rysunkach.

Fig. 1. Cross-section through rimstone pools. Rock shaded, rock milk white, water black, arrow points the direction of water flow. Analogous marking in remaining figures.

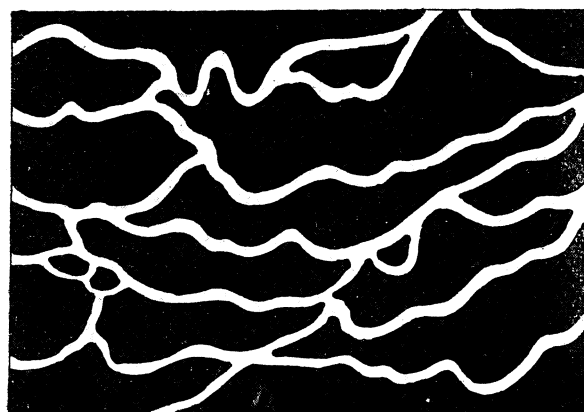


Fig. 2. Pola ryżowe widziane z góry. Spadek powierzchni nacieku (od góry rysunku ku dołowi) około 18° .

Fig. 2. Rimstone pools from above. Inclinations of deposits (from the upper part of the figure downwards) about 18 degrees.

(fig. 3 i 4). Powierzchnie stopni nachylone są pod różnymi kątami, zwykle jednak spadek ich nie przekracza 50° . Krawędzie ich wygięte są na ogół łukowato ku dołowi, brzegi są albo zaokrąglone, albo ostre. Brzeżne części stopni są z reguły przewieszane, a często tworzą znacznie wywieszone i zagięte ku dołowi języczki. Rozmiary stopni ewentualnie miseczek nacieku wełnistego są niewielkie. Szerokość ich wynosi zwykle 1 — 3 cm, wysokość kilka do kilkunastu mm. Wielkość wysunięcia jednego stopnia ponad drugi jest rzędu kilku mm (Tabl. VIII. fig. 1).

Barwa mleka wapiennego, z którego zbudowane są pola ryżowe i naciek wełnisty, jest najczęściej brunatna, a czasami biała lub żółtawa.

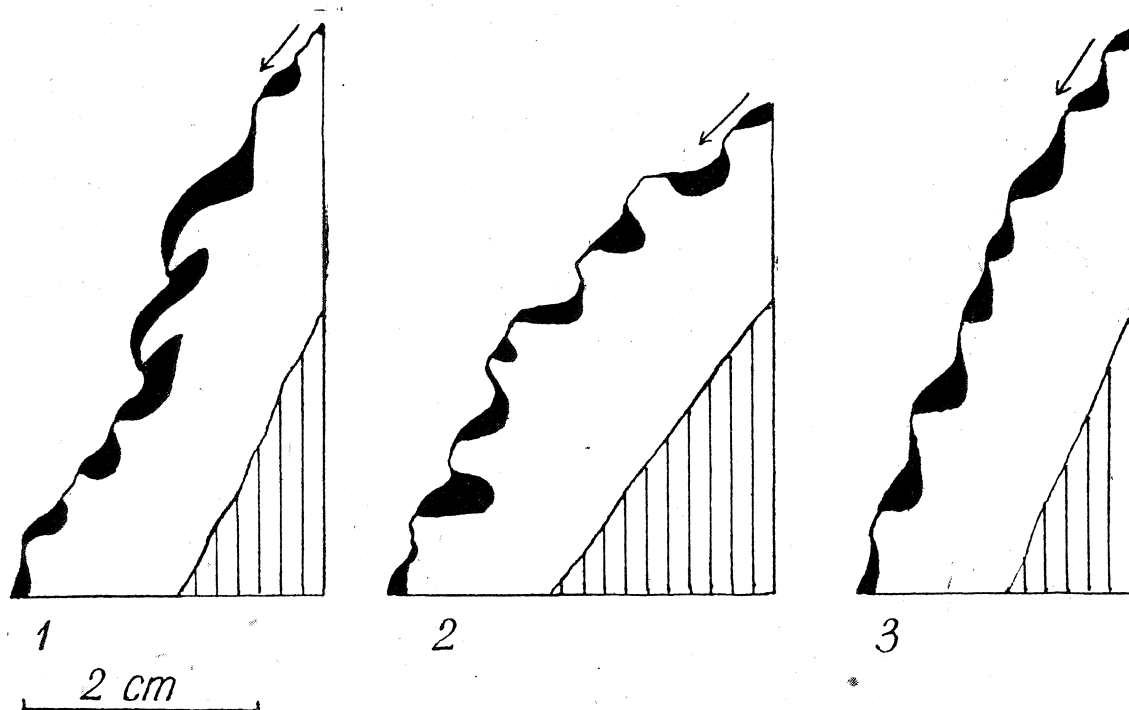
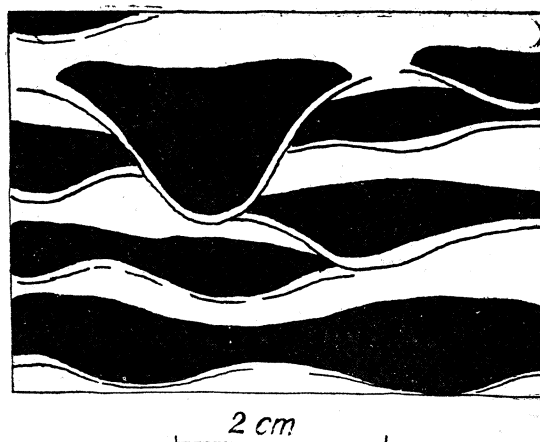


Fig. 3. Przekroje przez naciek wełnisty.
Fig. 3. Cross-section through „woolly” deposit.

Fig. 4. Widok nacieku wełnistego z przodu (w płaszczyźnie pionowej).
Fig. 4. Front view of „woolly” deposit (in vertical section).



Pizolity

(w literaturze anglosaskiej — *cave-pisoliths*, w lit. czeskiej — *jeskynní pisolity*)

W kilku punktach jaskini Szczeliny znajdują się w miseczkach pól ryżowych a także w miseczkach nacieku wełnistego drobne ooidy i pizolity z mleka wapiennego. Osobniki drobne są zwykle kuliste, natomiast większe mają kształty elipsoidalne, spłaszczone. Maksymalna ich długość wynosi 9 mm, szerokość 6 mm, grubość 3 mm (fig. 5). Spotyka się także pizolity walcowate, wydłużone. W przekrojach obserwować można budowę koncentryczną, choć zaznaczoną niezbyt wyraźnie. Często środek pizolitu zabarwiony jest na ciemnoszaro, gdy natomiast

barwa na powierzchni jest z reguły biała lub jasnobrunatna. Ilość osobników w jednym zbiorniczku waha się w granicach od kilku do kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu w wyjątkowych przypadkach. W większych zbiorniczkach pól ryżowych znajduje się zazwyczaj kilka pizolitów,

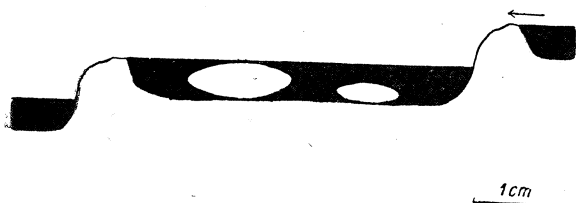
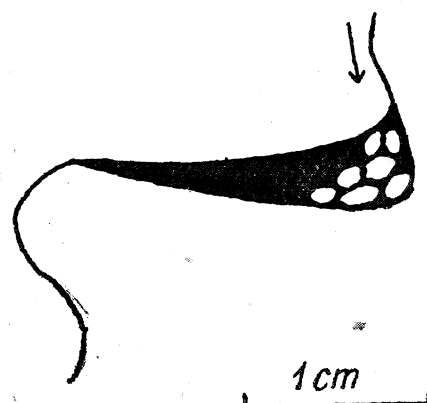


Fig. 5. Przekrój przez jeden ze zbiorników pól ryżowych z pizolitami.

Fig 5. Cross-section through a rimstone pool basin with pisoliths.

Fig. 6. Przekrój przez miseczkę nacieku wełnistego z pizolitami i oodami.

Fig. 6. Cross-section through a „woolly“ deposit bowl with pisoliths and ooides.



a często jeszcze kilkanaście mniejszych ooidów. W miseczkach nacieku wełnistego spotyka się wyłącznie pizolity mniejszych rozmiarów i ooidy. Są one niemal zawsze zgrupowane pod tylną ścianą miseczki (fig. 6). Podobny sposób ułożenia obserwuje się też czasem w polach ryżowych. Tutaj jednak częściej pizolity są rozmieszczone bezładnie.

Zasłony, żebra i nacieki warkoczowe

(zasłony: w lit. anglosaskiej — *draperies, curtains*; franc. — *revêtements*; czeskiej — *záclony*; żebra: w lit. czeskiej — *žebrá*)

Pola ryżowe i naciek wełnisty związane są z płaszczyznami ścian nachylonych do 90°, ściany przewieszone natomiast pokryte są warstwą mleka wapiennego o stosunkowo równej powierzchni, którą przecinają jedynie biegnące od góry ku dołowi, mniej więcej po linii największego spadku, nacieki w postaci węższych lub szerszych listew ustawionych w płaszczyźnie prostopadłej do ściany. Krótkie, lecz szerokie¹ nacieki tego typu określa się zwykle mianem żeber, długie, lecz wąskie noszą czasem nazwę warkoczy, a długie i szerokie nazywane są zasłonami lub draperiami (Tabl. VI. fig. 1, Tabl. VIII. fig. 2).

Listwy wszystkich tych nacieków są na gładkich ścianach mniej więcej do siebie równoległe, na ścianach nierównych są powyginane i bardzo często w kierunku ku dołowi łączą się ze sobą. Rozwidlanie się listew obserwujemy jedynie w wyjątkowych przypadkach.

¹ Za szerokość przyjmujemy rozmiary listwy mierzone prostopadle do ściany, na której rozwijają się nacieki tego rodzaju.

Grzbiet, a także część bocznych ścian tych form jest niemal z reguły brunatna. Pozostała część ścian bocznych i partie ściany między listwami odznaczają się śnieżnobiłą barwą mleka wapiennego.

Grubość tego typu nacieków jest niewielka i wynosi zwykle około 1 cm. Szerokość zasłon i żeber dochodzi w jaskini Szczelinie maksymalnie do 25 cm, a zwykle waha się w granicach 10 — 15 cm. Długość osiąga

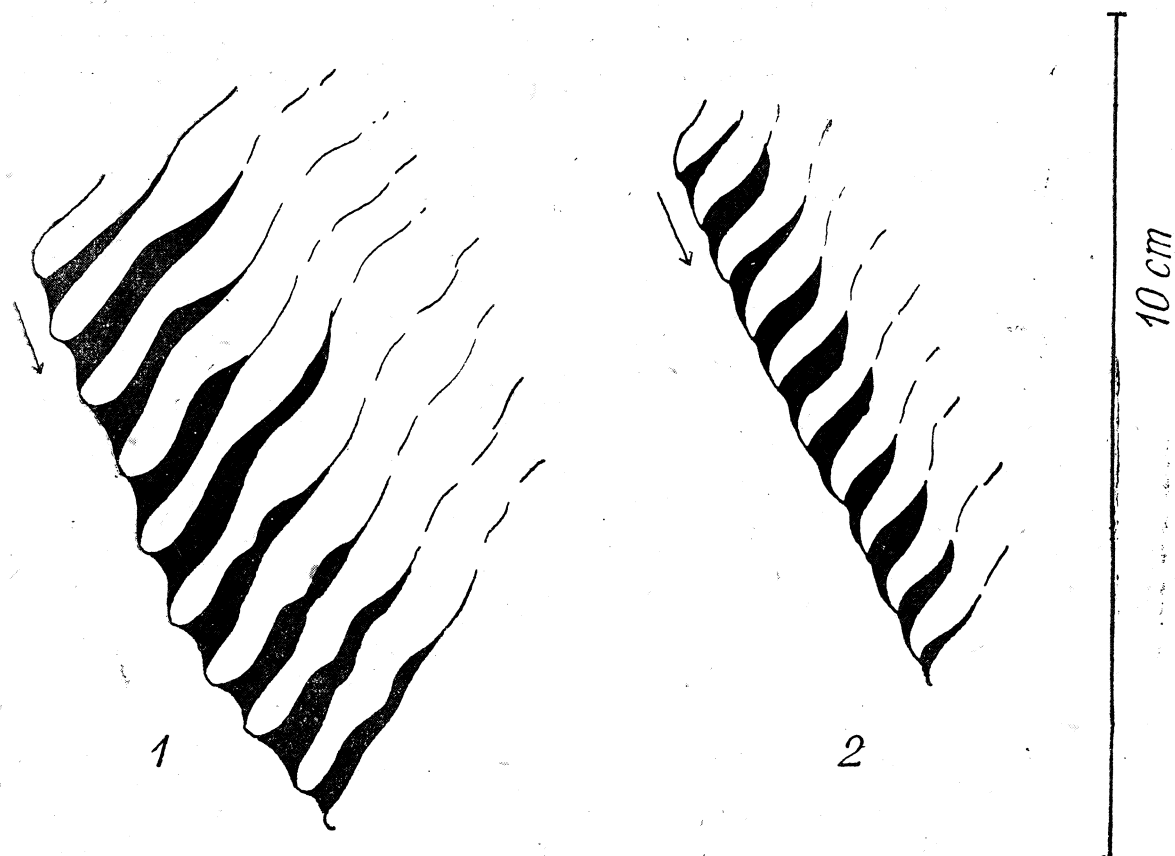


Fig. 7. Przekroje przez brzeg zasłon z języczkami
Fig. 7. Cross-section through curtain edge with tongues

nieraz 3 — 4 m, zwykle jednak nie przekracza 1 m. Bardzo często grzbiet warkoczy, zasłon czy żeber jest nierówny, karbowany lub pokryty rzędem ułożonych jedna nad drugą miseczek czy stopni, identycznych jak w nacieku wełnistym. Zdarza się też nierzadko, że te ostatnie tworzą długie na kilka nawet cm języczki wygięte nieco ku dołowi (fig. 7). Podobne żebra obserwuje się często na pionowych odcinkach nacieku wełnistego.

Nawisy

(w lit. czeskiej — *převisy*)

Nacieki określane pospolicie mianem nawisów tworzą się w miejscach, gdzie dość stromo nachylona ściana (ok. 45° lub więcej) przechodzi w przewieszoną, tzn. na górnej krawędzi tzw. przewieszki. Powyżej tej linii nachylona ściana pokryta jest naciekiem wełnistym.

Przedłużeniem jego jest zwisający w dół nawis (fig. 8, Tabl. VII, fig. 1). Ma on postać deski przymocowanej tylko u nasady do ściany. Odchylenie nawisu (w kierunku na zewnątrz od ściany) do pionu wynosi $10-15^\circ$. Maksymalna długość nawisów w jaskini Szczelinie wynosi 40 cm, szerokość przekracza 150 cm, przy czym jednak zwisająca deska nacieku podzielona jest rozcinającymi ją u dołu wrębami na węższe, kilkudziesięciocentymetrowe nawisy. Grubość nacieku tego typu jest niewielka i waha się zwykle w granicach do 1—2 cm. Niekiedy zdarza się jednak, że od strony wewnętrznej nawis podparty jest pionowymi żebrami (fig. 9). Piękne przykłady tego rodzaju żeber obserwować można

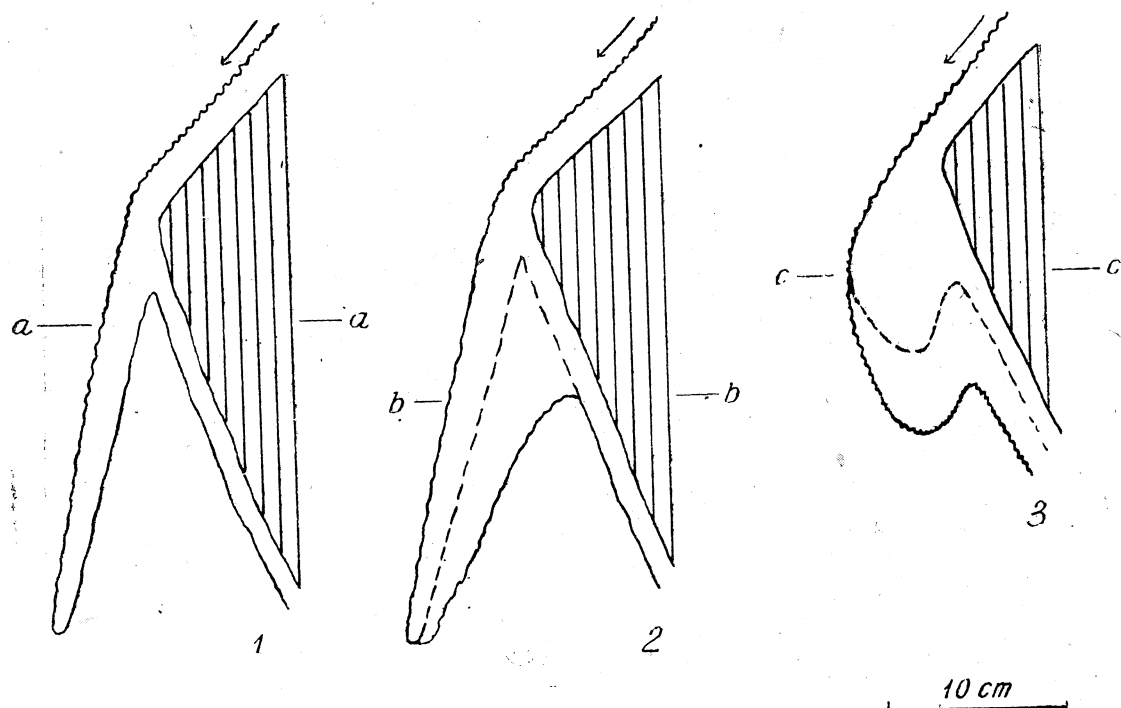


Fig. 8. Przekroje przez nawisy, 1 — nawis typowy; 2 — nawis podparty żebrem; 3 — nawis nieregularny; a— a, b— b, c— c: płaszczyzny przekrojów na fig. 9

Fig. 8. Vertical cross-section through cornices. 1 typical cornice; 2 cornice supported by a vertical list; 3 irregular cornice; a— a, b— b, c— c: surfaces of cross section in fig. 9

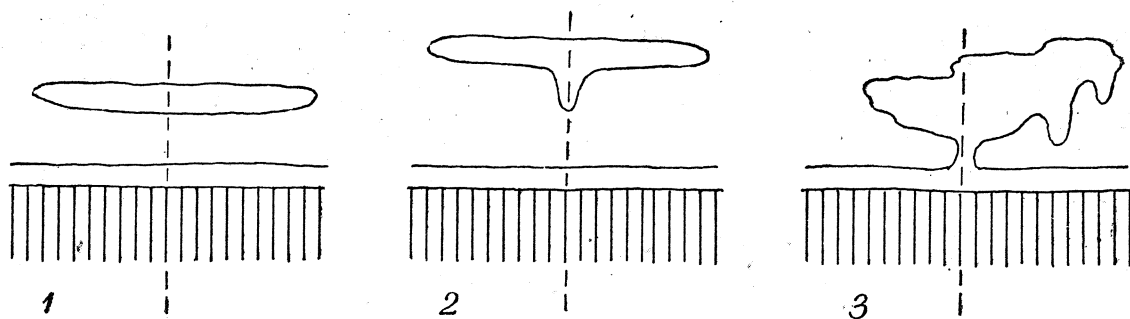


Fig. 9. Przekroje w płaszczyznach poziomych przez nawisy. 1 — nawis typowy; 2 — nawis podparty żebrem; 3 — nawis nieregularny

Fig. 9. Horizontal cross-sections through cornices, 1 — typical cornice; 2 — cornice supported by vertical list; 3 — irregular cornice

w skupisku nawisów w Skośnej Komorze w pobliżu wylotu Wielkiej Szczeliny.

Zewnętrzna powierzchnia nawisów pokryta jest naciekiem włóknistym drobnych rozmiarów i odznacza się z reguły brunatnym zabarwieniem, natomiast powierzchnia wewnętrzna jest mniej więcej gładka i odznacza się barwą białą, podobnie jak część przewieszanej ściany znajdującej się pod nawisem.

W przypadku gdy krawędź przewieszki przebiega ukośnie, również ukośnie, mniej więcej równoległe do niej przebiega dolna krawędź nawisów.

Typowe, deskowate formy tworzą się jedynie wówczas, gdy krawędź przewieszki jest linią względnie równą. W przeciwnym razie tworzą się utwory nieregularne, złożone z kilku stosunkowo krótkich, ale grubych zachodzących na siebie i zrosniętych nawisów o silnie postrzępionym dolnym brzegu. (Tabl. VII, fig. 2). Często też przechodzą one w dole w ustawione prostopadle do ściany pionowe żebra.

Nacieki kozuchowe

Nacieki kozuchowe stanowią specyficzny utwór zbudowany z mleka wapiennego spotykany w jaskini Szczelinie jedynie w najwyższym piętrze położonym za górnym otworem. Pokrywają one grubą, serowatą warstwą ściany i strop korytarza. Najbardziej charakterystycznymi formami są dochodzące do 75 cm długości „jęzory” tej substancji, „wylewające” się niejako ze szczelin czy mniejszych otworów w ścianie (tabl. VI, fig. 2).

Język wychodzący ze szczeliny jest pierwotnie dość cienki (kilka cm) i wąski. Ku dołowi rozszerza się i grubieje (do 20 — 30 cm, fig. 10).

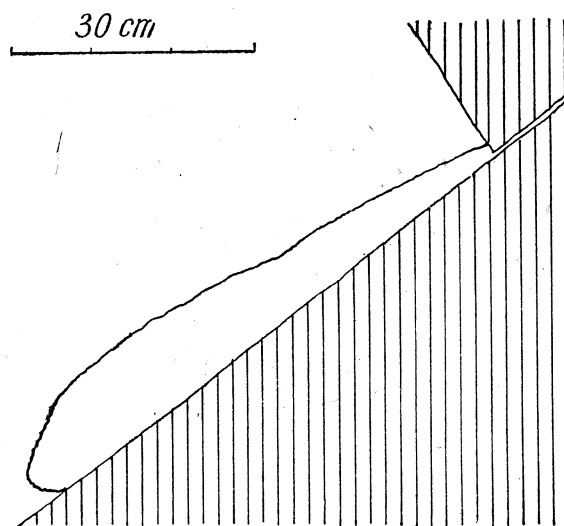


Fig. 10. Przekrój przez „język” nacieku kozuchowego

Fig. 10. Cross-section through a „sheep-skin” deposit „tongue”

Dolny jego koniec stanowi wysoka, niekiedy nawet wypukła i podgięta ku dołowi krawędź, za którą znajduje się naga skała lub inny, niższy język.

Na ścianach lub stropie korytarza nacieki kozuchowe występują w postaci grubej na kilkadziesiąt cm pokrywy. W pokrywie tej zazna-

czają się charakterystyczne luki pozbawione nacieku, w których pojawia się naga skała. Naciek otacza takie miejsca krawędzią podobną do krawędzi znajdującej się na zakończeniach języków (fig. 11).

Jest rzeczą charakterystyczną, że w przeciwieństwie do wszystkich poprzednio opisywanych form, na których powierzchniach znajduje się

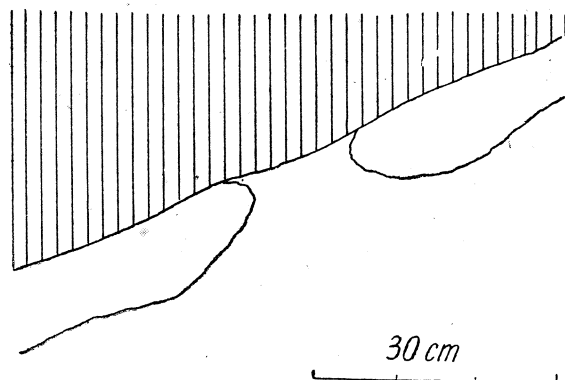


Fig. 11. Przegrój przez naciek kozuchowy na stropie

Fig. 11. Cross-section through a „sheep-skin“ deposit on the top

z reguły przynajmniej cienki film wodny, formy te są „suche“, tzn. na powierzchniach ich nie ma ciekącej wody.

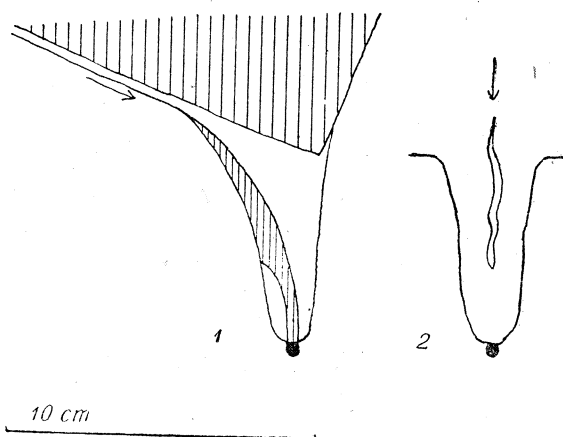
Barwa nacieków kozuchowych jest najczęściej biała, czasami szara, a powierzchnia ich pokryta jest drobnymi nierównościami. Często spotyka się też na niej delikatną pilśń kryształków lublinitu.

Stalaktyty

Stosunkowo najrzadziej spotykanymi w jaskini Szczelinie naciekami z mleka wapiennego są stalaktyty. Zwieszają się one ze stropu i z silnie przewieszonych ścian. Średnica ich jest zawsze znaczna w porównaniu z długością. Maksymalna obserwowana długość wynosiła

Fig. 12. Stalaktyt z mleka wapiennego. 1 — przekrój poprzeczny; 2 — widok z boku; od strony dopływu wody

Fig. 12. Rock milk stalactite. 1 — Cross-section; 2 — side view; from the water supply side



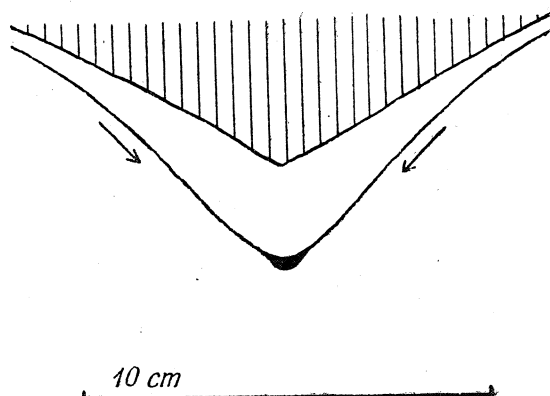
13 cm, przy średnicy (w odległości 2 cm od końca) 2,5 cm. Kształty nacieków tego typu są zawsze niezbyt regularne. U niektórych osobników istnieje, jak się wydaje, niewyraźnie zaznaczający się wewnętrzny kanałek centralny. W przypadku kilku stalaktytów wyrastających z krawędzi płyty, stanowiącej strop korytarza w pobliżu Betonowej Płyty,

zaznacza się rynienka, biegnąca bokiem stalaktytu, zagłębiająca się stopniowo i przechodząca w wewnętrzny kanalik (fig. 12).

Podobne do stalaktytów są skupienia mleka wapiennego na stropie korytarzy jaskiniowych. Pokrywają one guzowate wypukłości skały i mają kształt odwróconego, płaskiego stożka. Z wierzchołka stożka kapie

Fig. 13. Skupienie mleka wapiennego na wypukłości stropu korytarza jaskiniowego, przekrój poprzeczny

Fig. 13. Rock milk accumulation on a convexity of the top of cave corridor, cross-section



woda dopływająca tam po powierzchni nacieku. Utwory tego typu widoczne są na stropie Skośnej Komory (fig. 13).

Jest rzeczą charakterystyczną, że nigdzie w jaskini nie obserwowano utworów z mleka wapiennego zbliżonych kształtem do stalagmitów.

MECHANIZM POWSTAWANIA NACIEKÓW Z MLEKA WAPIENNEGO

Wszystkie nacieki z mleka wapiennego spotykane w jaskini Szczelinie Chochołowskiej powstają wskutek wytrącania się tej substancji z roztworów wodnych, a więc analogicznie jak w przypadku tworzenia się normalnych, twardych nacieków kalcytowych. Przemawia za tym wiele faktów, a przede wszystkim analogia poszczególnych form pierwszego i drugiego rodzaju nacieków, którą wytłumaczyć można jedynie takim samym mechanizmem powstawania.

Pola ryżowe stanowią miniaturę dużych mis martwicowych¹ spotykanych w wielu jaskiniach (np. m. in. w Domicy (Czechosłowacja), Padirac (Francja)). Znane są również nacieki miseczkowe analogiczne zupełnie pod względem kształtu i wielkości do opisanych powyżej form pól ryżowych i nacieku wełnistego.

Genezę tego typu nacieków podał Roth Z. (1948) głównie na podstawie obserwacji przeprowadzonych w jaskini Domicy. Przytacza ją też J. K u n s k ý (1950). Obaj autorowie zajmowali się normalnymi, twardymi naciekami. Misy według nich powstają w podobny sposób jak kaskady tworzące się na pochylonych lekko powierzchniach lodu. Przyciąganie siłami molekularnymi taflí wody do podłoża i napięcie powierzchniowe powodują, że woda spływająca odpowiednio cienką war-

¹ Misy te określone są w literaturze czeskiej nazwą „sintrowe misy“, francuskiej „gours“, niemieckiej „Sinterbecken“ lub „Travertinbecken“, angielskiej „travertine terraces“ lub „lily pads“.

stwą po ścianie nie zwilża jej całej, lecz pokrywa tylko jej część. Dopiero po pewnym czasie, gdy stały, lecz powolny dopływ wody spowoduje pokonanie obu tych sił działających hamująco, granice zalewanej powierzchni szybko się poszerzają, po czym z kolei następuje znowu zahamowanie rozlewającej się wody itd. Wzdłuż każdorazowej granicy zasięgu filmu wodnego może być gromadzony pył zmywany ze ścian dając początek wałowi (grobelce — analogia do wałów z igliwia tworzonych przez spływające wody deszczowe), a przede wszystkim wzdłuż takiej granicy wytrąca się w okresie stagnowania wody substancja wapnienna. W rezultacie powstanie minimalnej nawet przegrody powoduje ścienienie w tym miejscu warstwy wody i — co za tym idzie — dalsze wytrącanie się tam nacieku. Wskutek tego na liniach kolejnego zasięgu warstwy wody zaczynają się tworzyć wały. Z uwag powyższych wynika, że film wodny, z którego tworzą się pola ryżowe i naciek wełnisty, musi być cienki. Powstaniu tych form sprzyjają oczywiście istniejące ewentualnie nierówności ścian.

Periodycznie przesuwająca się granica warstwy wodnej wyznacza kształt i rozmiar powstających następnie miseczek i stopni. Rozmiary te zmniejszają się wraz ze wzrostem nachylenia ścian. Z chwilą kiedy kąt nachylenia przekroczy pewną graniczną wielkość (około $20 - 25^\circ$), miseczki się kurczą, a wreszcie przechodzą w wąskie listwy czy pochylone stopnie. Na prawie płaskich powierzchniach takich stopieńków utrzymują się krople wody dzięki napięciu powierzchniowemu. Jak już wspominaliśmy wyżej, na ścianach zbliżonych do pionu brzeg takiej listwy czy stopieńka staje się wywieszony, tworząc języczek. Powstaje w ten sposób utwór określany mianem nacieku wełnistego.

Sącząca się powoli woda na ścianach nachylonych rozlewa się mniej więcej równomiernie, pokrywając stosunkowo cienką warstwą duże powierzchnie. Nawet w przypadku pewnych niewielkich nierówności ściany woda, spływająca początkowo zagłębieniami, zapełnia je stopniowo osadem, stwarzając mniej lub bardziej płaską powierzchnię. Natomiast na ścianach pionowych i przewieszonych wykazuje ona tendencję do ściekania strużkami. Strużki biegną wzdłuż wypłukości, po linii największego spadku, na których tworzą się pionowe formy nacieków: żebra, naciek warkoczowy, zasłony. Dlatego też na takich ścianach istnieje tendencja do stałego powiększania istniejących nierówności.

Bardzo często obserwowane na grzbietach żeber i zasłon karby, stopnie czy języczki powstają w sposób analogiczny jak identyczne elementy nacieku wełnistego. Najwięcej węglanu wapnia odkłada się na krawędziach kropel, a więc przy końcu języczków i w mniejszym stopniu na ich brzegach. Stąd też rosną one najszybciej na długość, a niektóre z nich mają podgięte boczne krawędzie, tworząc rodzaj płaskiej rynienki. Szybki wzrost na długość jest związany również z tym, że przez grzbiet zasłony przepływa największa ilość wody. Wolne przeszerzenie między takimi wydłużonymi języczkami, znajdującymi się jeden nad drugim, wypełnia woda utrzymywana podobnie jak na nacieku wełnistym napięciem powierzchniowym. Z chwilą gdy ciężar nagromadzonej wody w danej przegrodce przewyższy siły molekularne utrzymujące równowagę, po grzbiecie języczka spływa kropla wody. Po-

woduje ona nabrzmienie filmu wody na końcu języczka, po czym wpływa w zagłębienie pod nim i znowu wypływa na niższy języczek. W przypadku szeregu kropel następujących po sobie odnosi się wrażenie pulsowania błony wodnej w danym punkcie. Tętno pulsowania jest stałe i zależy od ilości przepływającej wody. Całe to zjawisko obserwowane wzdłuż grzbietu zasłony przypomina ruch robaczkowy, przebiegający z różną szybkością na różnych odcinkach. Szybkość przepływu kropli wody na tych odcinkach jest uwarunkowana konfiguracją całego utworu, a przede wszystkim odległościami pomiędzy poszczególnymi języczkami.

Z biegiem czasu przestrzenie między języczkami zostają wypełnione. Powstaje wówczas zasłona o lekko tylko karbowanym brzegu zewnętrznym. Jeżeli podświetlimy ją z drugiej strony, zauważyć możemy zarysy pierwotnych języczków, które w morfologii nacieku zaznaczają się już tylko wspomnianym karbowaniem. Niekiedy struktura języczkowa jest w formach zasłonowych zatarta zupełnie.

Zasłony pozbawione karbów mogą powstawać również w przypadku, gdy woda spływa po ich grzbiecie w sposób ciągły. Tego rodzaju zasłony obserwuje się najczęściej w miejscach, gdzie tworząca je strużka wodna wypływa wprost ze szczeliny w ścianie. Występować one mogą również na silnie przewieszonych ścianach (np. płaski strop).

Na liniach przewieszek oddzielających część ściany nachylonej od przewieszonej tworzą się charakterystyczne, opisane w poprzednim rozdziale formy nawisowe. Na linii przewieszki warstewka wody pokrywająca nachyloną ścianę jest najcieńsza. W tym miejscu następuje też najbardziej intensywne wytrącanie się węglanu wapnia. Powstaje pierwotnie zgrubienie warstewki mleka wapiennego i przesunięcie krawędzi przewieszki ku przodowi. Proces ten postępując dalej doprowadza do wytworzenia płaskich, wywieszonych, deskowatych form określanych przez nas jako nawisy. W przypadku kiedy linia przewieszki jest nierówna, powstają nieregularne odmiany nawisów, zwykle grubsze od typowych.

Prawie wszystkie opisane wyżej nacieki z jaskini Szczeliny znajdują się obecnie jeszcze w stadium powstawania. Świadczy o tym choćby sącząca się ustawicznie po ich powierzchni woda. Spływająca woda zawiera nie tylko rozpuszczony węglan wapnia, ale również drobną zawiesinę cząsteczek ilastych powodujących brunatne zabarwienie tego nacieku. Jest rzeczą bardzo charakterystyczną, że zabarwienie to występuje tylko na tych naciekach lub ich powierzchniach, które są stale zwilżane przez wodę. Części suche zachowują czystą, śnieżnobiałą barwę. Zdarza się jednak, że powierzchnie pokryte filmem wodnym są białe. Są one wtedy gładkie i lśniące. Można wytłumaczyć to brakiem substancji ilastych w wodzie.

Stalaktyty z mleka wapiennego tworzą się w sposób analogiczny jak grubokrystaliczne, „normalne” nacieki tego typu, których mechanizm powstawania był wielokrotnie opisywany (m. in. G. Kyrle 1923, R. Kettner 1954, J. Kunský 1950). W przypadku stalaktytów z mleka wapiennego woda najczęściej dopływa po powierzchni nacieku, a nie kanałikiem centralnym.

Zagadkową formą utworów z mleka wapiennego są opisane powyżej nacieki kożuchowe, których mechanizm powstawania jest dla nas do tej pory niejasny. Nie tworzą się one wskutek bezwładnego spełzania mleka wapiennego, jak by można sądzić na podstawie pobieżnych obserwacji.

Odrębne zagadnienie stanowią formy pizolityczne znajdujące w miseczkach pól ryżowych i nacieku wełnistego. Formy takie, zbudowane z twardego krystalicznego kalcytu są bardzo pospolite i zostały opisane z wielu jaskiń (G. Kyrle 1923, W. Prinz 1908, J. Kunský 1949, W. Barczyk 1956¹). Na ogół przyjmuje się, że powstają one na skutek wytrącania się węglanu wapnia w wodzie utrzymywanej w ustawicznym ruchu. Tłumaczenie to trudne jest do przyjęcia w przypadku pizolitów w jaskini Szczeliny. Podczas wielokrotnych obserwacji nie zauważyliśmy, aby woda w zbiorniczkach pól ryżowych znajdowała się kiedykolwiek w silniejszym ruchu. Kapiące ze stropu krople zwykle bardzo prędko doprowadzają do rozmycia mleka wapiennego, a spadając nawet z niewielkiej wysokości pozostawiają po sobie wyraźne ślady w postaci niewielkich zagłębień². Śladów takich w miseczkach zawierających pizolity brak jest zupełnie. Trudno również przyjąć, aby opisywane pizolity stanowiły oderwane od ściany, a następnie oglądzone fragmenty mleka wapiennego. Przeczy temu zarówno ich charakterystyczne ułożenie w miseczkach, jak i zaznaczająca się budowa koncentryczna. Jedyną pozostałą hipotezą jest przypuszczenie, że powstają one w wodzie spokojnej na drodze koncentracji wytrącanego węglanu wapnia, a od dna są odpychane siłami krystalizacyjnymi. O możliwości powstania pizolitów w ten sposób piszą W. H. Emmons oraz S. C. Davidson i H. E. McKinley (1931)³ oraz J. Kunský (1949). W czasie jednej z wycieczek do jaskini Szczeliny, odbytej w towarzystwie doc. dra St. Dżułyńskiego obserwowaliśmy pizolit otoczony kłaczkowatym, bardzo rzadkim mlekiem wapiennym, sprawiającym wrażenie galaretowatej otoczki. Fakt ten potwierdza przytoczoną powyżej hipotezę.

Ogólnie rzecz biorąc proces tworzenia się rozmaitych nacieków z mleka wapiennego przebiega następująco. Na ścianach słabo pochyłonych tworzą się pola ryżowe, które w miarę powiększania się spadku przechodzą w naciek wełnisty, a na ścianach pionowych zaczynają pojawiać się żebra, zasłony i naciek warkoczowy. Właściwym miejscem rozwoju tych ostatnich są jednak ściany przewieszane. Na samej krawędzi przewieszki powstają rozmaite formy nawisów. Przytoczony powyżej schemat zależności form naciekowych od nachylenia ściany obrazuje fig. 14.

¹ W pracy W. Barczyka (1956) podana jest część literatury w odniesieniu do tego przedmiotu.

² W jednym z obserwowanych przypadków krople kapiące w odstępach 1 sek. z wysokości 15 cm na nachyloną pod kątem około 30° powierzchnię nacieku wełnistego spowodowały prawie zupełne jej wygładzenie. Ślady kropeł na polach ryżowych powstają już przy spadaniu kropeł z wysokości 20 cm.

³ Prace te znane są jedynie z relacji J. Kunskiego (1949).

STOSUNEK NACIEKÓW Z MLEKA WAPIENNEGO DO NACIEKÓW TWARDYCH

Na zakończenie zajmiemy się pokrótce stosunkiem mleka wapiennego do nacieków „normalnych“, grubokrystalicznych. Jak już wspominaliśmy wyżej, w bezpośrednim sąsiedztwie mleka wapiennego występują stalaktyty, stalagmity itp. nacieki twarde. Zarówno te ostatnie, jak i formy z mleka wapiennego tworzą się współcześnie.

Przykładem równoczesnego powstawania tych dwóch typów nacieków wapiennych może być następująca obserwacja. Za Komorą Pól

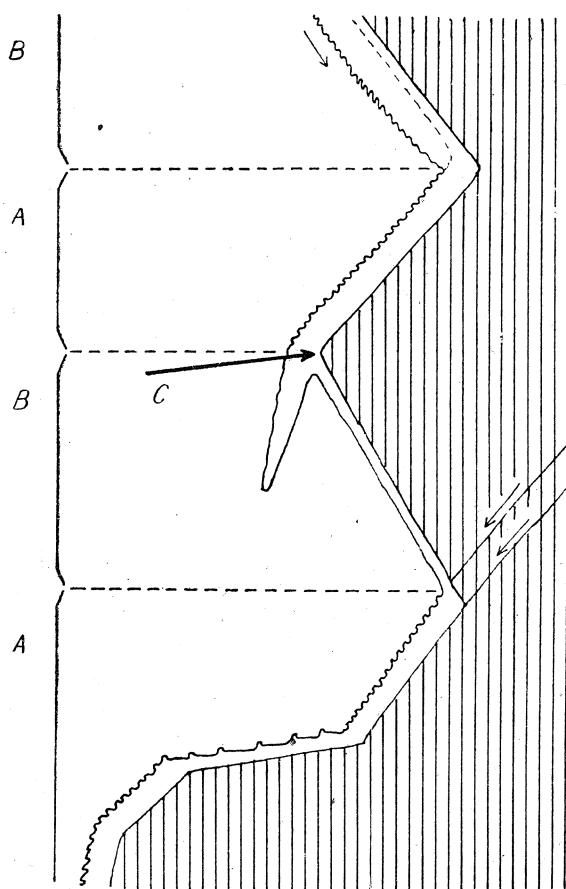


Fig. 14. Schemat powstawania nacieków z mleka wapiennego w zależności od konfiguracji ściany (przekrój pionowy). Odcinki A — ściana nachylona ($0-90^\circ$), na stromszych partiach tworzy się naciek wełnisty, na mniej nachylonych pola ryzowe. Odcinki B — ściana przewieszona (ponad 90°) powstają nacieki warkoczowe, żebra i zasłony. C — linia przewieszki, na której powstają nawisy.

Fig. 14. Scheme of formation of rock milk deposits in dependence on the configuration of the wall (vertical cross section). Section A — inclined wall ($0-90$ degrees) on steeper parts „woolly“ deposit is formed on less steep rimstone pools are formed. Section B — overhanging wall (more than 90 degrees) vertical lists and curtains are formed. C — ridge of the overhanging wall along which cornices are being formed.

Ryżowych zaraz za niewielkim prożkiem znajduje się na stropie zasłona zbudowana w całości z miękkiego mleka wapiennego. Na jej dolnym końcu wyrasta kilkucentymetrowej długości stalaktyt. Zarówno sam stalaktyt, jak i przylegająca do niego część zasłony posiadają strukturę grubokrystaliczną, masywną i reprezentują typowe nacieki twarde. Po grzbiecie całej zasłony ścieka woda, kapiąc kroplami z końca stalaktytu. Można by więc sądzić, że zarówno mleko wapienne, jak i naciek grubokrystaliczny powstają w tym przypadku z tego samego roztworu, przeciwnie, niż twierdzi J. K u k l a (1953). Biorąc pod uwagę równo-

czesność powstawania obu wymienionych utworów trudno przypuścić, by stwardnienie nastąpiło na skutek przekrystalizowania mleka wapiennego.

Również i w innych przypadkach nie stwierdziliśmy, by mleko wapienne przekrystalizowywało w naciek grubokrystaliczny. Stwardniałe utwory naciekowe powstałe z tej substancji różnią się zawsze strukturą od nacieków „normalnych“. Mleko wapienne wysychając i twardniejąc w głębi jaskini tworzy lekką, porowatą skorupę zbliżoną swym wyglądem do martwicy. Natomiast w partiach jaskini pozostających w zasięgu zmian klimatycznych powstaje biała, mączysta, pilśniowata substancja.

Zakład Geologii U J w Krakowie

WYKAZ LITERATURY

1. Barczyk W. (1956), Pizolity jaskiniowe w jednej z grot w Wojcieszowie (On cave pisoliths from Wojcieszów (Polish Sudeten)). *Acta Geol. Pol.* 6.
2. Bögli H. (1954), Das Verhalten von Karbonaten in der Natur. *Die Höhle* 3/4. Wien.
3. Davidson S. C. & M. Kinley H. E. (1931), „Cave pearls“ — oölithes and isolated inclusions in veins. *Economic Geol.* 26.
4. Davis W. M. (1930), Origin of Limestone Caverns. *Bull. Geol. Soc. Am.* 41.
5. Doelter C. (1912), *Handbuch der Mineralchemie*. Dresden.
6. Dvořák J. (1953), Příspěvek ke genezi nickamínku. *Československý Kras* 6.
7. Emmons W. H. The state and density of solutions depositing metalliferous veins. *Transactions A. I. M. E.* 76.
8. Fraipont J. (1950), The dissolution of limestone and cave cristallisation. *Cave Science* 11 (*Brit. Spel. Ass.*).
9. Hintze C. (1930), *Handbuch der Mineralogie* I Bd. III Abt. 1 Hälfte. Berlin.
10. Kettner R. (1954), *Všeobecná geologie*, III. Praha.
11. Kosmann K. (1892), Die Untersuchung des „Hydrocalcits“ von Wolmsdorf in der Grafschaft Glatz. *Zeitschr. d. d. Geol. Ges.* 44.
12. Kowalski K. (1953), *Jaskinie Polski*, II. Warszawa.
13. Kukla J. (1953), Excentrické krápníky a nickamínky v jeskyni Izbici u Harmance na Slovensku (The excentric stalactites and the nothingstone in the cave Izbica near Harmenec in Slovakia). *Československý Kras* 6.
14. Kunský J. (1949), Jeskynní perly (Cave pearls). *Sborník Čs. společnosti zeměpisné*.
15. Kunský J. (1950), *Kras a jaskyně*. Praha.
16. Kyrle G. (1923), *Grundriss der theoretischen Speläologie*. Wien.
17. Lenčo V. (1953), Hydrologické poměry rezervácie jeskyni Izbice. *Ochrana Prírody* 8.
18. Moneymaker B. C. (1941), Subriver solution cavities in the Tennessee Valley. *Jour. of Geol.* 49.
19. Morozewicz J. (1907), Przyczynki do znajomości węglanu wapniowego (Beiträge zur Kenntnis des Kohlensauren Kalziums). *Kosmos* 32, Lwów.
20. Opolski Z. (1921), Lublinit (Studium optyczne — część I) (La lublinit. L'étude optique, premiere partie). *Kosmos* 46. Lwów.
21. Pawlikowski J. G. (1887), Podziemne Kościeliska. *Pamiętnik Tow. Tatrzańskiego* 11. Kraków.
22. Prinz W. (1908), Les cristallisations des grottes de Belgique. Engl. trans. in *Cave Science* 1948 (*Brit. Spel. Ass.*).
23. Rhodes R. & Sinacori M. N. (1941), The pattern of ground-water flow and solution. *Jour. of Geol.* 49.

24. Roth Z. (1948), Některé formy sintrove výzdoby v jeskyni Domici a jeich vznik (Description de quelque formations concrétionnées des grottes de Domica). *Sborník Stát. Geol. Ústavu R. Čs.* 15.
25. Steidtmann E. (1936), Travertine — depositing waters near Lexington, Virginia. *Jour. of Geol.* 44.
26. Trombe F. (1952) *Traité de spéléologie*. Paris.
27. Warwick G. T. (1953), Cave formations and deposits. *British Caving*. London.

SUMMARY

Abstract: The authors describes cavern deposits from the Szczelina Chochołowska cave (Western Tatra Mountains) consisting of soft, calciferous substance called rock milk. The mechanism of formation of the described cavern deposits and observations concerning the chemical composition and structure of rock milk are given in the paper.

ROCK MILK (MOON MILK, MONDMILCH)

The rock milk in the Szczelina Chochołowska cave is analogous to similar deposits described in the literature. It occurs in that part of the cave where the micro-climatic conditions are already stable i.e. temperature $+4^{\circ}\text{C}$, humidity almost 100 per cent. Microscopic examination reveals two extreme types of rock milk: the „microcrystalline“ and „lublinite“ variety. Similar observations are given by P. Wilkinson (1950)¹. The microcrystalline variety is the commonest. It is an aggregate of calcite microcrystals (plate IX, fig. 2)² the dimensions of which are of the order of 0.006 mm. Very rarely there appear longer rods reaching 0.09 — 0.15 mm.

The lublinite variety is composed of elongated needle-like crystals of lublinite (plate IX, fig. 1). These small crystals have high interference colours. Angles of light extinction vary within 54 — 64 degrees, the mean value being 62 degrees. The width of single needle is about — 0.007 mm, the length varies and may reach up to 0.2 mm. Besides single specimens there occur twins consisting of needles of lublinite situated closely one to each other. They are fan-shaped with sharp top-angle. The width of the thicker end is about 0.035 mm, the thinner end makes a single needle. The whole twin extinguishes the light simultaneously.

Between the microcrystalline variety and the lublinite one there are intermediate forms. Microscopic examination of an intermediate form reveals the presence of numerous needles of lublinite beside microcrystals of calcite. The needles of lublinite are here thinner by a half and much shorter (0.035 mm) than those appearing in typical lublinite form. There occur also numerous curved specimens with „shaggy“ surface. The undulatory extinction of light occurs in them.

¹ That work is known to us only from a note in *British Caving* (G. T. Warwick, 1953).

² x-ray analysis did not reveal the presence of aragonite bands.

Water contents in fresh sample of rock milk may reach 95 — 96 weight per cent. The whole water escapes from the sample in the temperature lower than 60 °C.

The chemical analysis of rock milk after removing water from the sample showed beside CaCO_3 several tenths of per cent of clay substances and the presence of traces of Fe_2O_3 and Al_2O_3 . These small amounts of Al and Fe were present in soluble form.

Detailed discussion of the genesis of rock milk goes far beyond the scope of this paper. Some authors suppose that in the rock milk there appears the hydrated calcium carbonate $\text{CaCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (F. Trombe, 1952, V. Lenčo, 1953) or $\text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (hydrocalcite, Kosmann, 1892) or that it is the product of dehydration of $\text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. In our case the complete removal of water in the temperature lower than 60 °C seems to contradict the presence of hydrated calcium carbonates in the described substance.

The rock milk of the Szczelina Chochołowska cave is neither a product of washing out of the lublinites from cracks in the rock nor a product of partial dissolution of the rock. Such point of view is voiced by J. Kůnský (1950) in concern to the Belanska cave (Tatra Mountains). However the character of the deposit, the forms and place of its occurrence and the lack of lublinites patina in the cracks of the limestone contradict this theory.

The rock milk has some genetic connection with lublinites. Studies of Morozewicz (1907) and Z. Opolski (1921) showed that the rods of lublinites are formed as a result of elongation of the edges of calcite rhombohedron. In the case of oblique extinction at the angle of 62 degrees these are the elongated walls of the basic rhombohedron.

Many authors (F. Trombe 1952, and others) explain the formation of the rock milk by the crystallization from over saturated solutions as the result of rapid evolution of carbon dioxide. The presence of Al solution and humic substances may also hinder the formation of crystalline forms (J. Dvořák 1953, J. Kulka 1953).

Steidtmann (1936), J. Fraipont (1950), H. Bögli (1954) and others point out that in cave conditions variations in the amount of CO_2 in water influence decisively the formation of calcite deposits. This is apparently the way of formation of rock milk in the Szczelina Chochołowska cave.

FORMS OF ROCK MILK DEPOSITS

Rimstone pools and „woolly“ deposit

Both these types of deposits present one group which may be defined as rimstone deposits (plate V, fig. 1, 2, plate VI, fig. 1, plate VIII, fig. 1).

They appear on walls inclined at the angle not greater than 90 degrees. They rarely occur on slightly overhanging walls. Rimstone deposits are small formations but they cover large surfaces of cave walls as well as the surfaces of other larger deposits. Typical rimstone pools

resemble very much miniature rice paddies situated on hill slopes. Shallow bowls are situated in terraces one above another; their bottoms are plain and level (fig. 1). The outer edge of each of them makes a rim (fig. 2). The height of this rim from inside is about 2 — 3 mm, that from the bottom of lower bowl to the top of the rim 3 — 6 mm, the height of rims is more or less constant. The outer edge is usually rounded. The inner one on the other hand is as a rule more steep.

The largest observed bowls are more than 20 cm long and several cm wide. Their average dimensions vary within several cm.

Rimstone pools appear on walls inclined from 0 to 20 degrees. At the smaller inclination the rimstone pools change into „woolly“ deposit. The greater a slope the narrower the bowls, the rim becomes smaller and begins to be overhanging. At considerable slope the bowls diminish and the deposit looks like a flight of steps situated tile-like one above another. Their edges are arched downwards, the rims are either rounded or sharp. Often they form considerably overhanging tongues bent downwards. The steps are usually 1 — 3 cm wide and several cm high.

The colour of rock milk of which the rimstone pools and „woolly“ deposits are made is most often brown, sometimes white or yellowish.

Cave pisoliths

Cave pisoliths appear in the bowls of rimstone pools or „woolly“ deposits. Small specimens are usually spherical, larger specimens are allipsoidal and flattened. Their maximal length is 9 mm, width 6 mm, thickness 3 mm (fig. 5). Elongated, tubular pisoliths are also being found. In the cross-sections indistinct concentric structure may be observed. The middle of a pisolith is dark grey whilst the surface is white or clear brown. The number of specimens in one basin may reach several dozen. In „woolly“ deposit basins there occur fine cave ooides, always grouped under the hind wall of the bowl (fig. 6). In rimstone pools the pisoliths are more often situated chaotically.

Courtain and Vertical Lists

These formations appear on walls inclined at the angle greater than 90 degrees. They look like more or less narrow lists situated perpendicular to the wall. Short but wide ¹⁾ deposits are called vertical lists and the long and wide ones are called curtains.

These lists are usually parallel to each other. Sometimes they may join each other in their lower parts (plate VI, fig. 1).

The ridge as well as a part of side walls of these formations is brown. The remaining part of side walls and parts of wall between the lists are white (plate VIII, fig. 2).

¹ We take as width the dimensions of the list measured vertically from the wall.

The thickness of this type of deposit is small; it reaches usually 1 — 1.5 mm. Maximal width is 25 cm, length 3 — 4 m. The ridges of lists are often covered with bowls or long little tongues similar to those occurring in „woolly“ deposit (fig. 7).

C o r n i c e s

Cornices are formed in places where rather steeply inclined wall becomes overhanging. They look like a board fixed by its base to the wall (fig. 8, plate VII, fig. 1). Declination of the cornice from the perpendicular is 10 — 15 degrees. Maximal observed length is 40 cm, width 150 cm, thickness 1 — 2 cm. The cornice is sometimes supported by vertical lists (fig. 9).

In a case when the edge of the overhanging wall runs obliquely the lower edge of the cornice runs also obliquely, parallel to it.

Sometimes irregular formations are formed consisting of merged cornices superimposed on each other. Their lower edge is strongly torn and they are as a rule supported by vertical lists (plate VII, fig. 2).

„S h e e p s k i n“ d e p o s i t s

„Sheepskin“ deposits cover with thick layer the walls and top of cave corridors. They form tongues up to 75 cm long, emerging from cracks (fig. 10). The lower edge of a tongue is high and bent downwards (plate VI, fig. 2).

In the cover of the „sheepskin“ deposit there appear characteristic gaps surrounded by similar edge as that described above (fig. 11). The colour of formation is white. On the surface there is a fine felt-like layer of lublinitic crystals.

S t a l a c t i t e s

Stalactites are rarely met with. The maximal length observed was 15 cm at the diameter of 2.5 — 4 cm. Shapes of stalactites are as a rule not quite regular. In some specimens there is a central canal and in others this is formed secondarily (fig. 12).

On the top there are to be found also accumulations of rock milk of the shape of inverted, flat cones (fig. 13). They are covering the knobby convexities of the rock.

Rock milk formations of the shape similar to stalagmites were nowhere observed.

MECHANISM OF FORMATION OF ROCK MILK DEPOSITS

All rock milk deposits in the Szczelina Chochołowska cave are formed as the result of precipitation of CaCO_3 from aqueous solutions.

The rimstone pools present a miniature of large gours occurring in many caves. The genesis of this type of deposits was given by Roth (1948) among others.

Such gours are formed in similar way as cascades on slightly inclined ice surfaces. The attraction by means of molecular forces of the water surface to the base and the surface tension causes that the water flowing in thin layer over the wall does not wet all of it but covers only a part of it. When a constant but slow supply of water overcomes the hindering forces the borders of the overflowed area widen. Along each border of the reach of water layer the dust washed out from the wall gathers starting thus the formation of a rim. First of all along such a border the calciferous substance precipitates during the period when water is stagnant. Thus over the lines of consequent water reach the rims are beginning to form. In this way the rimstone pools and „woolly“ deposits are being formed.

The water on walls inclined at the angle less than 90 degrees shows a tendency for spreading and flowing down over large surfaces. On vertical and overhanging walls the water flows down in stream along lines of greatest inclination. In connection with these two ways of flowing down of the water depending on the inclination of the wall there are formed on the inclined surfaces widely spread rimstone pools or „woolly“ deposit. On the overhanging walls on the other hand there are formed in places of water streams narrow vertical lists and curtains.

In analogous way as the bowls of rimstone deposits the tongues on the edges of curtains are formed (fig. 7). The greatest quantity of calcium carbonate is precipitated in the margins of drops, therefore at the end of tongues. Rapid increase of length is caused also by the fact that through the ridge of a curtain flows the greatest quantity of water. Free areas between tongues are filled with water. When the weight of water gathered in each compartment overcomes forces of equilibrium along the ridge of a tongue flows a drop of water. It causes the swelling of water film at the end of the tongue, flows into the depression beneath it and flows down again onto the lower tongue. This resembles the pulsation of water film.

In the course of time the areas between tongues are being filled up. Then a curtain of only slightly serrated outer edge is formed. The outlines of tongues are often visible when the curtain is lighted from the opposite side.

The cornices are formed in the following way. Along the line of the overhanging wall the layer of water covering the wall is thinnest. In this place occurs the most intensive precipitation of calcium carbonate. The primary thickening of rock milk appears and the edge of the overhanging wall is moved forwards. This process proceeding on causes the formation of cornice. In the case when the line of the overhanging wall is not straight irregular cornices are formed.

Rock milk cave pisoliths are formed in the Szczelina Chochołowska cave by means of concentration of CaCO_3 in steady water. A pisolith in statu nascendi, surrounded by a mist of shaggy, very diluted rock milk, has been observed. That fact supports the hypothesis presented above.

Generally speaking the process of formation of various rock milk deposits takes place as follows. On slightly inclined walls the rimstone

pools are formed. When the walls become steeper they change into „woolly“ deposits. On vertical walls vertical lists and curtains appear. These are best developed on overhanging walls. On the edges of overhanging walls the cornices are formed (fig. 14). The mechanism of formation of „sheepskin“ deposits is still not clear to us.

RELATION OF ROCK MILK DEPOSITS TO HARD DEPOSITS

In the Szczelina Chochołowska cave there appear in close neighbourhood the rock milk deposits and normal hard deposits. In very many cases both are formed at the same time. We could see that from the same solution the rock milk deposits as well as thick crystalline (hard) deposits are formed. We did not find that the rock milk re-crystalizes into thick crystalline hard deposit. The rock milk becoming hard inside the cave forms a light porous cover similar to travertine. Within the reach of climatic changes (near the opening of the cave) a soft felty substance is formed.

Geological Department, Jagiellonian University of Cracow

OBJAŚNIENIA TABLIC V—IX

EXPLANATION OF PLATES V—IX

Tablica V
Plate V

- Fig. 1. Pola ryżowe i naciek wełnisty
Fig. 1. Rimstone pools and „woolly” deposit
Fig. 2. Pola ryżowe przechodzące ku dołowi w naciek wełnisty (widziane ukośnie od góry)
Fig. 2. Rimstone pools changing downwards into „woolly” deposit (seen obliquely from above)

Tablica VI
Plate VI

- Fig. 1. Naciek wełnisty i zasłony. W górnej i dolnej części fotografii widać naciek wełnisty utworzony na ścianie nachylonej, w części środkowej na ścianie przewieszanej powstają zasłony. Partie mleka wapiennego nie pokryte warstwą ściekającej wody odznaczają się białym zabarwieniem
Fig. 1. „Woolly” deposit and curtains. In the upper and lower part of the photograph a „woolly” deposit formed on an inclined wall is seen. In the middle part the curtains are being formed. Rock milk parts not covered by a layer of flowing water are white
Fig. 2. Naciek kozuchowy. Pomiedzy „jęzorami” mleka wapiennego odsłania się naga skała
Fig. 2. „Sheepskin” deposit. Between „tongues” of rock milk bare rock shows

Tablica VII
Plate VII

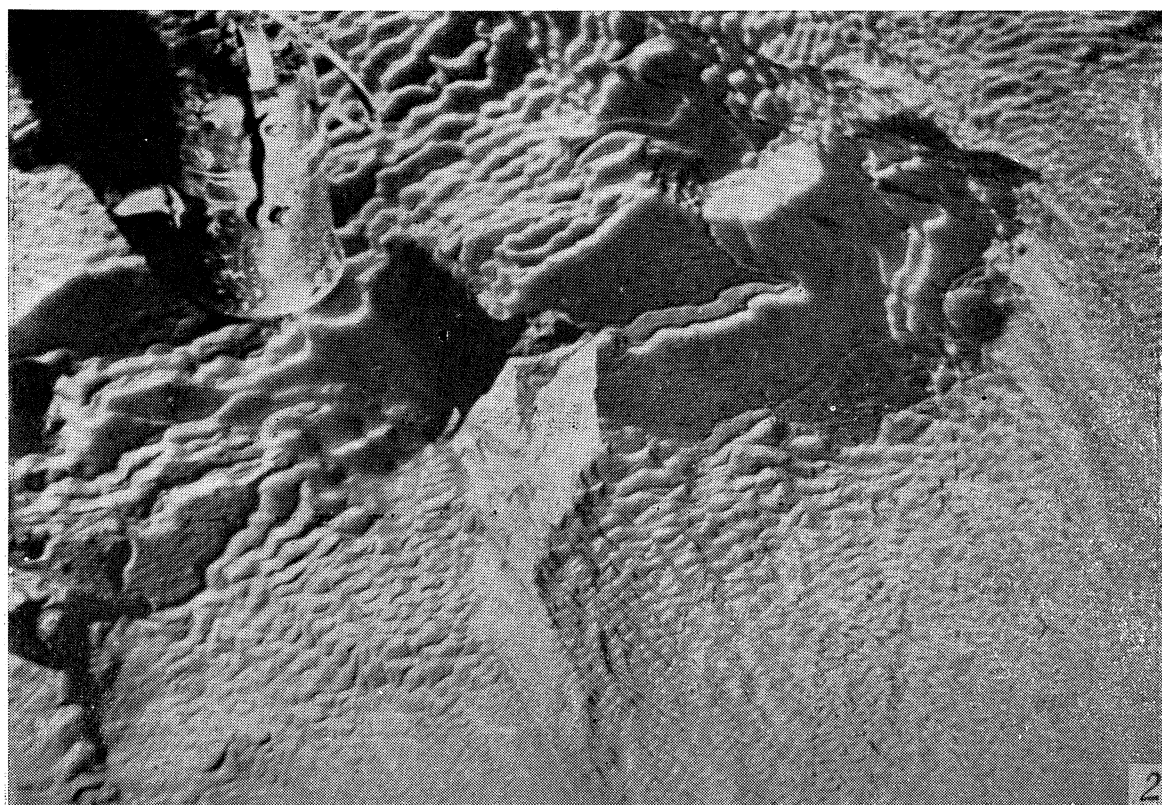
- Fig. 1. Nawisy
Fig. 1. Cornices
Fig. 2. Nieregularne nawisy o silnie postrzępionym brzegu, z licznymi żebrami
Fig. 2. Irregular cornices with strongly serrated edge with numerous vertical lists

Tablica VIII
Plate VIII

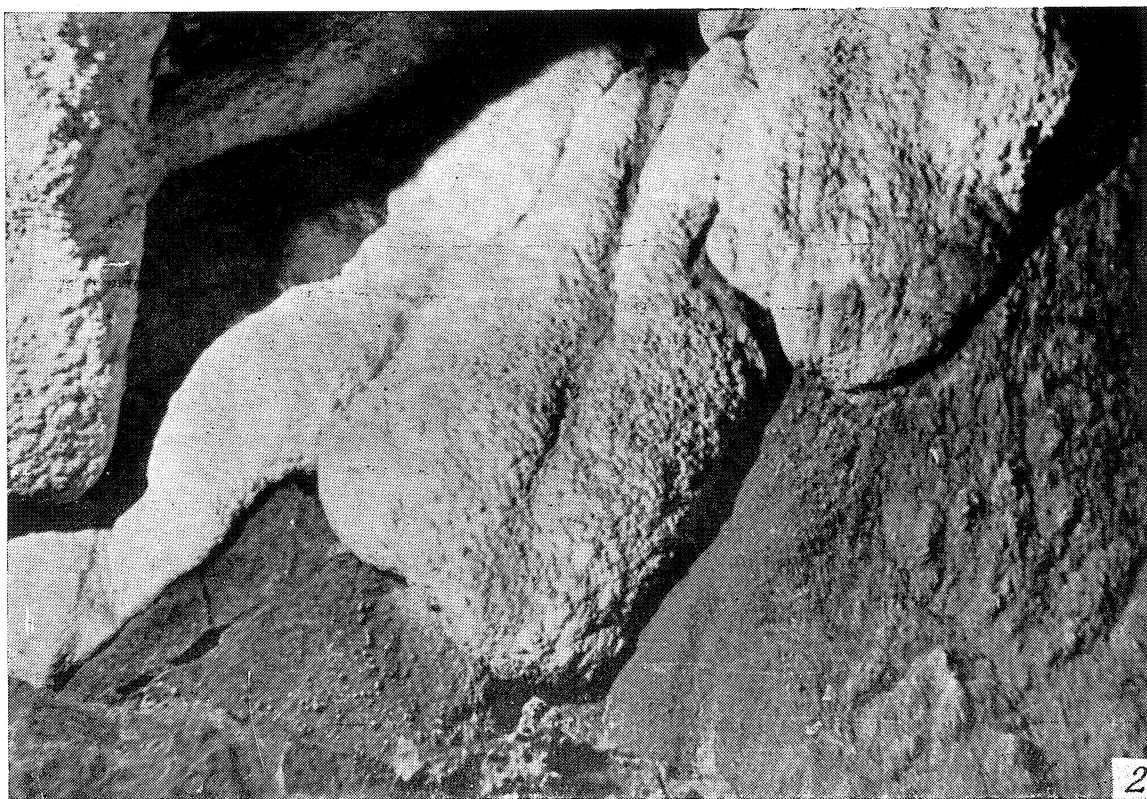
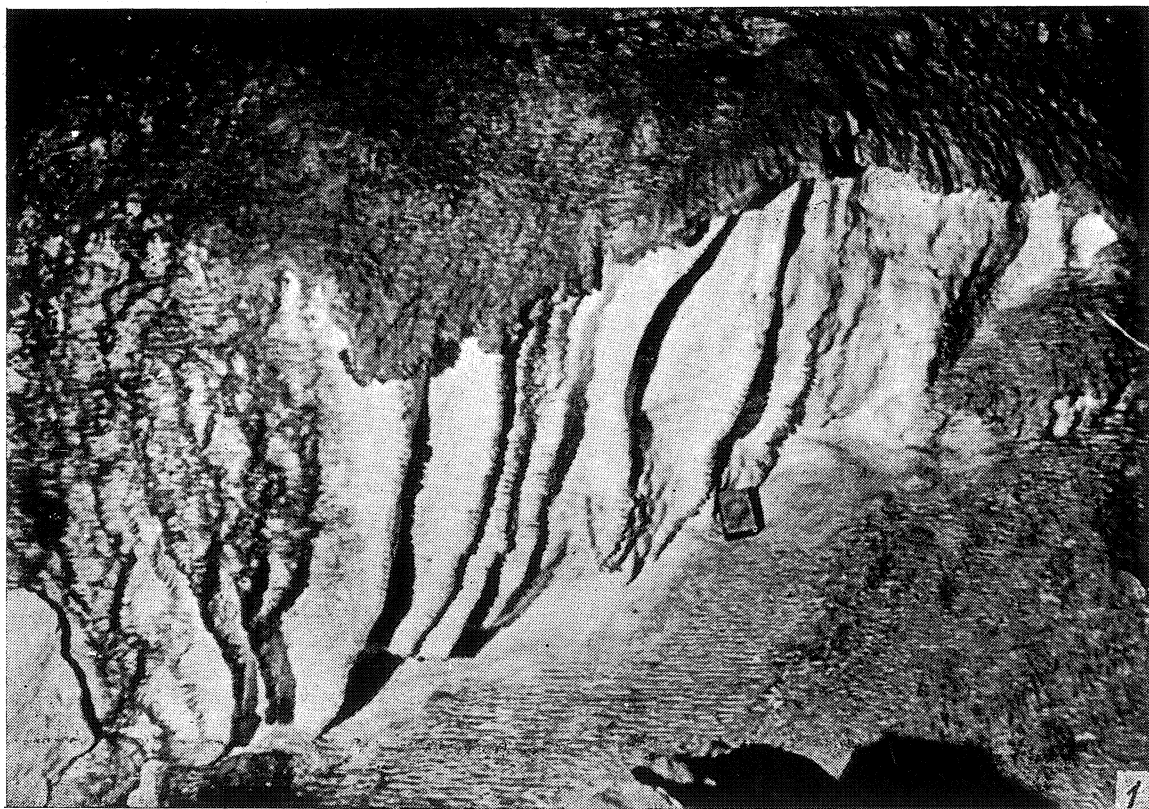
- Fig. 1. Partia ściany pokryta naciekiem wełnistym. Na odcinkach pionowych tworzą się niewielkie zasłony o brzegach pokrytych języczkami
Fig. 1. A part of the wall covered with „woolly” deposit. On vertical sections small curtains with edges covered with tongues are being formed
Fig. 2. Zasłony. Grzbiety zasłon zabarwione na brunatno wyraźnie odcinają się od białych ścian bocznych
Fig. 2. Curtains. Ridges of curtains coloured brown are distinctly contrasting with white side walls

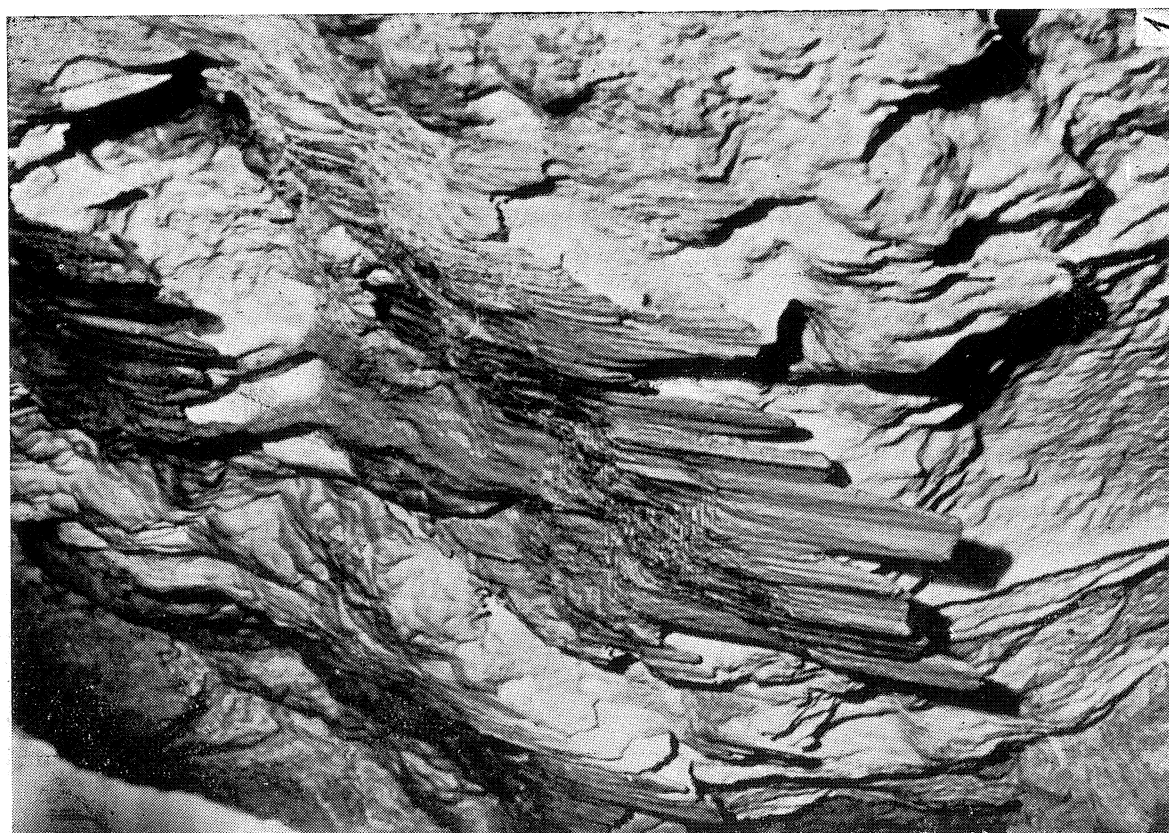
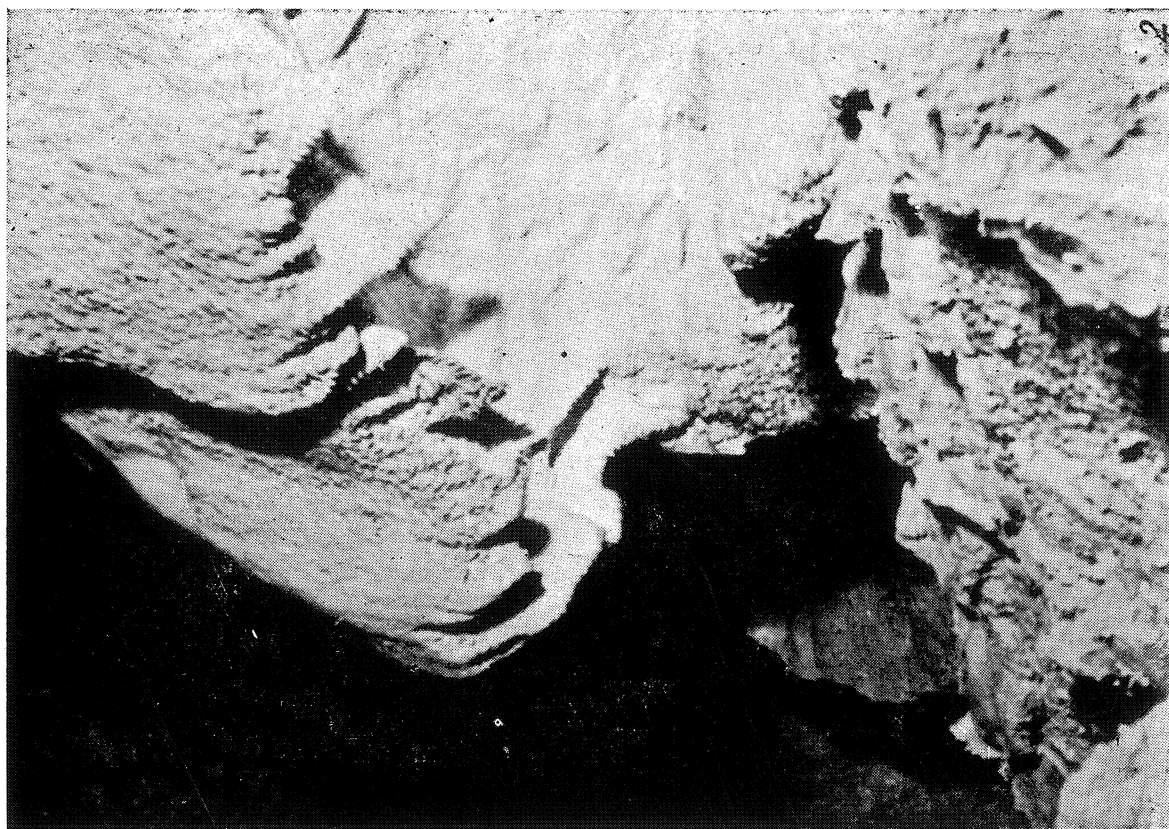
Tablica IX
Plate IX

- Fig. 1. Mleko wapienne, odmiana lublinitowa. Fotografia obrazu mikroskopowego.
Powiększenie ok. $120\times$
Fig. 1. Rock milk, lublinit variety. Microscopic view. About $120\times$ magnified
Fig. 2. Mleko wapienne, odmiana mikrokrystaliczna. Fotografia obrazu mikroskopowego przy skrzyżowanych nikolach. Powiększenie ok. $120\times$
Fig. 2. Rock milk, microcrystalline variety. Microscopic view with crossed nicols. About $120\times$ magnified
Fig. 3. Naciek wełnisty
Fig. 3. „Woolly“ deposit

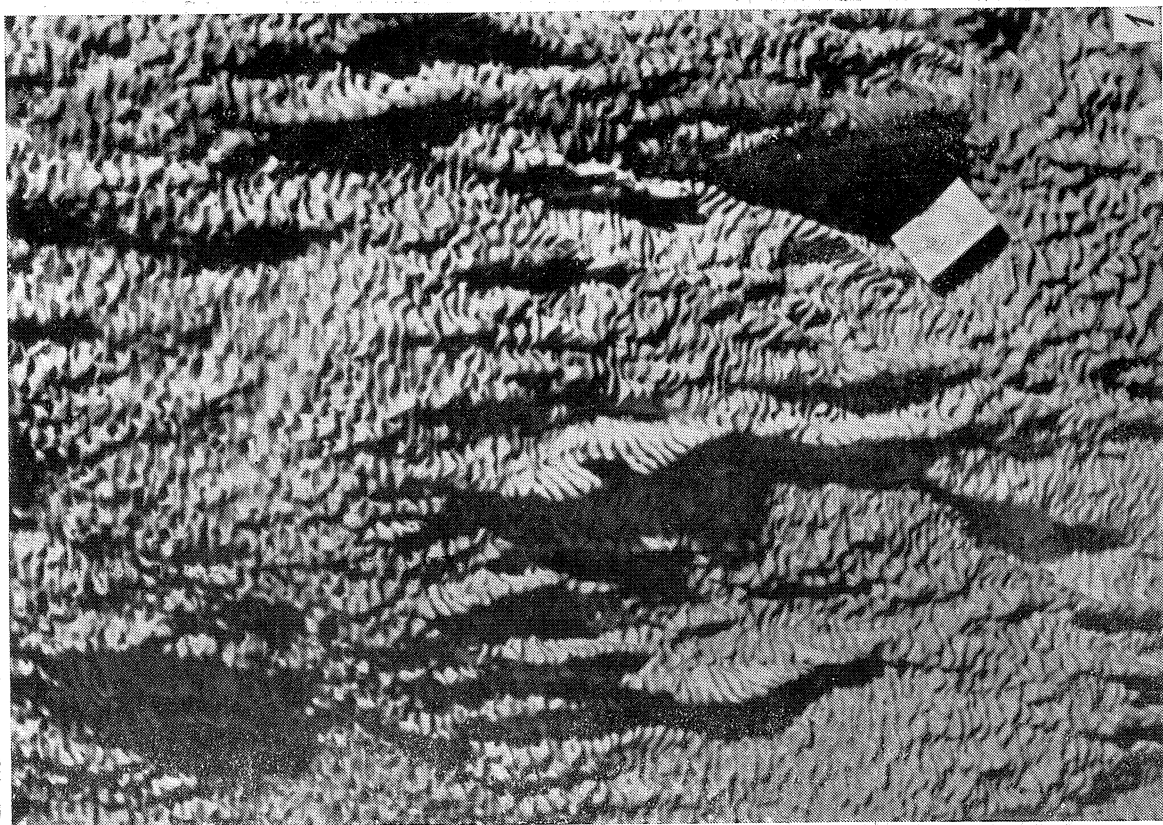
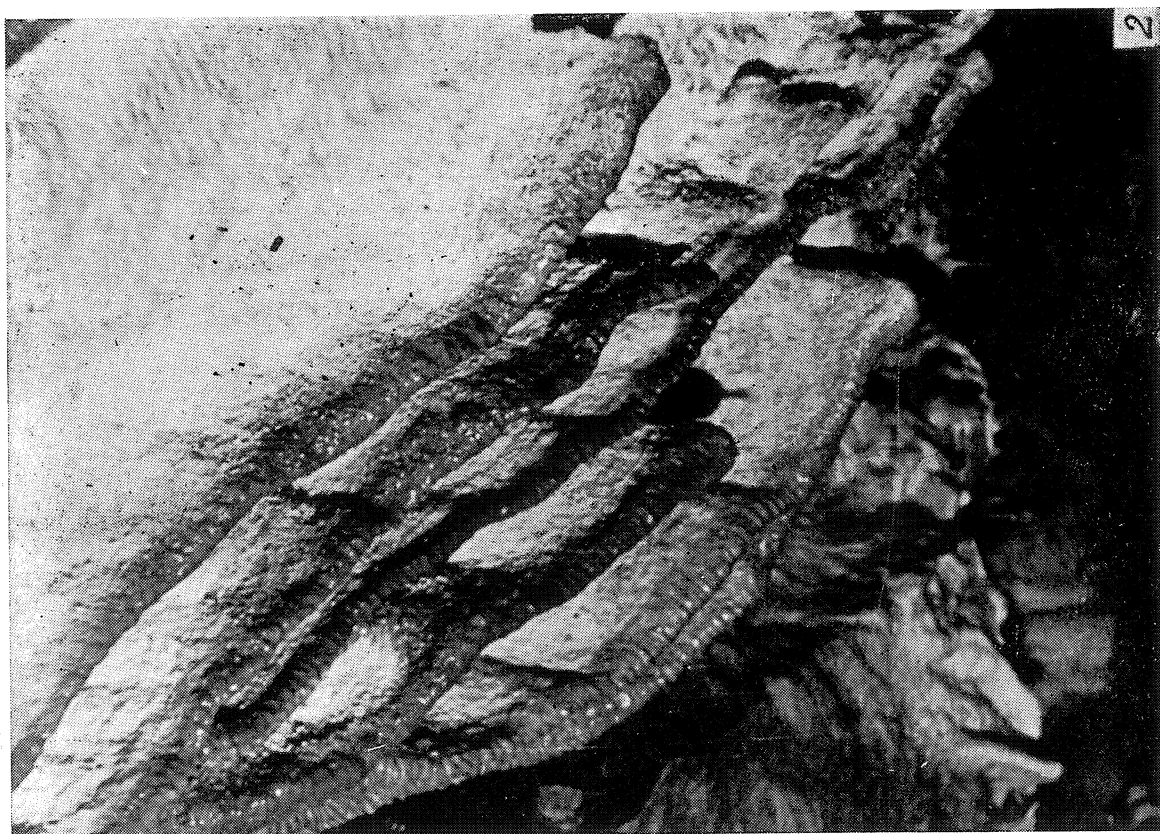


R. Gradziński i A. Radomski





R. Gradziński i A. Radomski



R. Gradziński i A. Radomski

