

GENEZA STRUKTUR GRUZŁOWYCH W WAPIENIACH DĘBNICKICH (ŻYWET/FRAN) W ŚWIETLE BADAŃ SEDYMENTOLOGICZNYCH I ANALIZY ZAWARTOŚCI IZOTOPÓW STAŁYCH WĘGLA I TLENU

UKD 552.541:551.834.4/.5.02(438.312)

W dewońskich wapieniach dębnickich, odsłaniających się w środkowej części antykliny Dębника, 30 km na zachód od Krakowa, występuje wiele typów skał, które określano terminem wapieni gruzłowych (8, 14). Termin ten był odnoszony do wszystkich odmian wapieni zbudowanych z elementów wapiennych (buł i gruzłów) i marglistego tła. W tym znaczeniu określenie wapień gruzłowy jest pojęciem opisowym, pozbawionym interpretacji genetycznej.

Problem genezy utworów gruzłowych (kopalnych i współczesnych) był przedmiotem wielu badań. Wsunięte teorie podkreślały znaczenie następujących procesów genetycznych:*

- wczesnej wybiórczej podmorskiej cementacji,
- wczesnej lityfikacji i późniejszych zmian w warunkach pogrzebania,
- podmorskiego rozpuszczania,
- budinażu sedymentacyjnego i zróżnicowanej kompaktacji,
- zaburzeń niestatecznego warstwowania gęstościowego,
- późnodiagenetycznego rozpuszczania pod ciśnieniem.

Celem niniejszego artykułu jest opisanie i próba interpretacji genezy struktur gruzłowych, występujących w obrębie wapieni dębnickich, na podstawie badań sedymentologicznych i analizy zawartości izotopów stałych węgla i tlenu.

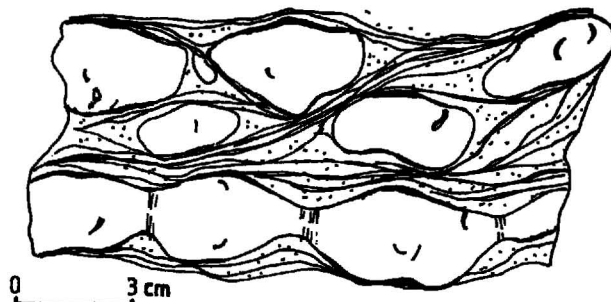
OPIS STRUKTUR GRUZŁOWYCH

Wapień dębnickie stanowią 40-metrowej miąższości serię osadów żyweckich i frańskich (1, 14). Są to ciemne, faliście uławiczone wapień pelityczne z przelawiczeniami kalkarenitów i kalcyrudytów. Pełny opis litologiczny wapieni dębnickich zawarty jest w pracy A. Łaptasia (8). W obrębie wapieni pelitycznych występują trzy podstawowe typy struktur gruzłowych, różniących się morfologią gruzłów, charakterem tła skalnego i zawartością izotopów stałych węgla i tlenu.

Typ I – **falisto-soczewkowy i bulasty** (ryc. 1) – obejmujący utwory zbudowane z izolowanych, wapiennych gruzłów o owalnych lub elipsoidalnych kształtach, często

łączących się w ławiczki o pokroju falistym. Gruzły i cienkie warstewki wapienne są często plastycznie zdeformowane (rozciągnięte lub naddarte), lub też występują w nich sztywne, pionowe spękania wypełnione sparytem. Materiałem budującym gruzły jest mikryt lub biomikryt (*mudstone*, podrzędnie *wackestone*) z dobrze zachowanymi, nie pokruszonymi bioklastami fauny skorupowej. Penetracje mają zachowane pierwotne zarysy nor, typowe jest ścinanie śladów przy granicy gruzłów. Górne granice gruzłów są ostre, boczne niewyraźne, rozmyte – w następstwie występowania struktur cieniowych (ryc. 2) wzrostu kryształów mikrosparytu. Tło, w którym występują gruzły, jest często smugowane, charakteryzuje się podwyższoną zawartością związków nierozpuszczalnych (ok. 20%), ciemniejszą barwą i występowaniem tylko większych bioklastów. Bioklasty te są zdeformowane i pokruszone, ułożone zgodnie z przebiegiem smug tła. Ślady penetracji występujące w matryksie są spłaszczone. Ten typ utworów wykazuje podobieństwo do wapieni gruzłowych opisanych przez M. Narkiewicza (12, 13) z rejonu olkusko-zawierciańskiego.

Typ II – **smużysty** (ryc. 3) – obejmuje utwory zbudowane z wapiennych elementów o wydłużonych kształtach, rozdzielonych wąskimi (do 0,5 cm) smugami ilasto-marglistymi. Materiałem budującym gruzły jest biomikryt (*mudstone* i *floatstone*). Drobne penetracje występujące przy granicy gruzłów są ostro ścięte przez smugi, pozostałe są nie zmienione. Bioklasty w gruzłach



Ryc. 1. Struktura gruzłowa – typ I, rysunek ze zglądu

Objaśnienia w tekście

Fig. 1. Nodular structure – I-type, sketch from the polished slab

Explanations in the text

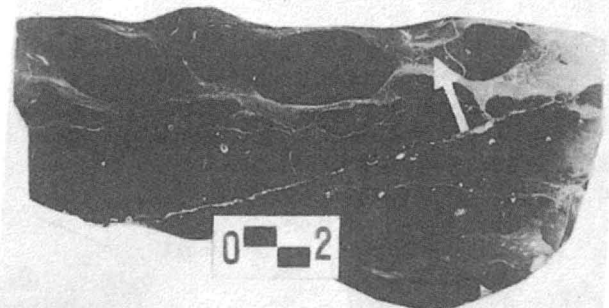
* Przegląd literatury dotyczącej wapieni gruzłowych w aspekcie genetycznym znajduje się w pracach (11, 13, 18).

są na ogół dobrze zachowane, w przeciwieństwie do występujących w tle, które dodatkowo noszą ślady korozji chemicznej. Granice gruzłów są ostro zaznaczone i mają charakterystyczny kręty lub falisty przebieg. Tło elementów wapiennych jest zbudowane wyłącznie ze smug o podobnym zmiennym przebiegu. Zawartość związków nierozpuszczalnych w tle wynosi około 35%.

Typ III – **zlepnięcowaty** (ryc. 4) – charakteryzuje się występowaniem wapiennych fragmentów o różnych kształtach w obrębie wapiennego tła o typie masy wypełniającej. Fragmenty te mają najczęściej izometryczne lub nieregularne rozgałęziające się kształty. Rozmiary gruzłów są zmienne, od 0,5–8,0 cm, brak też gradacji wielkości gruzłów w pojedynczych ławicach. Zarysy gruzłów są różne, od ostrokrawędzistych po rozmyte, dyfuzyjne. Materiałem budującym gruzły jest biomikryt (*mudstone*). Dobrze zachowane bioklasty i nie zmieniona penetracja występują tylko w obrębie gruzłów o izometrycznych kształtach i wyraźnie zaznaczonych granicach. Tło, w którym gruzły są „zawieszane” jest wapienne o nieznacznie podwyższonej w stosunku do nich zawartości związków nierozpuszczalnych (ok. 6%), ma odmienną teksturę (*wackestone*) i jaśniejszą barwę niż gruzły. Rozmieszczenie bioklastów w tle jest chaotyczne, tylko w miejscu występowania nielicznych smug ilastych są one ułożone zgodnie z ich przebiegiem.

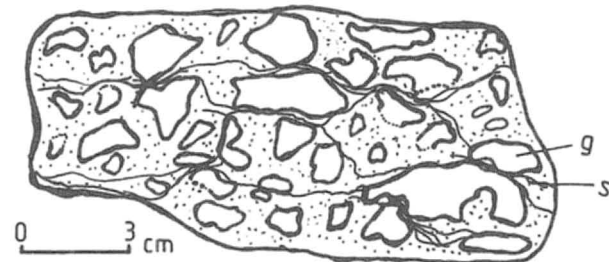
INTERPRETACJA GENEZY STRUKTUR GRUZŁOWYCH NA PODSTAWIE BADAŃ SEDYMENTOLOGICZNYCH

Różnorodność cech i struktur (sedymentacyjnych i diagenetycznych) w badanych utworach prowadzi do



Ryc. 2. Wapień gruzłowy I typu, strzałka wskazuje strukturę cieniową. Skala w cm

Fig. 2. Nodular limestones I type, the arrow indicates shadow structure. Scale in cm



Ryc. 3. Struktura gruzłowa – typ II, rysunek ze zglądu

Objaśnienia w tekście

Fig. 3. Nodular structure – II-type, sketch from the polished slab

Explanations in the text

ogólnego wniosku, że powstanie określonych typów struktur gruzłowych było związane z oddziaływaniem, a często też z nałożeniem się wielu procesów, zachodzących w kolejnych etapach historii diagenetycznej osadów.

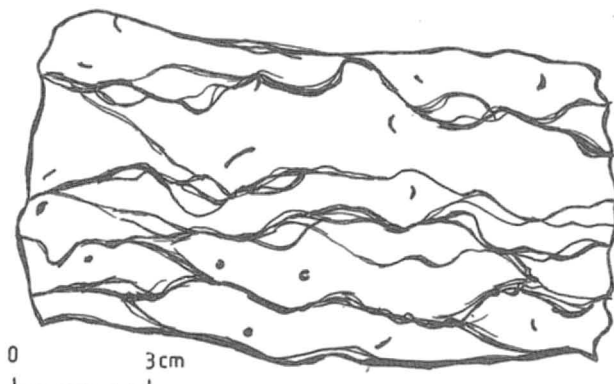
W wapieniach gruzłowych I typu stwierdzono następujące cechy, wskazujące na wczesną selektywną podmorską cementację osadów wapiennych (por. 15, 16, 19):

1) ograniczenie zmian kompakcyjnych w obrębie gruzłów przy jednoczesnym silnym zdeformowaniu marglistego tła – drobne bioklasty w gruzłach nie noszą śladów korozji chemicznej ani zgniecenia; podobnie nie zmienione pozostają ślady penetracji, zachowujące swój pierwotny kształt; odmienny jest stan zachowania szczątków organicznych w obrębie matriks, bioklasty są pokruszone, ułożone zgodnie z przebiegiem marglistych smug tła;

2) zachowanie pierwotnych kształtów gruzłów w związku z nieznacznym stopniem późniejszych zmian, takich jak: redukcja ilościowa i rozpuszczanie pod ciśnieniem (por. 3) – wcześniej scementowane gruzły mają kształty owalne zaokrąglone lub izometryczne.

Wybiórczo skonsolidowane gruzły wzbogacone w CaCO_3 pozostawały utworami o częściowo zmienionym składzie chemicznym i odmiennych właściwościach fizycznych w stosunku do niescementowanej wapieno-marglistej matriks, zubożonej w CaCO_3 . Słabo skonsolidowane fragmenty utworów wapiennych oraz margliste tło wczesnodiagenetycznych gruzłów ulegało następnie przekształceniom o charakterze mechanicznym. Powstawały wówczas struktury budinażu sedymentacyjnego: pionowe spękanie tensyjne i przewężone, ściśnione ławiczki i soczewki wapienne (por. 10). W utworach tego typu brak śladów działalności erozyjnej prądów lub falowania (ekshumacji i redepozycji) wcześniej scementowanych gruzłów, opisywanych w innych rejonach (13).

Powstanie wtórnych koncentracji minerałów nierozpuszczalnych (głównie min. ilastych) w postaci szwów mikrostylolitowych (smug rezydualnych) było związane z późnodiagenetycznym rozpuszczaniem pod ciśnieniem (3, 17). W efekcie tego procesu w obrębie smug nastąpiła wtórna koncentracja większych bioklastów wskutek selektywnego rozpuszczania materiału najdrobniejszego. Maksymalny rozwój mikrostylolitów przy górnych i dolnych granicach gruzłów (w miejscach największego stresu) spowodował nieznaczne spłaszczenie kształtów wczesnodiagenetycznych nodulek, korozję chemiczną bioklastów



Ryc. 4. Struktura gruzłowa – typ III, rysunek ze zglądu

Objaśnienia w tekście

Fig. 4. Nodular structure – III-type, sketch from the polished slab

Explanations in the text

i ścinanie penetracji. Strącanie rozpuszczonego CaCO_3 zachodziło na bocznych brzegach gruzłów, stąd ich niewyraźne zarysy, występowanie struktur cieniowych i wzrost kryształów mikrosparu przy granicy nodułu.

Typ II wapieni gruzłowych (smużysty) charakteryzuje się wyłącznie cechami związanymi z późnodiagenetycznym rozpuszczaniem w warunkach podwyższonego ciśnienia. Tło gruzłów wapiennych jest zbudowane w tych wapieniach jedynie z ilasto-marglistych smug rezydualnych. Nieregularny kształt samych nodułów jest określony przebiegiem mikrostylolitów.

Geneza wapieni gruzłowych III typu (zlepicińcowatych) jest natomiast związana z procesami dezintegracji mechanicznej pierwotnie ciągłych horyzontów wapiennych. Powstanie izolowanych wapiennych elementów, o zróżnicowanych kształtach i o różnym stopniu deformacji wewnętrznych, świadczy o erozji materiału skonsolidowanego w różnym stopniu. Z kontekstu sedimentologicznego wynika, że czynnikami erozyjnymi były prawdopodobnie falowanie sztormowe oraz działalność organizmów penetrujących. W wyniku intensywnej bioturbacji powstały nieregularne fragmenty o rozgałęziających się kształtach. Późnodiagenetyczne smugi rezydualne rozwinęły się jedynie w miejscach wzajemnego kontaktu gruzłów.

ANALIZA ZAWARTOŚCI IZOTOPOW STALYCH TLENU I WĘGLA

Zmianom diagenetycznym osadów wapiennych, prowadzących do powstania struktur gruzłowych towarzyszyły przemiany geochemiczne zaznaczające się w różnicowaniu izotopów stałych substratu. Dla prześledzenia frakcjonowania izotopowego towarzyszącego diagenecie, pomierzono $\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^{13}\text{C}$ w 20 próbkach reprezentujących wszystkie typy gruzłów, jak też margliste tło. Uwzględniając charakter utworów (mikryty i biomikryty), próbki pobierano z całej masy skalnej z wykluczeniem większych bioklastów i sparytu wypełniającego spekania.

$\delta^{13}\text{C}$. Wartości $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ w badanych próbkach węglanów są zawarte w przedziale od $-0,57\text{‰}$ do $+1,0\text{‰}$ vs PDB. Brak wyraźnego zróżnicowania wskazań pomierzonych w próbkach z samych tylko gruzłów wartości te są bliskie 0. Bardziej negatywne wartości $\delta^{13}\text{C}$ wykazują próbki z marglistego otoczenia gruzłów.

$\delta^{18}\text{O}$. Znacznie większy zakres zmian między poszczególnymi typami gruzłów i marglistym tłem uwidacznia się w większym zróżnicowaniu wskazań tlenu. Wartości $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ zawierają się w 3 przedziałach wielkościowych:

1) od $-4,43\text{‰}$ do $-4,97\text{‰}$ dla próbek z gruzłów owalnych I typu i części gruzłów III typu o kształtach izometrycznych,

2) od $-5,03\text{‰}$ do $-5,31\text{‰}$ dla próbek z gruzłów II typu, gruzłów soczewkowych I typu oraz wapiennego tła III typu,

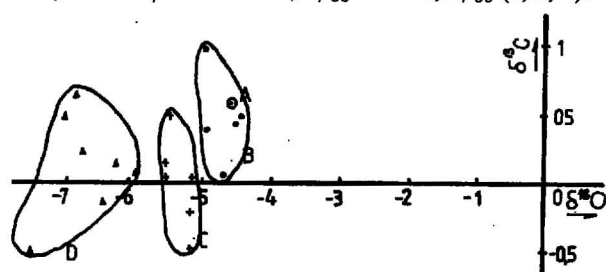
3) od $-5,89\text{‰}$ do $-7,37\text{‰}$ dla próbek z marglistego otoczenia gruzłów typu I i II struktur cieniowych w gruzłach I typu.

INTERPRETACJA BADAŃ IZOTOPOWYCH

Zawartości izotopów stałych mierzonych z całej masy osadów zdeterminowane są przez proporcje allochemów i cementy różnej generacji (por. 9). Synsedymacyjny cement wapienny jest izotopowo bliższy składowi izotopowemu wody morskiej i pierwotnym komponentom

niż późniejszy. Podczas sukcesywnej cementacji osadów wapiennych powstają bowiem minerały diagenetyczne (głównie kalcyt blokowy), wzbogacone w lekkie izotopy (2, 6, 9).

Założono stałość składu izotopowego pierwotnych składników węglanowych powstałych przy udziale organizmów morskich; pr. A – struktury glonowe, gdzie $\delta^{18}\text{O}$ wynosi $-4,65\text{‰}$, $\delta^{13}\text{C}$ $+0,60\text{‰}$ – ryc. 5; przyjmując jako wartości odniesienia odpowiednio dla $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ wartości z przedziału $+1,0\text{‰}$ do $+2,0\text{‰}$ vs PDB, dla $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ od $-4,5\text{‰}$ do $-5,0\text{‰}$ (4, 5, 7).



Ryc. 5. Wartości ^{18}O i ^{13}C : A – struktury glonowe, B – próbki z gruzłów owalnych I typu i gruzłów izometrycznych III typu, C – próbki z gruzłów II typu, gruzłów soczewkowych I typu i tła wapiennego III typu, D – próbki z matryks I i II typu oraz struktur cieniowych gruzłów I typu

Fig. 5. Values ^{18}O i ^{13}C : A – algal structures, B – samples from the oval nodules I type and isometric nodules III type, C – samples from nodules II type, lenticular nodules I type and matrix III type, D – samples from the matrix I and II type and shadow structures of nodules I type

Gruzły o kształtach owalnych typu I oraz izometryczne gruzły typu III, a więc utwory, w których makroskopowo stwierdzono wczesną cementację, pozostają bliższe wartościom odniesienia. Stosunki izotopowe w próbkach z tych utworów są też zbliżone do wartości izotopowych węglanowych cementów morskich referowanych z innych skał (7). Zbieżność tych wyników wskazuje, że segregacja CaCO_3 musiała nastąpić stosunkowo szybko po depozycji osadów, jeszcze przed modyfikacją składu izotopowego wód porowych. Jest to potwierdzeniem obserwacji makroskopowych, iż gruzły o kształtach izometrycznych i owalnych były cementowane relatywnie wcześniej od pozostałych typów.

Wartości $\delta^{18}\text{O}$ z drugiego przedziału wielkościowego pomierzone w innych typach gruzłów są wynikiem kombinacji sukcesywnej cementacji i rozpuszczania w warunkach pogrzebienia osadów.

Największy udział późnodiagenetycznych precypitatów jest odnoszony do próbek o najbardziej negatywnych wskazaniach $\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^{13}\text{C}$, tj. dla smug rezydualnych i struktur cieniowych.

PODSUMOWANIE

Rozwój struktur gruzłowych w wapieniach dębniczych był uwarunkowany procesami zachodzącymi w stadium sedimentacji i wczesnej diagenetyki osadów. Powstanie poszczególnych typów utworów gruzłowych było uzależnione od obecności cech związanych z wczesną wybiórczą podmorską cementacją. Stopień lityfikacji utworów wapiennych lub ich fragmentów, zależny od stopnia wczesnej cementacji, determinował następnie możliwość dalszych modyfikacji przez czynniki mechaniczne lub późnodiagenetyczne rozpuszczanie.

Przemiany diagenetyczne znalazły swoje odbicie w wynikach badań izotopów stałych węgla i tlenu. Spadek

wartości $\delta^{18}\text{O}$ i nieznaczne fluktuacje $\delta^{13}\text{C}$ w badanych próbkach są efektem frakcjonowania izotopowego wód porowych w trakcie postępującej cementacji w zmieniających się warunkach środowiska cementacji. Wyniki te potwierdzają rezultaty badań sedimentologicznych, podkreślając tym samym możliwości i znaczenie wykorzystania analizy zawartości izotopów stałych węgla i tlenu w badaniach nad diagenezą skał węglanowych w aspekcie genezy struktur gruzłowych.

Autorka wyraża podziękowania doc. dr hab. S. Hałasowi, kierownikowi Pracowni Spektrometrii Mas IF UMCS w Lublinie oraz całemu zespołowi tej placówki za umożliwienie wykonania pomiarów izotopowych oraz za udzieloną pomoc.

L I T E R A T U R A

1. B a l i ń s k i A. — *Palaeont. Pol.*, 1978, vol. 39 s. 1–70.
2. D i c k s o n J.A., C o l e m a n M.L. — *Sedimentology*, 1980 vol. 27 s. 107–118.
3. G a r r i s o n R.E., K e n n e d y V.J. — *Sedim. Geol.*, 1977 vol. 19 s. 197–297.
4. H a ł a s S., L i s J., S z a r a n J., Ż u k W. — *Prz. Geol.*, 1973 nr 5 s. 262–280.
5. H o e f s J. — *Stable Isotope Geochemistry*. Berlin, Springer-Verlag, 1980.
6. H u d s o n J.D. — *Sedimentology*, 1978 vol. 25 s. 339–370.
7. H u r l e y N.F., L o h m a n n C.K. — *J. Sedim. Petrol.*, 1989, vol. 59 nr 1 s. 127–146.
8. Ł a p t a ś A. — *Stud. Geol. Pol.*, 1982 vol. 75 s. 59–100.
9. M a r s h a l l D.J., A s h t o n M. — *Sedimentology*, 1980 vol. 27 s. 271–291.
10. M c C r o s s a n R.G. — *J. Sedim. Petrol.*, 1958 vol. 28 s. 316–320.
11. M u l l i n s H.T., N e u m a n n A.C., W i l b e r R.J., B o a r d m a n M.R. — *Ibidem*, 1980 vol. 50 s. 117–131.
12. N a r k i e w i c z M. — *Acta Geol. Polon.*, 1978 nr 4 s. 415–466.
13. N a r k i e w i c z M. — *Kwart. Geol.*, 1978 nr 4 s. 693–706.
14. N a r k i e w i c z M., R a c k i G. — *Ibidem*, 1984 nr 3 s. 571–595.
15. N o b l e J.P.A., H o w e l l s D.M. — *Sedimentology*, 1974 vol. 21 s. 597–609.
16. S h i n n E.A. — *Ibidem*, 1969 vol. 12 s. 109–144.
17. W a n l e s s H.R. — *J. Sed. Petrol.*, 1979 vol. 49 s. 437–462.
18. W i e c z o r e k J. — *Prz. Geol.*, 1982 nr 4 s. 251–252.

19. Z a n k l H. — *Sedimentology*, 1969 vol. 12 s. 241–256.

S U M M A R Y

The Upper Givetian – Lower Frashian carbonate sequence crops out in the Dębnik area, Cracow Upland. These sediments have been studied in order to reconstruct a genesis of nodular structures of some units of these limestones. Basing on sedimentological observations the following, different structural and genetic types of nodular limestones have been recognized: Type I – nodular and wavy limestones composed of isolated oval and ellipsoidal nodules resting within marly matrix. These limestones originated during early diagenetic concretionary carbonate cementation and subsequent pressure solution during burial. Type II – flaser – nodular limestones, formed due to pressure solution during late burial diagenesis. Type III – nodular limestones of conglomerate type, built up of irregular fragments of limestones produced due to erosion and reworking differentially consolidated carbonate deposits. Stable isotope composition supports results of sedimentological studies – an idea of diagenetical origin of nodular structures.

Translated by the author

З Е З Ю М Е

На основании седиментологических исследований комковатых известняков, выступающих в карбонатной секвенции (верхний живет-нижний фран) в районе Дембника возле Кракова были выделены три структурных и генетических типа. I-ой тип – это комковатые волнистые известняки, состоящие из изолированных овальных и эллипсоидальных комков находящихся в мергелистой матрикс. Эти известняки образовались в течение раннедиагенетической конкреционной карбонатной цементации и более позднего растворения под давлением во время погружения. Второй тип это полосчатые комковатые известняки, образовавшиеся в результате растворения под давлением в течение позднего глубинного диагенеза. III-й тип это комковатые известняки конгломератного типа, состоящие из нерегулярных фрагментов известняков, образовавшихся в результате эрозии и переработки разнообразно консолидированных карбонатных осадков. Результаты исследований изотопного состава поддерживают результаты седиментологических исследований, т.е. идею диагенетического образования комковатых текстур.