

Madeyska-Niklewska, Teresa

Metody stosowane w badaniach górnoplejstocieńskich osadów jaskiń Wyżyny Krakowskiej

Światowit 32, 5-25

1971

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

I. ROZPRAWY

Teresa Madeyska-Niklewska

Pracowania Geologii Czwartorzędu Zakładu Nauk Geologicznych PAN

METODY STOSOWANE W BADANIACH GÓRNOPLEJSTOCENSKICH OSADÓW JASKIŃ WYŻYNY KRAKOWSKIEJ

Analizy laboratoryjne, mające na celu ilościowe określenie zmienności niektórych litologicznych i chemicznych cech osadów, są często stosowane w badaniach jaskiniowych stanowisk archeologicznych różnych regionów geograficznych. W Polsce stosowane były bardzo rzadko (Kowalski et al. 1965, 1967). Wyniki tych analiz są przydatne dla odtwarzania procesów sedymentacyjnych zachodzących w jaskiniach nieprzepływowych, dla odtwarzania środowiska, w jakim żył człowiek oraz dla ustalenia chronologii.

Osady jaskiń Wyżyny Krakowskiej z reguły składają się z dwu zasadniczo różniących się serii osadów. Seria warstwowanych mułów i piasków, wypełniająca rynny denne i inne zagłębienia w dnie skalnym, jest śladem dawnego przepływu wody przez te jaskinie, datowanego na różne okresy, aż do ostatniego interglacjału włącznie. Leżąca wyżej seria osadów powstałych w czasie gdy w jaskiniach nie było już przepływu, jest przedmiotem wielu opracowań. Budzi ona tak żywe zainteresowanie z tego względu, że często zawiera pozostałości kulturowe człowieka paleolitycznego oraz obfite szczątki kostne zwierząt. Jest ona interesująca także z geologicznego punktu widzenia (Różycki 1967).

Artykuł niniejszy zawiera przegląd stosowanych przez różnych autorów metod badań guzowo-gliniastych serii osadów jaskiń nieprzepływowych. Opisane sposoby przeprowadzania analiz osadów jaskiń Wyżyny Krakowskiej opracowane zostały stopniowo podczas kilkuletnich badań. Ich wyniki w postaci charakterystyki osadów poszczególnych stanowisk jaskiniowych oraz próby uchwycenia prawidłowości rządzących sedymentacją w tego typu jaskiniach opublikowane zostały uprzednio (Madeyska-Niklewska 1969).

Osady jaskiń nieprzepływowych składają się z różnych genetycznie elementów, a mianowicie: z gliny ilastej i pylastej, będącej w dużej części składnikiem allochtonicznym oraz z gruzu wapiennego, autochtonicznego dla danej jaskini, pochodzącego z rozkruszania jej stropu i ścian. Charakterysty-

czne dla tego typu osadów są także różne domieszki, jak np. pokruszone lub wytrącone w osadzie nacieki, a także różne materiały, których obecność w jaskini związana jest z działalnością ludzi i zwierząt.

Zróżnicowanie ilościowe poszczególnych składników osadów oraz zmienność takich cech, jak: wielkość i kształt okruchów wapiennych, sposób ułożenia materiału, skład chemiczny gliny są właśnie przedmiotem badań. Zależą one w pewnym stopniu od warunków lokalnych, a jak się wydaje, w większym stopniu — od wahań klimatycznych, zachodzących podczas sedymentacji.

Materiały do niniejszego opracowania gromadzone były podczas archeologicznych badań wykopaliskowych, z czego wynikają liczne korzyści. Precyzyjne sposoby eksploracji stanowisk archeologicznych umożliwiają przeprowadzanie szczegółowych obserwacji osadów i ich zmienności w układzie przestrzennym. W czasie badań archeologicznych uzyskuje się szereg przekrojów poprzecznych i podłużnych w stosunku do osi jaskini, a także liczne przekroje poziome (m. in. Chmielewski 1961; Chmielewski et al. 1967; Madeyska-Niklewska 1969). W przekrojach takich obserwować można zmienność osadów nie tylko w układzie stratygraficznym, ale także w zależności od położenia ich w jaskini względem otworu i ścian skalnych. W niektórych przypadkach, odpreparowując strop warstwy, odsłonić można kopalną powierzchnię. Obserwacje poczynione w ten sposób dostarczają wielu danych umożliwiających odtwarzanie procesów sedymentacyjnych, nie mówiąc już o zjawiskach związanych z obecnością człowieka w jaskini.

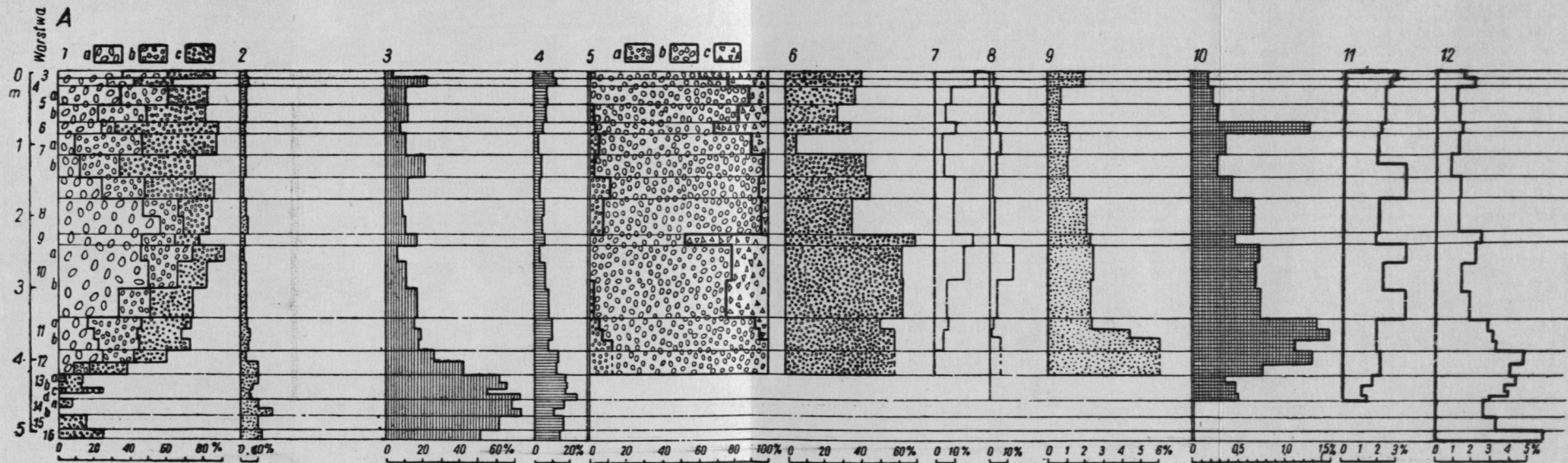
W czasie badań terenowych wykonuje się szereg rysunków; z reguły każdy przekrój pionowy rysowany jest w skali 1:10 i opisywany. Przekroje poziome poszczególnych wykopów wykonywane są co 5 lub 10 cm i rysowane nieco bardziej schematycznie. Zaznaczone są na nich: układ warstw, główne cechy litologiczne osadu, niekiedy barwa materiału drobnego (bardzo przydatne są tu skale barw, np. Munsell Soil Color Charts) oraz położenie znalezisk archeologicznych.

Cała ta dokumentacja rysunkowo-opisowa stanowi jedno z dwu głównych źródeł wnioskowania. Drugim źródłem są wyniki badań laboratoryjnych.

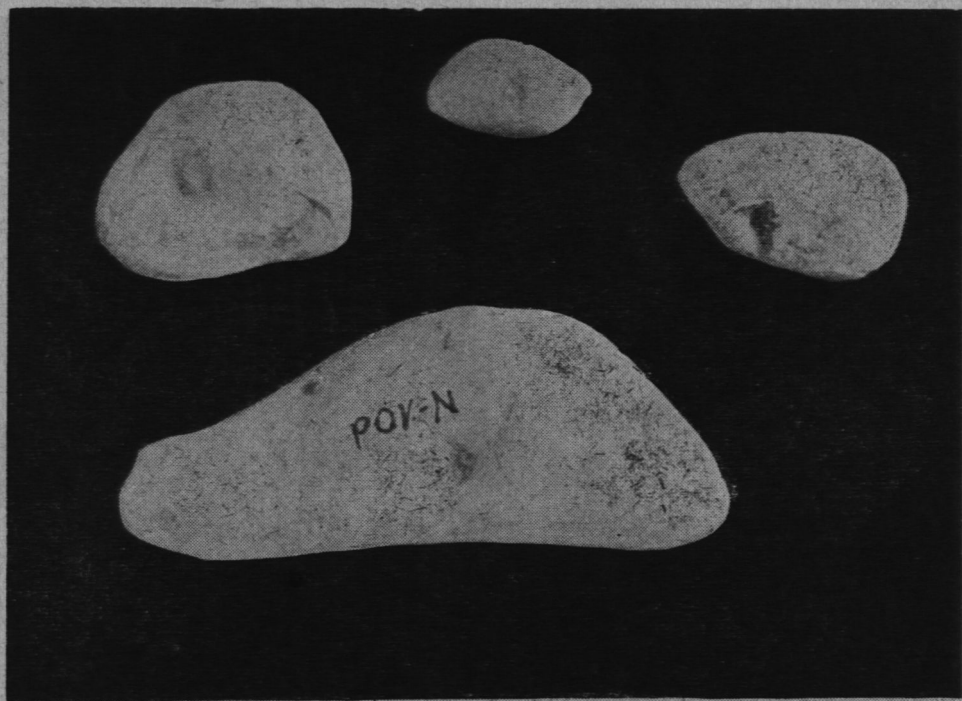
Próbki do badań laboratoryjnych pobierane są pełnymi seriami z poszczególnych przekrojów. Ze względu na dużą zmienność osadów w kierunkach poziomych, próbki mające na celu uchwycenie zmian w układzie stratygraficznym, brane są w przybliżeniu jednym pionowym słupem.

Z każdej wyróżnionej warstwy o miąższości nie przekraczającej 20 cm pobierano jedną próbkę, a z warstw o większej miąższości odpowiednio 2 - 3 próbki. Takie serie uzupełniane być mogą pojedynczymi próbkami pobieranymi w innych miejscach, gdzie np. jakaś warstwa jest lepiej wykształcona lub gdy ulega znacznej zmianie w poziomie.

Wielkość próbek waha się od 1 do 20 kg, zależnie od składu mechanicznego



Ryc. 1. Diagram ilustrujący wyniki analiz osadów jaskini Nietoperzowej. 1 - 4 wyniki analizy granulometrycznej: 1 frakcje gruzu wapiennego (a powyżej 40 mm, b 20 - 40 mm, c 2 - 20 mm), 2 frakcja piaszkowa 0,5 - 2 mm, 3 frakcja pyłowa 0,005 - 0,5 mm, 4 frakcja ilowa poniżej 0,005 mm, 5 - 8 morfologia gruzu wapiennego we frakcji powyżej 10 mm: 5 oglądzenie (a okruchy oglądzone, b okruchy o oglądzonych krawędziach, c okruchy ostrokrawędziste), 6 okruchy z jamkową powierzchnią korozyjną, 7 okruchy o różnych powierzchniach, 8 okruchy ze świeżą powierzchnią pęknięcia, 9 porowatość powierzchni okruchów wapiennych we frakcji 10 - 20 mm, 10 substancje organiczne we frakcji <1 mm, 11 węglany we frakcji <0,1 mm, 12 żelazo we frakcji <1 mm

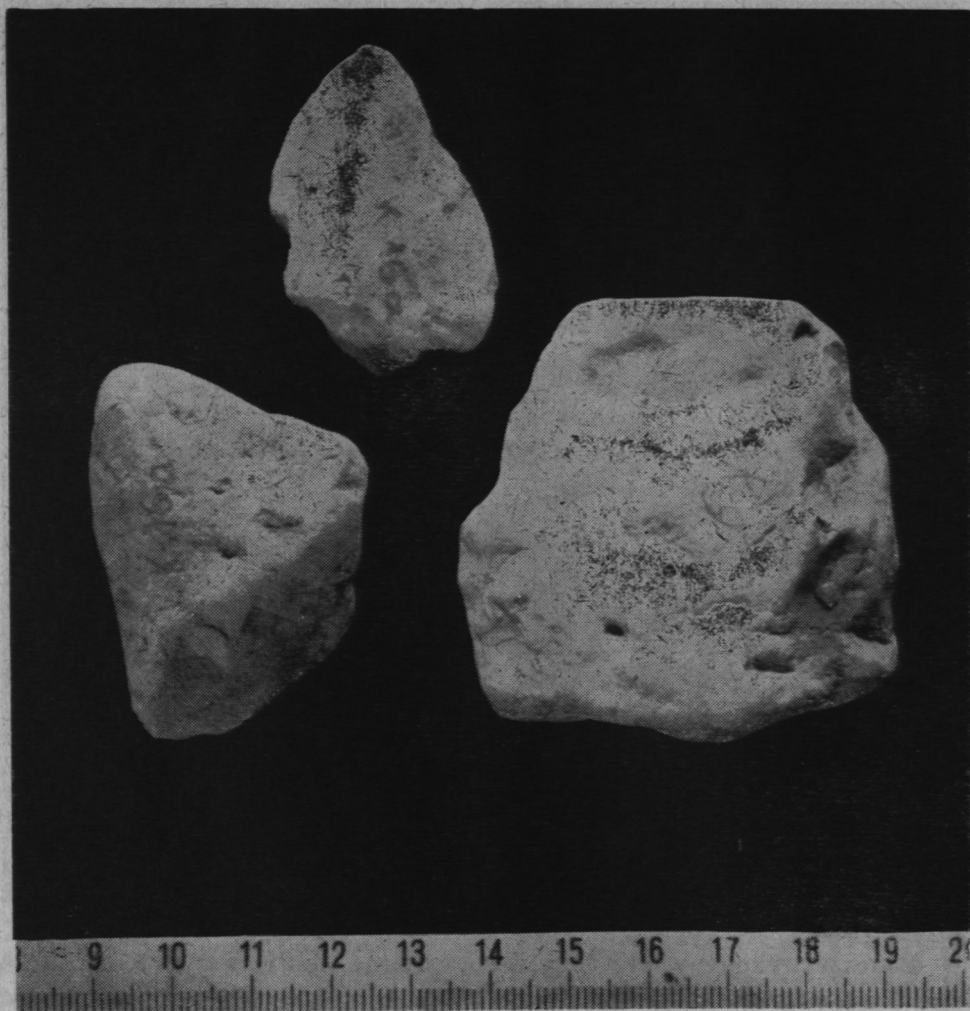


Ryc. 2. Gruz wapienny ogladzony, o powierzchniach gładkich, bez jamkowatych zagłębień korozyjnych — grupa morfologiczna IA (fot. E. Buczek)

go. Największe pochodzą z osadów zawierających duży gruz wapienny, natomiast małe z warstw gliniastych z małą ilością frakcji większych niż piaskowa.

Podczas wykonywania analiz wypracowano stopniowo metodę, którą stosowano przy badaniu ostatnio pobranych serii próbek. W ogólnym zarysie tryb postępowania wygląda następująco.

Próbkę waży się po wysuszeniu w temperaturze 80°C. Następnie odsiewa się 0,5 - 1 kg materiału drobnego na sucho przez sito o średnicy oczek 2 mm. Pozostałą część szlamuje się na sicie 2 mm w celu całkowitego usunięcia materiału o średnicy mniejszej niż 2 mm. Oddzielony w ten sposób gruz wapienny, czyli materiał o średnicy ziarn większej niż 2 mm, suszy się w temperaturze 80°C i rozdziela na mniejsze frakcje granulometryczne za pomocą analizy sitowej. Następnie wykonuje się analizę morfologii gruzu wapiennego i oznaczenie jego porowatości. Z materiału drobnego oddziela się próbki do analizy areometrycznej i do analiz chemicznych. Wyniki analiz zestawiane są w postaci diagramów dla poszczególnych przekrojów osadów jaskiniowych. Przykład takiego diagramu przedstawia ryc. 1.



Ryc. 3. Gruz wapienny o ogladzonych krawędziach, czyli słaboogładzony, gładki, bez jamkowatych zagłębień korozyjnych — grupa morfologiczna IB (fot. E. Buczek)

ANALIZA GRANULOMETRYCZNA

Analiza granulometryczna jest najczęściej stosowaną metodą w badaniach osadów jaskiniowych. Badacze jaskiń przeprowadzali ją w różny sposób zależnie od typu sedimentów i celu, jaki sobie stawiali.

K. Rode (1928) zastosował ją pierwszy w badaniach jaskiń w górze Połom koło Wojcieszowa, lecz stwierdził, że na tej podstawie nie można wyciągnąć żadnych wniosków stratygraficznych.

G. Riek (1934) na wynikach analizy granulometrycznej oparł interpre-

tację chronologiczną osadów jaskini Vogelherd (Jura Szwabska), będącej ważnym wielowarstwowym stanowiskiem archeologicznym. Doszedł on do wniosku, że istnieje prosta zależność pomiędzy wielkością gruzu a klimatem, że gruz dużych rozmiarów związany jest z zimnym, a drobny z cieplejszym klimatem. Interpretacja taka była później krytykowana przez innych autorów.

R. Lais (1941) jest autorem wielostronnej metody badań osadów jaskiniowych, opracowanej dla jaskiń południowych Niemiec, a także dla innych obszarów. Zmiany wielkości gruzu wapiennego wiąże ze zmianami wilgotności. Uważa za prawidłowość obłamywanie się dużych bloków w okresach suchszych, a powstawanie drobnego gruzu w okresach wilgotnych, gdy obecna w dużych ilościach woda penetruje we wszystkie, nawet najmniejsze szczeliny w skale macierzystej. Drugą prawidłowością jest, według tego autora, zmniejszanie się ilości gruzu w stosunku do części drobnych ($< 0,5$ mm) w okresach ciepłych.

Kontynuatorką prac R. Laisa jest E. Schmid (1958, 1963, 1967, 1968a, 1968b). W badaniach składu granulometrycznego zastosowała analizę sitową na sucho, szlamowanie i analizę pipetową. Wykonała m. in. analizy dla wielu jaskiń szwajcarskich, położonych na różnych wysokościach. Zwróciła uwagę na zasadniczy wpływ warunków lokalnych na skład granulometryczny osadów w jaskiniach.

Analizy granulometryczne wielostronnie opracowanych osadów jaskiń słowackich (m. in. Ložek et al. 1957), a także morawskich (np. Pelišek 1957) dały autorom ogólne informacje o klimacie panującym podczas sedymentacji. Większa ilość frakcji pyłowej świadczy o nawiewaniu materiału lessowego, a więc o klimacie zimnym, natomiast zwiększenie ilości ilu wiąże się z wietrzeniem chemicznym, a więc z klimatem cieplejszym i wilgotniejszym. Prawidłowość ta znajduje potwierdzenie i w badaniach naszych jaskiń.

E. Bonifay (1957), opracowując profile osadów kilku jaskiń francuskich, wydzielił okresy przewagi sedymentacji gruzu nad materiałem drobnym (< 2 mm średnicy) odpowiadające okresom panowania klimatu zimnego.

L. Vértés (1959) badał osady wielu jaskiń węgierskich. Wprowadził wskaźniki granulometryczne pokazujące zmiany stosunków ilościowych pomiędzy wybranymi frakcjami. Zależności klimatyczne, jakie pokazuje na tej podstawie, nie znajdują jednak u nas potwierdzenia.

Podobne do powyżej zasygnalizowanych wniosków wyciągali i inni autorzy odnośnie jaskiń francuskich i strefy Śródziemnomorskiej (Chavaillon-Dutrievoz et al. 1952; Lumley 1961; Miskovsky 1966, 1969; Celerier et al. 1967; Laville 1964, 1968; Laville et al. 1967).

Jak widać z powyższego przeglądu różni autorzy różnie interpretowali zmiany składu granulometrycznego osadów jaskiniowych. Możliwość interpretowania zależy w dużej mierze od typu tych osadów, związanych ściśle

ze strefą klimatyczną, w jakiej znajduje się jaskinia. Typ osadów zależy także od takich warunków lokalnych, jak rodzaj skały macierzystej i sytuacja geomorfologiczna.

Znajomość wyników opracowań osadów jaskiń różnych regionów geograficznych jest jednak często przydatna w interpretacji wyników analiz osadów jaskiń Wyżyny Krakowskiej, a niektóre prawidłowości wykazane przez różnych autorów znajdują potwierdzenie i w naszych badaniach. Wymienić można tu np. zwiększanie się udziału frakcji ilowej względem pyłowej w okresach ciepłych, wzrost ogólnej ilości gruzu względem frakcji drobnych w zimnych okresach intensywnego wietrzenia mechanicznego. Prawidłowości te omówione zostały w innym artykule (Madeyska-Niklewska 1969, rozdział pt. *Procesy sedimentacyjne w jaskiniach Wyżyny Krakowskiej*).

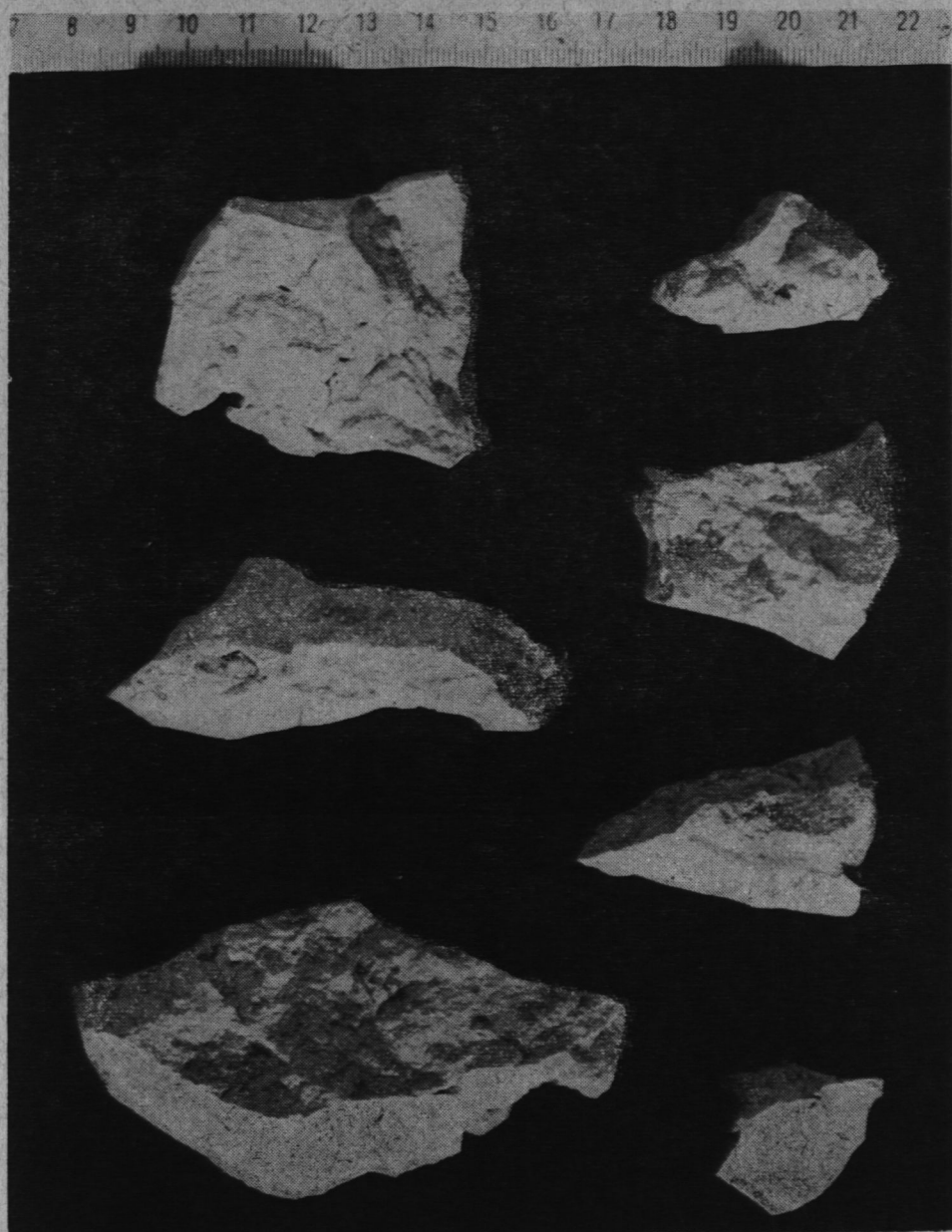
W badaniach oparto się na wynikach całkowitej analizy granulometrycznej. Dla gruzu wapiennego, czyli frakcji powyżej 2 mm średnicy ziarn, wykonuje się analizę sitową, po odszlamowaniu całego materiału drobnego. Wielkość poszczególnych frakcji określa się wagowo. Materiał o średnicy ziarn mniejszej niż 2 mm poddaje się analizie areometrycznej metodą Casagrande'a-Prószyńskiego z uzupełnieniem analizą sitową dla frakcji 0,06 - 2 mm.

W ogólnych zestawieniach analizy granulometrycznej wydziela się następujące frakcje (w mm):

poniżej 0,002	0,5 - 1
0,002 - 0,005	1 - 2
0,005 - 0,01	2 - 5
0,01 - 0,02	5 - 10
0,02 - 0,05	10 - 20
0,05 - 0,1	20 - 40
0,1 - 0,2	40 - 80
0,2 - 0,5	powyżej 80 mm

Taki podział na frakcje stanowi materiał wyjściowy dla dalszych przeliczeń. Do zestawień porównawczych stosuje się podział na mniejszą ilość frakcji, łącząc ze sobą takie frakcje, które zachowują się podobnie w profilu i przedstawiają prawdopodobnie jednakowe genetycznie elementy. Np. krzywa zmienności ilości frakcji 0,002 - 0,005 wykazuje wahania zupełnie analogiczne (równoległe) do wahań krzywej frakcji poniżej 0,002 mm. Postanowiono wobec tego w diagramach podawać obie frakcje łącznie (frakcja poniżej 0,005). Podobnie postąpiono z innymi frakcjami. W rezultacie otrzymano następujący podział uproszczony (w mm):

poniżej 0,005	— il	2 - 20	— gruz drobny
0,005 - 0,5	— pył	20 - 40	— gruz średni
0,5 - 2	— piasek	powyżej 40	— gruz duży



Ryc. 4. Gruz wapienny ostrokrawędzisty o powierzchniach gładkich, bez jamkowatych zagłębień korozyjnych — grupa morfologiczna IC (fot. E. Buczek)



Ryc. 5. Gruz wapienny ogładzony z jamkowatymi zagłębieniami korozyjnymi na powierzchniach — grupa morfologiczna IIA (fot. E. Buczek)

Diagram przedstawiający zmiany ilościowe tych sześciu frakcji (np. w Jaskini Nietoperzowej — ryc. 1) jest łatwo czytelny i pokazuje jasno takie wartości, jak zawartość frakcji ilowej i pyłowej, czy stosunek ilościowy gruzu do frakcji drobniejszych.

MORFOLOGIA GRUZU WAPIENNEGO

Kształt okruchów wapiennych i stan zachowania ich powierzchni ulegają znacznym zmianom w profilach osadów jaskiniowych i są ważnym wskaźnikiem klimatycznym. Wielu badaczy zwracało uwagę na tę zmienność, a niektórzy z nich próbowali określić ją także ilościowo. Do tych, którzy ujmowali to zagadnienie opisowo należą m. in.: R. Lais (1941), V. Ložek et al. (1957),

E. Schmid (1958). Określeniem ilościowym kształtu i stanu zachowania okruchów wapiennych zajęli się ostatnio badacze francuscy: E. Bonifay (1955, 1957), H. Laville (1964), N. Chavaillon-Dutrievoz (1955), H. Laville et al. (1967), G. Celerier et al. (1967), J. C. Miskovsky (1969), a także, chociaż znacznie mniej szczegółowo K. Brunnacker (1963) i L. Vértes (1959).

E. Bonifay wprowadził następujące wartości: wskaźnik zwietrzenia, określający stopień zwietrzenia chemicznego powierzchni okruchów, wyrażający się zmianą twardości oraz wskaźnik obróbki eolicznej dla osadów wypełniających płytkie schroniska skalne nad brzegiem Rodanu, gdzie spotyka się okruchy ze szlifem eolicznym. Wprowadził także klasyfikację gruzu pod względem kształtu okruchów. Wydzielił tu następujące klasy: płytki, pryzmaty, wielościiany, okruchy o ogładzonych krawędziach i otoczaki. Wskaźnik zwietrzenia, a w pewnym stopniu także wskaźnik eolizacji, odzwierciedlają zjawiska związane z warunkami klimatycznymi. Kształt okruchów autor odnosi do właściwości skały macierzystej lub w przypadku ogładzenia okruchów do działalności ludzi zamieszkujących kiedyś jaskinię.

N. Chavaillon-Dutrievoz (1955) szczegółowo opracowuje metody określające różne rodzaje zniszczenia powierzchni okruchów, a mianowicie korozję, ogładzenie i wyświecenie powierzchni. Stopień skorodowania gruzu określa średnicą jamek powstających na jego powierzchni, przy czym im większa jest średnica jamek, tym większy wskaźnik korozji.

Dla określenia stopnia zaokrąglenia okruchów N. Chavaillon-Dutrievoz zastosował początkowo współczynnik ogładzenia A. Cailleux (1947). Następnie, ze względu na bardzo dużą zmienność promieni poszczególnych krzywizn okruchów, przyjął za charakterystyczną wielkość określającą ogładzenie gruzu — maksymalny promień krzywizny. Na tej podstawie opracował podział okruchów na 6 klas, od ostrokrawędzistych do ogładzonych. Autor ten doszedł jednak do wniosku, że w praktyce zupełnie zadowalający jest podział na trzy klasy, który może być wykonywany przy pewnej wprawie wzrokowo. W rezultacie przyjął podział na okruchy nie ogładzone, słabo ogładzone i dobrze ogładzone.

Trzecią cechą rozpatrywaną przez tego autora jest wybłyszczenie powierzchni okruchów wapienia. Określa ją w następującej skali: 0 — okruchy chropowate, 1 — okruchy nieco mniej chropowate, 2 — okruchy lekko wybłyszczone, głównie na częściach wystających, 3 — okruchy wybłyszczone na całej powierzchni.

Na podstawie zmienności w profilu (np. jaskini Arcy-sur-Cure — N. Chavaillon-Dutrievoz 1955) wskaźnika korozji, autor ten wyznacza cykle korozyjne, których istnienie wiąże z klimatem ciepłym i wilgotnym. Natomiast wyświecenie uważa za charakterystyczną cechę osadów w warstwach kulturowych, powstałą na skutek wypolerowania odłamków wapienia przez deptanie

po osadach mieszkańców jaskini. Autor zwraca także uwagę na często występujące różnice w stanie zachowania górnej i dolnej powierzchni okrucha wapiennego.

Szczegółowe badania morfologii gruzu przeprowadził także H. Laville (Laville 1964, 1968, Bordes et al. 1966) w osadach jaskiń krainy Perigord i Dordonii, częściowo w oparciu o założenia pracy E. Bonifay (1955, 1957). Badania H. Laville'a poszły w dwu kierunkach. Po pierwsze, w celu określenia działalności mrozu wydziela następujące formy gruzu: „plaquettes de gel” — ostrokrawędziste płytki o jednej powierzchni świeżej, będącej śladem odłamania od ściany skalnej oraz „cailloux gélivés” i „cailloux fissuré” — okruchy spękane w osadzie. Ilość tych form gruzu w próbce świadczy o nasileniu działalności mrozu w czasie sedymentacji.

Po drugie H. Laville określa stopień zwietrzenia chemicznego, charakterystycznego dla warunków ciepłych i wilgotnych. W tym celu wprowadza: 1 — wskaźnik zwietrzenia obliczany na podstawie oceny twardości powierzchni okruchów, 2 — wskaźnik skorodowania oparty na obecności jamkowatych zagłębień, 3 — orientacyjne oglądanie gruzu.

Sposoby klasyfikacji gruzu wapiennego, stosowane przez francuskich badaczy, przedstawiono dość szczegółowo ze względu na możliwość porównania ich z badaniami morfologii gruzu wapiennego stosowanymi w pracy nad osadami jaskiń Wyżyny Krakowskiej. Takie cechy gruzu, jak różny stopień oglądzenia, występowanie jamkowatych zagłębień korozyjnych i zwietrzenie powierzchni, wyrażające się zmniejszeniem twardości, są wspólne dla gruzu wchodzącego w skład osadów. Spotyka się także pewne różnice, np. nie ma u nas obróbki eolicznej gruzu, wpływ człowieka na wypelnisko jest znacznie mniejszy u nas niż w jaskiniach francuskich.

Opracowując osady jaskiń Wyżyny Krakowskiej próbowano różnych sposobów klasyfikacji okruchów wg morfologii i różnych zestawień liczbowych dotyczących tego zagadnienia. Uwzględniono w tych badaniach różne frakcje gruzu. Poniżej przedstawiony zostanie system klasyfikacji gruzu wapiennego według kształtu i stanu zachowania powierzchni, wypracowany stopniowo w czasie tych badań. Przy tych analizach uwzględniono frakcje 10 - 20 mm i powyżej 20 mm średnicy. Praktyka wykazała, że frakcje drobniejsze nie nadają się do tego rodzaju badań ze względu na słabą czytelność cech morfologicznych. Słuszność wyboru badanych frakcji znajduje także potwierdzenie w doświadczeniach cytowanych wyżej autorów francuskich. W zestawieniach ogólnych często traktuje się obie frakcje łącznie, wtedy liczby dotyczą całego gruzu o średnicy większej niż 10 mm. Podział na klasy wykonywano wzrokowo, przeliczając zależnie od próbki 100 - 900, a średnio ok. 500 sztuk okruchów.

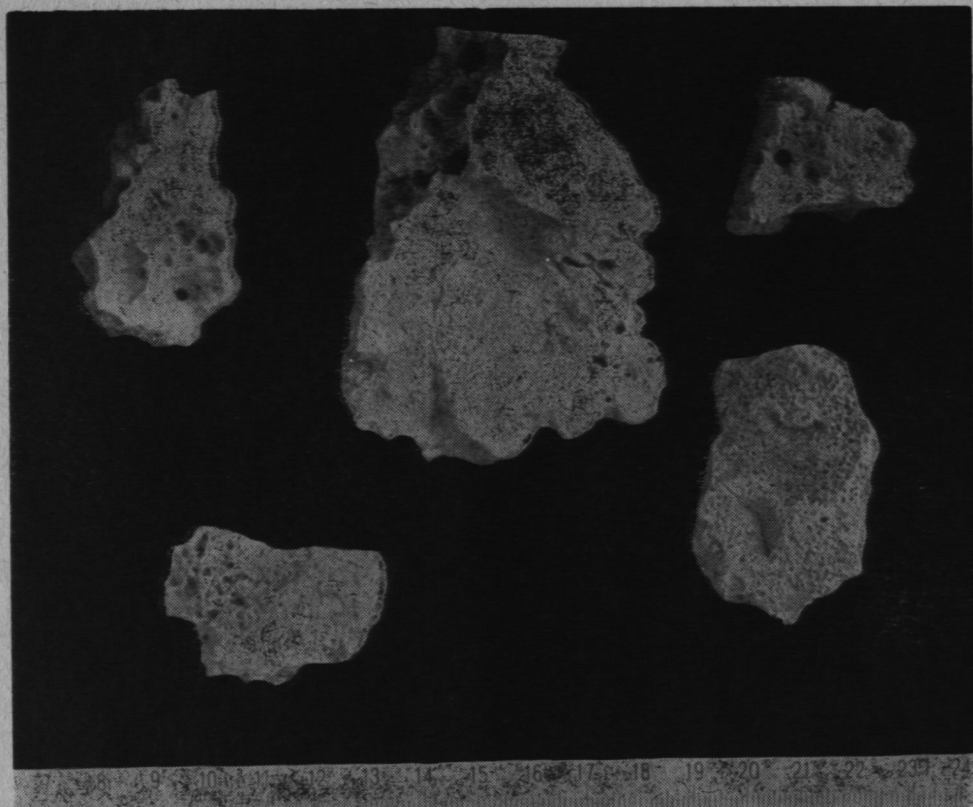
Wyodrębniono następujące grupy morfologiczne:

- I. Gruz o powierzchni gładkiej, bez jamkowatych zagłębień korozyjnych
- IA — odłamki oglądzone (ryc. 2)



Ryc. 6. Gruz wapienny o ogładzonych krawędziach, czyli słaboogładzony z jamkowatym zagłębieniami korozyjnymi na powierzchniach — grupa morfologiczna IIB (fot. E. Buczek)

- IB — odłamki o ogładzonych krawędziach, czyli słabo ogładzone (ryc. 3)
- IC — odłamki ostrokrawędziste — nieogładzone (ryc. 4)
- II. Gruz o powierzchni z jamkowatymi zagłębieniami korozyjnymi
 - IIA — odłamki ogładzone (ryc. 5)
 - IIB — odłamki o ogładzonych krawędziach, czyli słabo ogładzone (ryc. 6)
 - IIC — odłamki ostrokrawędziste — nieogładzone (ryc. 7)
- III. Okruchy „różnopoверхниowe” — o różnym stanie zachowania powierzchni (np. jedna z nich jest niezwiertzała, a inna posiada wyraźne ślady wietrzenia chemicznego) (ryc. 8)
- IV. Okruchy ze świeżą powierzchnią przełamu, powstałą na skutek pęknięcia w osadzie (ryc. 9).



Ryc. 7. Gruz wapienny ostrokrawędzisty z jamkowatymi zagłębieniami korozyjnymi na powierzchniach — grupa morfologiczna IIC (fot. E. Buczek)

Jako liczby ilustrujące wielkość poszczególnych grup przyjęto ilość sztuk gładzików. Na podstawie danych otrzymanych z takiego szczegółowego zestawienia wykonano przeliczenia procentowe dla uzyskania obrazu zmian głównych cech. W celu zilustrowania ogólnego stopnia ogładzenia gruzu wapiennego wyodrębniono trzy klasy (ryc. 1):

- 1 — gruz ogładzony, o zupełnie zatartych krawędziach — suma grupy IA i IIA,
- 2 — gruz o ogładzonych, ale widocznych jeszcze krawędziach — suma grup IB i IIB,
- 3 — gruz ostrokrawędzisty, nieogładzony — suma grupy IC i IIC.

Do obliczeń jako 100% przyjęto ogólną ilość okruszków wybranej frakcji granulometrycznej pomniejszoną o ilość gładzików grupy III i IV, gdyż tych ostatnich do żadnej z klas głównych zaliczyć nie można.

Ilość gruzu z jamkowatymi zagłębieniami korozyjnymi na powierzchni obliczano sumując grupy IIA, IIB, IIC i obliczając ich ilość w stosunku do

ogólnej ilości okruchów danej frakcji granulometrycznej przyjętej za 100%. Ilość gruzu klas III i IV liczono podobnie.

Oprócz wyżej opisanych rodzajów gruzu wapiennego, w osadach jaskiń Wyżyny Krakowskiej występują okruchy wapienne tak silnie zwietrzałe chemicznie, że niekiedy nie można ich w całości wydobyć z osadu. Są one miękkie, kredowate, a na ich powierzchni często występuje twarda skorupka wytraconych w tym miejscu związków fosforanowych (ryc. 10). Ten rodzaj gruzu nie został uwzględniony w ogólnych zestawieniach morfologicznych, gdyż jego występowanie ograniczone jest wyłącznie do warstw pochodzących z ostatniego interglacjału.

POROWATOŚĆ POWIERZCHNI OKRUCHÓW WAPIENNYCH

Oprócz różnic w kształcie odłamków wapiennych obserwuje się również zmiany stanu zachowania ich części przypowierzchniowych wyrażające się zmniejszeniem twardości i porowatością, jakby „zmurszeniem” gruzu, przez czym powierzchnia staje się miękka, mączysta, podobna do kredy. Taki porowatość powierzchni świadczy o natężeniu wietrzenia chemicznego. Zjawisk to było określane ilościowo przez różnych badaczy dwoma sposobami. Po pierwsze przez oznaczenie twardości powierzchni (Bonifay 1957, Brunnackeo 1963), po drugie przez oznaczenia porowatości (Lais 1941, Schmid 1958o Laville 1968, Miskovsky 1969). H. Laville 1964 zastosował obie te metody a otrzymane krzywe ilustrujące zmienność wskaźnika zwietrzenia i porowatość, wykazały równoległy przebieg.

W badaniach osadów jaskiń Wyżyny Krakowskiej zdecydowano się na oznaczenie porowatości. Wyznaczano ją pośrednio poprzez nasiąkliwość, określając wagowo ilość wody, którą pochłania w czasie 4 godzin zanurzone w niej ok. 0,5 kg gruzu wapiennego frakcji 10 - 20 mm w stosunku do ciężaru tego gruzu w stanie suchym. Jest to metoda zbliżona do stosowanej przez R. Laisa, E. Schmid i H. Laville'a.

ZAWARTOŚĆ SUBSTANCJI ORGANICZNYCH

Substancje organiczne w osadach jaskiniowych pochodzą głównie z dwu źródeł. Pierwszym z nich jest gromadzenie gałęzi, liści, trawy i innych materiałów organicznych przez ludzi i zwierzęta przebywające w jaskini, a drugim przedostawanie się cząstek humusowych szczelinami w stropie skalnym jaskini wraz z przesiąkającą wodą. Oznaczenie ilościowe obejmuje oba rodzaje łącznie.

Tzw. „humus” oznaczali różni autorzy na ogół metodami kolorymetrycznymi (Lais 1941, Schmid 1958, Vértes 1959, Isetti et al. 1962, Pelišek 1957).

W opisywanych tu badaniach posłużono się metodą podaną przez J. W. Cornwalla (1961). Przyjmuje on za przybliżoną ilość „humusu” ilość substancji organicznych rozpuszczających się na gorąco w roztworze wodorotlenku sodu. Do oznaczenia używa się 1 g materiału o średnicy ziarn mniejszej niż 1 mm. Określenie ilościowe wykonuje się w fotokolorymetrze Pulfricha przez porównanie z danymi otrzymanymi dla próbek substancji organicznych z czystego torfu.

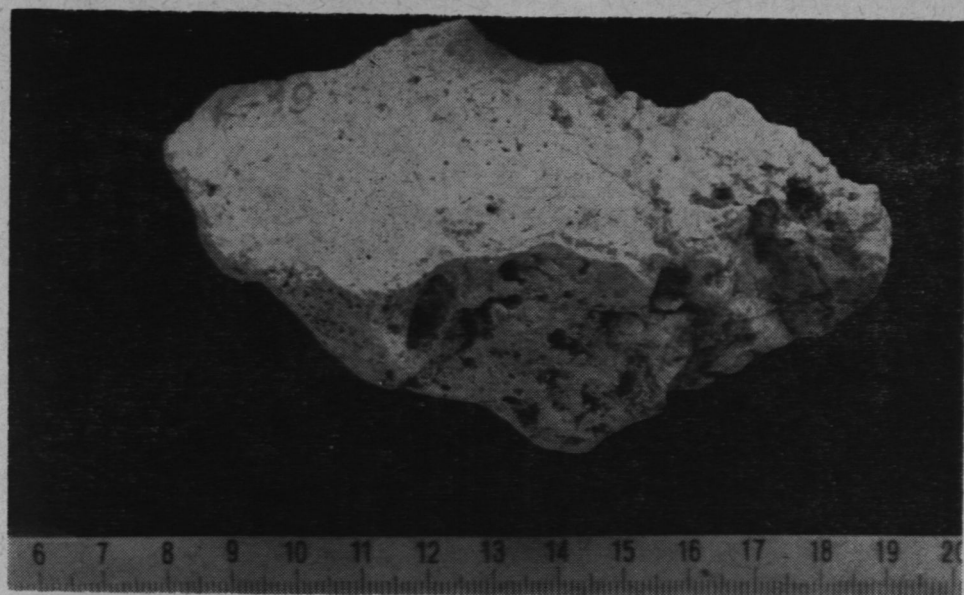
ZAWARTOŚĆ WĘGLANÓW

Zagadnienie zawartości węglanów we frakcjach drobnych w osadach jaskiniowych jest sprawą skomplikowaną. Jak widać z dość licznych danych podawanych przez różnych autorów (Rode 1928, Utescher 1939, Lais 1941, Schmid 1958, Freund 1955, Łożek et al. 1957, Pelišek 1957, Vértes 1959, Isetti et al. 1962, Laville 1964), zawartość węglanów jest wartością bardzo zmienną i zależy od wielu czynników.

Istnieją dwa główne źródła węglanów w osadzie. Po pierwsze są to drobne okruchy skały macierzystej, które znalazły się w osadzie na skutek wietrzenia mechanicznego, podobnie jak gruz wapienny. Po drugie, są to węglany, które wytrąciły się w osadzie z roztworów.

Ponieważ w jaskiniach Wyżyny Krakowskiej rola nacieków w tworzeniu się osadów jest niewielka, zdecydowano się na oznaczenia węglanów, spodziewając się otrzymania danych o obecności bardzo drobnych okruchów mechanicznych wapienia. Analizy wykonano w dwu frakcjach granulometrycznych: poniżej 1 mm i poniżej 0,1 mm średnicy. Węglany rozłożone przy użyciu kwasu solnego oznaczano przez miareczkowanie nadmiaru kwasu mianowanym roztworem wodorotlenku sodu w obecności fenoltaleiny. Wyniki analiz okazały się jednak niejednoznaczne. Wahania zawartości węglanów w profilu są duże i nieregularne. Wnioski z tych danych należy wyciągać bardzo ostrożnie.

Węglany wytrącone w osadzie z roztworów H. Laville (Celerier et al. 1967, Laville et al. 1967, Bordes et al. 1966, Laville 1968) oznacza wydzielając z drobnych frakcji gruzowych konkretne krystalicznego węglanu wapnia oraz okruchy wapienne z delikatną skorupką kalcytową na powierzchni. Niestety ta metoda w przypadku badań jaskiń Wyżyny Krakowskiej jest o tyle mało przydatna, że konkretne spotyka się bardzo rzadko i to tylko w warstwach holocenijskich lub leżących bezpośrednio pod nimi, gdzie węglany dostały się na skutek przesiąkania.



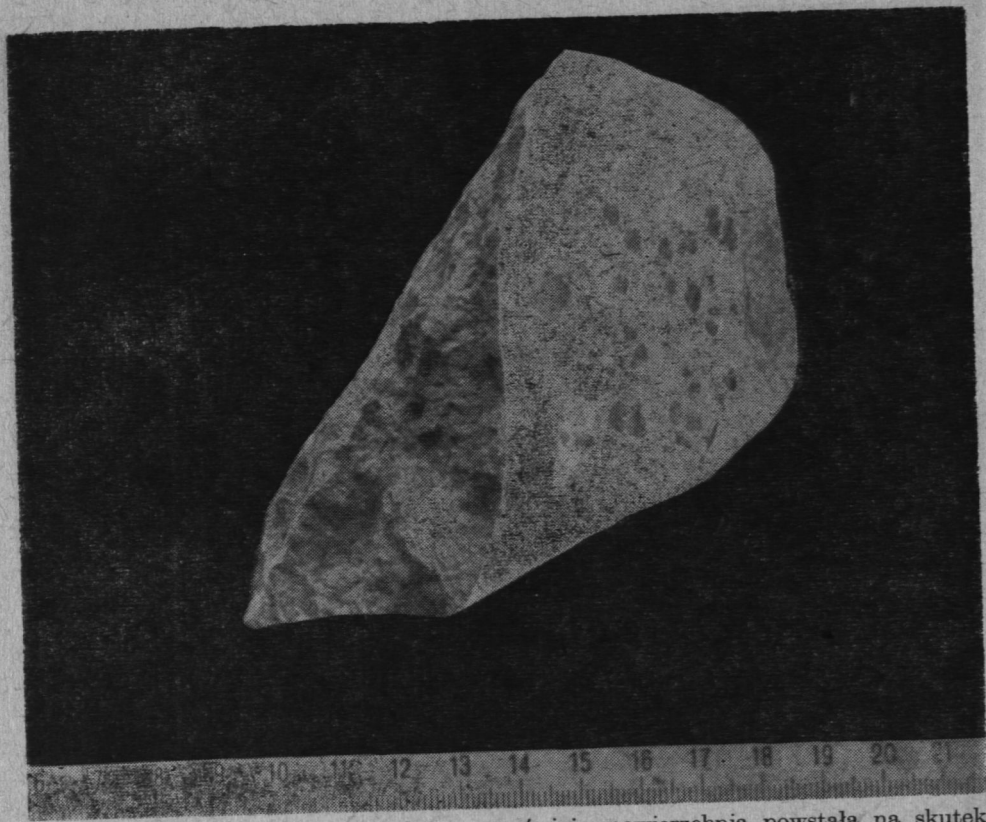
Ryc. 8. Odłamek wapienny o różnym stanie zachowania powierzchni — jedna z nich jest ogładzona i skorodowana, a druga znacznie mniej skorodowana, nie ogładzona. Jest to przykład okruszków zaliczanych do III grupy morfologicznej (fot. E. Buczek)

ZAWARTOŚĆ ŻELAZA

Niektóre warstwy osadów jaskiniowych mają wyraźnie czerwonawe zabarwienie. Są to często warstwy, których różne cechy wskazują na powstanie w cieplejszych okresach. Wzbogacenie w żelazo może być wskaźnikiem ocieplenia klimatu i związanego z nim wietrzenia chemicznego oraz rozwoju procesów glebowych na powierzchni. Oznaczenie zawartości żelaza w próbkach i porównanie jej zmian z innymi danymi wskazuje na słuszność tego przypuszczenia.

W badaniach jaskiniowych zwracano uwagę na obecność związków żelaza; ilościowo określał je tylko J. C. Miskovsky (Isetii et al. 1962, Miskovsky 1969) metodą kolorymetryczną.

W badaniach jaskiń Wyżyny Krakowskiej zastosowano metodę polegającą na kolorymetrycznym określaniu żelaza ogólnego. Próbkę materiału frakcji poniżej 1 mm ogrzewano na łaźni wodnej ze stężonym kwasem solnym z dodatkiem stężonego kwasu azotowego. Następnie w wyciągu oznaczano zawartość żelaza, wobec rodanku amonowego jako wskaźnika, w fotokolorymetrze elektrycznym.



Ryc. 9. Odlamek wapienny ogladzony, ze świeżą powierzchnią powstałą na skutek pęknięcia w osadzie — grupa morfologiczna IV (fot. E. Buczek)

ANALIZA SKŁADU MINERAŁÓW CIĘŻKICH

Jak wykazały analizy niewielkiej serii próbek (Madeyska-Niklewska 1969, tabl. I) skład mineralów ciężkich nie ulega w badanych profilach zmianom na tyle wyraźnym, aby na tej podstawie można było wyciągać jakies wnioski dotyczące różnic w pochodzeniu materiału. Przeciwnie — można sądzić, że źródło materiału drobnego dla poszczególnych warstw profili wielu jaskiń było w przybliżeniu to samo i były to utwory lessowe leżące na powierzchni i pokrywające dużą część wierzchowiny.

INNE BADANIA

W badaniach osadów jaskiniowych różni autorzy stosowali prócz opisanych wyżej także i inne badania, których z różnych przyczyn nie przeprowadzono w jaskiniach Wyżyny Krakowskiej.

J. C. Miskovsky (1969) oznacza ciężar właściwy gruzu wapiennego, którego wahania są w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalne do porowatości.

H. Laville (1964) oraz J. C. Miskovsky (1969) oznaczali skład minerałów ilastych. Na podstawie wyników tych analiz H. Laville doszedł do wniosku, że istnieje zależność między intensywnością zwietrzenia chemicznego gruzu a ilością kaolinitu, który w warstwach silnie chemicznie zwietrzałych ulega wzbogaceniu kosztem illitu i montmorylonitu. Autor ten podkreśla jednak, że wyniki tych analiz nie dają nic więcej niż proste i tanie określenie zwietrzenia chemicznego gruzu wapiennego.

Natomiast L. Vértés (1959) po wykonaniu szeregu analiz minerałów ilastych doszedł do wniosku, że ich wyniki nie dostarczają żadnych danych odnośnie paleoklimatu.

Ze względu na wątpliwą przydatność znajomości składu minerałów ilastych dla badań osadów jaskiniowych z jednej strony, a z drugiej strony na duży koszt tych analiz, zaniechano ich przeprowadzenia w badaniach jaskiń Wyżyny Krakowskiej.

Z podobnych względów nie stosowano dokładnych analiz chemicznych i mineralogicznych prowadzonych do badań jaskiniowych przez J. Schadlera (1934) i K. Uteschera (1939), a kontynuowanych częściowo przez G. Freund (1955), L. Vértésa (1959) i J. C. Miskovsky'ego (1969).

Wielu badaczy zajmowało się oznaczaniem fosfatu w osadach jaskiniowych. Jest to składnik niekiedy bardzo znaczny pod względem ilości. Właśnie ze względu na dużą zawartość różnych minerałów fosforanowych osady jaskiń były często eksploatowane przemysłowo na nawóz. W związku z taką eksploatacją np. jaskinia Drachenhöhle koło Mixnitz doczekała się bardzo obszernej i dość wszechstronnej monografii (Abel, Kyrle 1931). Między innymi zawiera ona szczegółowe studium dotyczące powstawania i przekształceń minerałów fosforanowych.

Autorzy zajmujący się badaniem osadów jaskiniowych z punktu widzenia ich geologicznej i archeologicznej historii, niekiedy także oznaczali zawartość P_2O_5 (Schmid 1958, 1968a, 1968b, Vértés 1959). Wszyscy są właściwie zgodni co do tego, że zwiększenie zawartości P_2O_5 w jakiejś warstwie należy wiązać z obecnością człowieka lub zwierząt w jaskini. Ponieważ istnieją inne, proste do zinterpretowania ślady pobytu zwierząt i ludzi w jaskini, jak nagromadzenie kości zwierzęcych i istnienie warstw kulturowych lub wyrobów ludzkich, oznaczanie ilościowe P_2O_5 uznano za zbędne.

Wydaje się, że najwłaściwszą drogą do zbadania historii tworzenia się wypełniska jaskiniowego i do wykrycia prawidłowości rządzących sedymentacją jest gromadzenie jak największej ilości danych o osadach przy pomocy prostych badań sedymentologicznych i szczegółowych obserwacji w terenie.



Ryc. 10. Odłamek wapienny silnie zwietrzały chemicznie, ze skorupką związków fosforanowych na powierzchni (fot. E. Buczek)

LITERATURA

- Abel O., Kyrle G., 1931 — *Die Drachenhöhle bei Mixnitz*, w: *Speläologische Monographien*, t. 7 - 9, Wien.
- Bonifay E., 1955 — *Méthodes d'étude du remplissage des grottes*, „Bulletin de la Société Préhistorique Française”, t. 52.
- Bonifay E., 1957 — *Les sédiments détritiques grossiers dans les remplissages des grottes*, „L'Anthropologie”, t. 60.
- Bordes F., Laville H., Paquereau M., 1966 — *Observations sur le Pléistocène supérieur du gisement de Combe-Grenal (Dordogne)*, „Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux”, t. 103, série B, No 10.
- Brunnacker K., 1963 — *Die Sedimente in der Höhlenruine von Hunas (Nördliche Frankenalb)*, „Eiszeitalter und Gegenwart”, t. 14.
- Cailleux A., 1947 — *L'indice d'éroussé définition et première application*, „Bulletin de la Société Géologique de la France”, t. 13, 10 - 11.
- Celerier G., Laville H., Thibault C., 1967 — *Etude sédimentologique du gisement préhistorique des Jambes à Périgueux*, „Bulletin de la Société Préhistorique Française”, t. 64, No 1.
- Chavaillon-Dutrievoz N., 1955 — *État de surface des cailloutis et des vestiges osseux dans les couches archéologiques d'Arcy-sur-Cure*, „Bulletin de la Société Préhistorique Française”, t. 52.

Chavaillon-Dutrievoz N., Chavaillon J., 1952 — *Essai de granulométrie appliquée aux gisements préhistoriques d'Arcy-sur-Cure*, „Bulletin de la Société Préhistorique Française”, t. 49.

Chmielewski W., 1961 — *Civilisation de Jerzmanowice*, Wrocław.

Chmielewski W., Kowalski K., Madeyska-Niklewska T., Sych L., 1967 — *Wyniki badań jaskini Koziarni w Sęspowie pow. Olkusz (Studies on the deposits of Koziarnia cave at Sęspów in the Olkusz district)*, „Folia Quaternaria”, t. 26.

Cornwall I. W., 1961 — *Soils for the Archaeologists*, London.

Freund G., 1955 — *Die Sedimentanalytischen Untersuchungen*, w: Zotz L. F., — *Das Paläolithikum in den Weinberghöhlen bei Mauern*, Quarter-Bibliothek, t. 2, Bonn.

Isetti G., Lumley H., Miskovsky J. C., 1962 — *Il giacimento musteriano della Grotta dell'Arma presso Bussana (Sanremo)*, „Rivista di Studi Liguri”, r. 28, nr 1-4.

Kowalski K., Kozłowski J. K., Kryszowska M., Wiktor W., 1965 — *Badania osadów schroniska w Puchaczkiej Skale w Prądniku Czajowskim, pow. Olkusz*, „Folia Quaternaria”, t. 20.

Kowalski K., Kozłowski J. K., Kryszowska-Iwaszkiewicz M., Pawlikowa B., Wiktor A., 1967 — *Badania osadów schronisk podskalnych w Żytniej Skale (Bębło, pow. Olkusz)*, „Folia Quaternaria”, t. 25.

Lais R., 1941 — *Über Höhlensedimente*, „Quarter”, t. 3.

Laville H., 1964 — *Recherches sédimentologiques sur la paléoclimatologie du Würmien récent en Périgord*, „L'Anthropologie”, t. 66.

Laville H., 1968 — *L'abri du Facteur a Tursac (Dordogne) Étude sédimentologique du remplissage*, „Gallia préhistoire”, t. 11.

Laville H., Sonnevill-Bordes D., 1967 — *Sédimentologie des niveaux moustériens et aurignaciens de Caminade-Est (Dordogne)*, „Bulletin de la Société Préhistorique Française”, t. 64, N. 1.

Ložek V., Sekyra J., Kukla J., Feifar O., 1957 — *Výzkum Velké Jasovské jeskyně*, „Anthropozoikum”, t. 6.

Lumley H. de., 1960 — *Evolution paleoclimatique de la Provence au Riss et au Würm d'après les remplissages de la Baume Bonne et de la Baume des Peyrards*, „Cahiers Ligures de Préhistoire et d'Archéologie”, No 9.

Lumley H., 1961 — *La place du remplissage de la Grotte du Lazaret (A. - M.) dans la stratigraphie du Quaternaire de la région de Nice a Monaco*, „Bulletin du Musée d'Anthropologie Préhistorique de Monaco”, No 8.

Madeyska-Niklewska T., 1969 — *Górnoplejstoczeńskie osady jaskiń Wyżyny Krakowskiej (Upper Pleistocene deposits in the caves of Cracow Upland)*, „Acta Geologica Polonica”, t. 19, nr 2.

Miskovsky J. C., 1966 — *Les principaux types de dépôts de grottes et les problèmes que pose leur étude*, „Revue de Géomorphologie Dynamique”, r. 16, No 1.

Miskovsky J. C., 1969 — *Analyse des sédiments*, w: Lumley H. de — *Une cabane archéolénienne dans la Grotte du Lazaret (Nice)*, „Mémoires de la Société Préhistorique Française”, t. 7.

Pelišek J., 1957 — *Kvartérní sedimenty Žitného jeskyně v Moravském krasu*, w: Dvůrák J., Pelišek J., Musil R., Valoch K. — *Komplexní výzkum Žitného jeskyně v Moravském krasu*, „Práce Brněnské základny Československé Akademie Ved”, t. 29, z. 12.

Riek G., 1934 — *Die Eiszeitjägerstation am Vogelherd im Lonetal*, Leipzig.

Rode K., 1928 — *Zur Kenntnis von Höhlensedimenten*, „Geologische Rundschau” t. 19.

Różycki S. Z., 1967 — *Plejstocen Polski Środkowej na tle przeszłości w górnym trzeciorzędzie (The Pleistocene of Middle Poland)*, Warszawa.

Schadler J., 1934 — *Die Ablagerungen*, w: Abel O., Kyrle G. — *Drachenhöhle bei Mienitz*.

Schmid E., 1958 — *Höhlenforschung und Sedimentanalyse*, „Schriften des Instituts für Ur- und Frühgeschichte der Schweiz”, t. 13.

Schmid E., 1963 — *Cave sediments and Prehistory*, w: *Science in Archaeology*, New York.

Schmid E., 1967 — *Remarks on a series of samples from the sediments in the Geula Cave*, „Quaternaria”, t. 9.

Schmid E., 1968 a — *Zwei Beobachtungen zum Untergrund von Chur*, „Jahresbericht der Naturforschenden gesellschaft Graubündens”, t. 92.

Schmid E., 1968 b — *Die Datierung eines Schichtprofils von Lascaux mit Hilfe der Sedimentanalyse*, w: *La Préhistoire — problèmes et tendances*, Paris.

Utescher K., 1939 — *Die Entstehung schlesischer Höhlenlehme nach ihrer chemischen Untersuchung*, w: Zotz L. F. — *Die Altsteinzeit in Niederschlesien*, Leipzig.

Vértés L., 1959 — *Untersuchungen an Höhlensedimenten*, w: *Methode und Ergebnisse*, „Régészeti Füzetek”, ser. 2, nr 7.

METHODS USED IN RESEARCHES ON THE UPPER PLEISTOCENE SEDIMENTS OF THE CRACOW UPLAND CAVES

Summary

This article comprises a review of the methods used by various writers for the examinations of sets of sediments, composed of limestone debris and loam, in dry caves. The described ways used for the analyses of the sediments of the Cracow Upland caves were being worked out gradually during the researches which took several years. Their results, i.e. the characteristics of the sediments of various caves, and an attempt to trace the regularities governing the sedimentation in the caves of that type have already been published (Madeyska-Niklewska 1969).

The materials were being gathered chiefly during archaeological excavations. Numerous vertical and horizontal sections taken during those excavations make it possible to observe the changes of sediments in spatial arrangement. Field-work and the precise drawings and descriptions constitute, together with the laboratory analyses, a source of conclusions.

Samples for laboratory examinations are taken in full series from particular sections, 1 - 3 from each layer. The size of the samples varies, according to the mechanical composition — from 1 to 20 kg. The purpose of the laboratory analyses is to determine the quantitative changes of the various features of the sediments. The following analyses were made:

The granulometric-sieve analysis made by a method most similar to those used by the following authors: R. Lais (1941), E. Schmid (1958, 1967, 1968a, 1968b), H. Laville (1964, 1968), Celerier et al. (1967), J. Miskovsky (1966, 1969). In the final statements the following fractions have been distinguished (in mm): beneath 0,005 — clay, 0,005 - 0,5 — silt, 0,5 - 2 — sand, 2 - 20 — fine rubble (debris), 20 - 40 medium debris,

above 40 — large debris. The diagram showing the quantitative changes of these six fractions (for example in the Nietoperzowa cave — fig. 1) is easily legible and shows clearly such data as the content of clay and silt fractions or the quantitative ratio of debris to smaller fractions; these data are climatic indications.

The morphology of limestone debris. The division into morphological classes has been worked out gradually, partly on the basis of the works of various foreign authors (chiefly of Bonifay 1955, 1957, Chavaillon-Dutrievoz 1955, Laville 1964, Bordes et al. 1966). Fractions 10-20 and above 20 mm in diameter, numbering on an average 500 particles, were submitted to the analysis. The following morphological groups have been distinguished:

I. Debris with even surfaces, without pit-like hollows

IA — Smooth particles (fig. 2)

IB — Particles with smooth edges (fig. 3), i.e. slightly smooth

IC — Sharp-edged particles — not smooth (fig. 4)

II. Corroded debris with pit-like hollows

IIA — Smooth particles (fig. 5)

IIIB — Particles with smooth edges (fig. 6), i. e. slightly smooth

IIIC — Sharp-edged particles — not smooth (fig. 7).

III. Particles with different surfaces — i.e. in different state of preservation, for example one of the surfaces is not weathered, while the other one bears distinct traces of chemical weathering (fig. 8).

IV. Particles with fresh breaking surface due to cracking in the sediment (fig. 9).

To illustrate the general degree of the smoothing of limestone debris three classes have been distinguished (fig. 1):

1 — smooth debris — the sum of groups IA and IIA

2 — debris with smooth edges — the sum of groups IB and IIIB

3 — sharp-edged debris — the sum of groups IC and IIIC.

Beside the above mentioned kinds of limestone debris, there occur in the interglacial layers of certain caves of the Cracow Upland particles so strongly chemically weathered that they are soft. Sometimes they have a crust of phosphates on the surface (fig. 10).

The porosity of the surface of the particles of limestone has been taken as an indicator of their chemical weathering. It was determined indirectly by the absorbability (Lais 1941, Schmid 1958, Laville 1964, 1968, J.C. Miskovsky 1969).

The content of organic matter, that is of the so-called „humus”, has been determined by the colorimetric method described by J. W. Cornwall (1961). Similar methods in relation to cave sediments were used by various authors (Lais 1941, Schmid 1958, Vértés 1959, Isetti et al. 1962).

The content of carbonates has been determined by titration in small fractions (below 1 or 0,1 mm; Rode 1928, Utescher 1939, Lais 1941, Schmid 1958, Vértés 1959, Freund 1955, Ložek 1957, Isetti et al. 1962, Laville 1964).

The content of iron compounds has been determined by colorimetric method (Isetti et al. 1962, J. C. Miskovsky 1969).

It seems that the rightest way for getting to know the history of the formation of cave sediments and for discovering the regularity governing sedimentation is to collect the greatest possible number of data concerning sediments by making simple sedimentological examinations and by observations in field.