

JURAJSKIE KONKRECJE ŻELAZISTO-MANGANOWE W SUKCESJI CZORSZTYŃSKIEJ (PIEŃSKI PAS SKAŁKOWY)

UKD 552.124.4:553.31/.32]:551.762(438–924.51)

Konkrecje żelazisto-manganowe, dotychczas niezna-
ne z polskiej części pienińskiego pasa skałkowego, napo-
tkane zostały w pozbawionych bulastości czerwonych
wapieniach pelagicznych, zaliczanych do formacji wapienia
czorsztyńskiego (1) i odsłoniętych w Sołtysiej Skale
koło Jaworek, skałkach Zamku Czorsztyńskiego, Lorencow-
ych Skałkach, Obłazowej i Stankowej Skale (ryc. 1).
Ponadto, konkrecje stwierdzono również w kamieniołomie
koło Rogoźnika, w czerwonych, mikrytowych musz-
lownicach ogniwa muszłowca z Rogoży, zbliżonych lito-
logicznie do wspomnianego wapienia czorsztyńskiego (9).

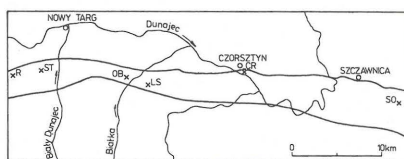
Największe skupienie konkrecji stwierdzono na Stan-
kowej Skale, gdzie sytuacja geologiczna ich występowania
poznana została najlepiej (ryc. 2). W zbadanym profilu,
w środkowej części wzgórza, bezpośrednio na nierównej
powierzchni białych wapieni krynoidowych należących do
formacji wapienia ze Smolegowej, a zaliczanych do bajosu,
występuje cienki zespół czerwonych wapieni mikrytowych,
którego dolna część omówiona poniżej należy już do oks-
fordu. W najniższej części zespołu występują biomikryty
z okruchami liliowców i cienkoskorupowych małżów oraz
drobnolaminowane wapienie mikrosparytowe; niekiedy
utwory te wnikają cienkimi, subhoryzontalnymi żyłami
w obręb podścielających wapieni krynoidowych. Wyżej
występuje cienki pakiet biomikrytów z planktonicznymi
otwornicami Protoglobigerinae, w którego spągu obser-
wuje się miejscami nagromadzenie konkrecji żelazisto-
manganowych. Powyżej występują biomikryty z licznymi
szczątkami pelagicznych liliowców *Saccocoma*. W pół-
nocnej części Stankowej Skały obserwuje się wyraźne
różnice w wykształceniu czerwonych wapieni mikryto-
wych, przejawiające się brakiem wapieni drobnolamino-
wanych, a także mniejszą ilością konkrecji, które wystę-
pują tylko w obrębie biomikrytów z Protoglobigerinae.

Również i w innych powyżej wymienionych odsłonię-
ciach, konkrecje występują szczególnie licznie w obrębie

wapieni reprezentujących mikrofację z Protoglobigerinae,
choć spotyka się je także w wapieniach innych mikro-
facji pelagicznych – m.in. z *Saccocoma*. Z reguły konk-
recje występują w obrębie ławic i nie stwierdzono ich
związku występowania z wyraźnymi powierzchniami nie-
ciągłości.

OPIS KONKRECJI

Konkrecje składają się z jądra, którym są najczęściej
szczątki biogeniczne (głównie muszle amonitów), okru-
chy wapieni lub okruchy starszych konkrecji oraz z po-
włok żelazisto-manganowych. Charakterystyczna jest wy-
soka porowatość i związana z tym kruchość konkrecji,
co znacznie utrudnia wyseparowanie konkrecji ze skały
i określenie morfologii ich powierzchni. Ogólnie można
stwierdzić, że dominują konkrecje o pokroju izometrycz-

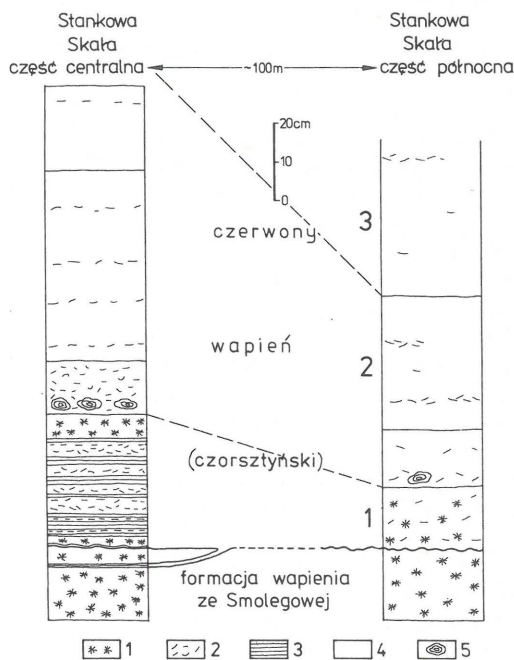


Ryc. 1. Mapa lokalizacji odsłonięć, w których stwierdzono konkrecje żelazisto-manganowe. Zaznaczona północna i południowa granica pienińskiego pasa skałkowego (uproszczona, wg K. Birkenmajera (1)).

Odsłonięcia: R – kamieniołom w Rogoźniku, ST – Stankowa Skala, OB – Obłazowa, LS – Lorencowe Skałki, CR – skałki Zamku Czorsztyńskiego, SO – Sołtysia Skala.

Fig. 1. Occurrence-sites of ferromanganese nodules in the Pieniny Klippen Belt (the boundaries of the Belt after K. Birkenmajer simplified).

Localities: R – Rogoźnik quarry, ST – Stankowa Skala, OB – Obłazowa, LS – Lorencowe Skałki, CR – klippen of Czorsztyń Castle, SO – Sołtysia Skala.



Ryc. 2. Profile na Stankowej Skale.

Litologia: 1 – wapień krynoidowe, 2 – biomikryty, 3 – drobnolaminowane wapienie, 4 – mikryty, 5 – konkrecje żelazisto-manganowe.

Oznaczenia mikrofacji w profilach: 1 – mikrofacja małżowo-krynoidowa, 2 – mikrofacja z „Protoglobigerinae”, 3 – mikrofacja z *Saccocoma*.

Fig. 2. Columnar sections at Stankowa Skala.

Lithology: 1 – crinoidal limestones, 2 – biomicrites, 3 – thin laminated limestones, 4 – micrites, 5 – ferromanganese nodules. Microfacies in the sections: 1 – pelecypod-crinoidal microfacies, 2 – protoglobigerinid microfacies, 3 – *Saccocoma* microfacies.

nym, a rzadsze są formy elipsoidalne; wielkość kongrecji wynosi najczęściej 1,5 cm do 4 cm średnicy. Podobne kształty wykazują współczesne i kopalne kongrecje z różnych osadów pelagicznych (2, 3).

Barwa kongrecji jest czerwona, rzadziej zielona lub czarna, przy czym niekiedy zewnętrzna część kongrecji jest czerwona, a wewnątrz zielonawa. Gdy barwy czerwone wiążą się z obecnością żelaza na trzecim stopniu utlenienia (mineralogicznie głównie w getycie), barwy zielone są trudniejsze do wytłumaczenia i być może pozostają w związku z obecnością niewielkich ilości szamozytu (por. 5); barwy czarne są wtórne i pochodzą od związków manganu.

Wyróżnione zostały cztery typy mikrostrukturalne kongrecji, a mianowicie:

1) o strukturze koncentrycznej, posiadające laminy regularnie ułożone wokół jądra (ryc. 3a);

2) o strukturze kolumnowo-promienistej, mające silnie wygięte na zewnątrz laminy ułożone w kolumnienki (ryc. 3b);

3) o strukturze homogenicznej, żelaziste, wykazujące brunatną barwę w świetle przechodzącym;

4) o strukturze homogenicznej, manganowe, pozostające ciemne w świetle przechodzącym.

W obrębie jednej kongrecji obserwuje się często kilka typów mikrostrukturalnych. Bardzo często jądro jest pokryte koncentrycznymi laminami (typ 1), wokół których z kolei rozwinięte są kolumnienki (typ 2). Wypełnienie między kolumnienkami stanowi homogeniczna substancja żelazisto-manganowa, bądź też przestrzeń tę zajmują otwornice aglutynujące *Tolypaminidae* (ryc. 3c, por. 3, 11). W kongrecjach o homogenicznej mikrostrukturze typu 3 spotyka się partie o delikatnej i ciągłej laminacji oraz są obecne otwornice aglutynujące; homogeniczna mikrostruktura może być tu pierwotna. Brak ciągłości laminacji w homogenicznych kongrecjach typu 4 wskazuje natomiast na wtórny charakter tej homogeniczności.

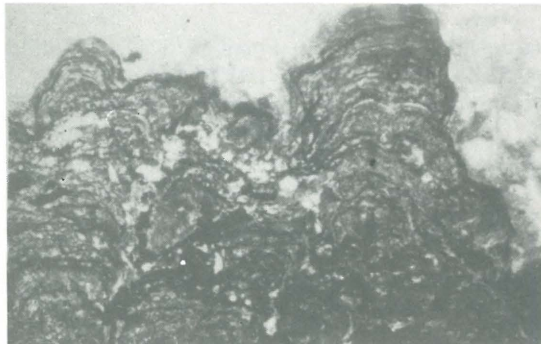
Mikrostruktury lamelarne napotymane w kongrecjach podobne są do stromatolitów i często są z nimi utożsamiane (por. 5). Jednakże, na podstawie badań w SEM,



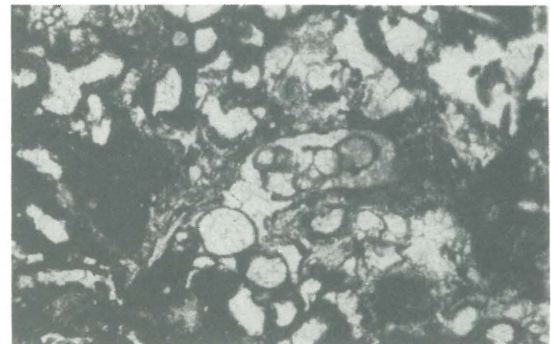
a



d



b



c

Ryc. 3. Budowa kongrecji żelazisto-manganowych.

- a) fragment kongrecji wykazującej strukturę koncentryczną w części wewnętrznej, na zewnątrz kolumnowo-promienistą; kamieniołom w Rogoźniku, ogniwo muszlowca z Rogoży; płytka cienka, pow. 50 ×.
- b) struktura kolumnowo-promienista; Sołtysia Skała, formacja wapienia czorsztyńskiego; płytka cienka, pow. 40 ×.
- c) sesylne otwornice *Tolypaminidae* w kongrecji; Stankowa Skała, formacja wapienia czorsztyńskiego; płytka cienka, pow. 60 ×.
- d) rurkowate struktury biogeniczne (grzyby, bakterie?) w kongrecji; Stankowa Skała, formacja wapienia czorsztyńskiego; SEM, pow. 700 ×.

Fig. 3. Internal structure of ferromanganese nodules.

- a) fragment of the nodule showing concentric structure in the inner part, and columnar one in the outer part, Rogoźnik quarry, Rogoża Coquina Member, thin-section × 50.
- b) columnar-radial structure in the nodule, Sołtysia Skała, Czorsztyń Limestone Formation, thin-section × 40.
- c) sessile foraminifers *Tolypaminidae* in the nodule, Stankowa Skała, Czorsztyń Limestone Formation, thin section × 60.
- d) tubular biogenic structures (fungi, bacteria?) in the nodule, Stankowa Skała, Czorsztyń Limestone Formation, SEM × 700.

konkrecje wykazują jednorodną mikrostrukturę bez względu na obecność lub brak lamelarności, co pozwala wątpić w biogeniczną genezę lamin. Jedynie lokalnie stwierdza się struktury biogenicznego pochodzenia, które można wiązać z działalnością bakterii lub grzybów (ryc. 3d).

Mineralogicznie konkrecje zbudowane są przede wszystkim z kalcytu (20–60%), getytu, chalcedonu i substancji amorficznej, a w podrzędnych ilościach z hematytu i todorokitu. Kalcyt występuje jako pelagiczny materiał wprowadzony do konkrecji (m.in. fragmenty *Saccocoma*) lub jako minerał diagenetyczny, powstały w pierwotnych porach konkrecji, chociaż nie można wykluczyć, że częściowo powstał jednocześnie z tworzeniem się samej konkrecji (por. 10). Todorokit stwierdzono w czarnych żyłkach w wapieniach otaczających konkrecje, a czasami też przecinających konkrecje; jest prawdopodobne, że występuje on ponadto w konkrecjach homogenicznych typu 4, chociaż nie został tam wykryty metodami rentgenowskiej analizy fazowej.

Skład chemiczny konkrecji jest zmienny, przy czym zmienność składu obserwuje się także w obrębie jednej konkrecji. Zawartość żelaza jest rzędu kilku procent, natomiast zawartość manganu jest około 1%, tak że zawsze stosunek Fe do Mn jest większy od jedności. Kobaltu jest około 0,1%, a niklu około kilku dziesiątych procenta.

UWAGI OGÓLNE

Konkrecje żelazisto-manganowe podobne do opisanych powyżej znane są z jurajskich osadów całego obszaru mediterraeńskiego, przede wszystkim w czerwonych, skondensowanych stratygraficznie osadach pelagicznych (3, 4, 6, 11). Zagadnienie powstawania konkrecji jest problemem złożonym i niecałkowicie poznanym. W badanym materiale pienińskim zebrane zostały następujące obserwacje, które mogą być brane pod uwagę przy rozpatrywaniu genezy konkrecji:

– obecność lamin otaczających jądro konkrecji oraz fauny stowarzyszonej z laminami wskazuje, że konkrecje tworzyły się na powierzchni osadu i musiały być przetaczane po dnie;

– skład mineralny konkrecji różni się od składu otaczających wapieni brakiem minerałów ilastych, co może wskazywać, że dostawa materiału terygenicznego do konkrecji była znikoma oraz, że tempo ich wzrostu było większe od tempa sedymentacji otaczających osadów;

– obserwuje się znaczny udział otwornic aglutynujących (w niektórych konkrecjach ze Stankowej Skały do 20% udziału objętościowego, ryc. 3c), a także niekiedy mikroorganizmów w konkrecjach (ryc. 3d), co może wskazywać na znaczną rolę czynnika organicznego przy powstawaniu konkrecji (por. 2).

Otwarty pozostaje problem udziału mikroorganizmów we wroście konkrecji. Bakterie i grzyby mogą same wytrącać żelazo i mangan w wyniku procesów życiowych, mogą stanowić tylko podłoże dla czysto chemicznie wytrąconych związków Fe i Mn, bądź mogą działać katalizująco przyspieszając reakcje, które i tak zaszłyby bez ich udziału. Wobec zatarcia pierwotnej mikrostruktury konkrecji w czasie diagenety, brak jest dostatecznej liczby danych, aby odpowiedzieć na tak postawione pytanie.

Sprawa pochodzenia metali tworzących badane konkrecje nie może być jednoznacznie wyjaśniona. Stwierdzone wysokie koncentracje niklu i kobaltu w badanych konkrecjach pienińskich mogłyby ewentualnie świadczyć o udziale materiału pochodzenia wulkanicznego lub hydrotermalnego, wzbogacającego wodę morską w omawiane

pierwiastki. Sam proces powstawania konkrecji przebiegał najprawdopodobniej na drodze hydrogenicznej – bezpośredniego wytrącania związków Fe i Mn z wody morskiej. Sprzyjało temu niskie tempo akumulacji osadu otaczającego. Nie ulega wątpliwości, że badane konkrecje przeszły istotne przekształcenia składu chemicznego w procesie diagenety.

Wysoka zawartość węglanu wapnia i dominacja getytu nad innymi minerałami żelaza i manganu jest typowa nie tylko dla badanych konkrecji, lecz występuje powszechnie w jurajskich konkrecjach całego obszaru mediterraeńskiego (3). We współczesnych konkrecjach z den oceanicznych udział węglanu wapnia wynosi natomiast zaledwie 2–5%, a dominujące są minerały manganu (2). Również stosunek Fe do Mn w konkrecjach kopalnych, w przeciwieństwie do współczesnych, jest raczej wysoki. W konkrecjach ze Stankowej Skały, żelazo występuje głównie w obrębie samej struktury konkrecji, gdy mangan skupia się w dendrytach i żyłkach lub też wtórnie w obrębie samej konkrecji (typu mikrostrukturalnego 4), zacieśniając pierwotną jej strukturę. Wydaje się, że mangan został przemieszczony z konkrecji w czasie późnej diagenety, co wiąże się z lepszą rozpuszczalnością tlenowo-wodorotlenowych związków manganu niż związków żelaza (8).

LITERATURA

1. Birkenmajer K. – Jurassic and Cretaceous lithostratigraphic units of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Poland. Stud. Geol. Pol. 1977 vol. 45.
2. Cronan D.S. – Underwater minerals, Academic Press, London 1980.
3. Drittenbass W. – Sedimentologie und Geochemie von Eisen-Mangan-führenden Knollen und Kruten im Jura der Trento-Zone (östliche Südalpin, Norditalien). Ecl. geol. Helv. 1979 nr 2.
4. Ger mann K. – Mangan-Eisen-führende Knollen und Kruten in jurassischen Rotkalken der Nördlichen Kalkalpen. N. Jb. Geol. Pal. (Mh) 1971.
5. Jenkys H.C. – Submarine volcanism and the Toarcian iron pisolites of western Sicily. Ecl. Geol. Helv. 1970 nr 2.
6. Jenkys H.C. – Fossil manganese nodules from Sicily. Nature 1976 vol. 216.
7. Jurgan H. – Sedimentologie des Lias der Berchtesgadener Kalkalpen. Geol. Rdsch. 1969 nr 2.
8. Krauskopf K.B. – Separation of manganese from iron in sedimentary processes. Geochim. Cosm. Acta 1957 nr 1–2.
9. Kutek J., Wierzbowski A. – Stratygrafia muszlowców amonitowych (jura górna–berias) sukcesji czorsztyńskiej pienińskiego pasa skałkowego. Prz. Geol. 1986 nr 6.
10. McFarlin P.F. – Aragonite vein fillings in marine manganese nodules. J. Sed. Petrology 1969 nr 1.
11. Wendt J. – Stratigraphie und Paläogeographie des Roten Jurakalks im Sonwendgebirge (Tirol, Österreich). N. Jb. Geol. Pal. (Abh.) 1969 nr 2.

SUMMARY

The ferromanganese nodules occur in the pelagic red condensed limestones attributed to the Czorsztyń Limestone Formation of the Pieniny Klippen Belt (Figs 1, 2). The nodules are usually a few centimetres in diameter, and have formed around particle or fragment of an older nodule; they are often concentrically laminated, however

the columnar structure or homogenous parts are also found within the nodules (Fig. 3).

Minerals identified in the nodules include calcite (20—60%), goethite, chalcedony and amorphous substance, subordinately the haematite and todorokite have been stated. Chemically, Fe-content is ranging about several percents, whereas Mn-content is only about 1%; Co and Ni show some enrichment (about 0.1%). The nodules were formed directly on the sea bottom as they enclose the sessile foraminifers *Tolypaminidae* (Fig. 3), the colonies of which attain sometimes even 20% of the total volume of the nodule. Depletion in clay minerals in relation to the host sediment indicate their high growth rate. Generalising, the source materials for the formation of Fe—Mn nodules discussed came from marine water. Probably, local submarine exhalations affected their chemical composition.

РЕЗЮМЕ

Железисто-марганцевые конкреции находятся в стратиграфически сконденсированных пелагических

красных известняках, причисленных к формации чорштынских известняков (рис. 1—2). Диаметр конкреции равняется несколько сантиметров, они часто выказывают концентрическую ламинацию, иногда находятся колонно-лучевидные и гомогенические структуры (рис. 3). Минералогически конкреции состоят из кальцита (20—60%), гетита, хальцедона и аморфического вещества, а также небольшого количества гематита и тодорокита. Содержат также несколько процентов железа и около 1% марганца; определено их обогащение кобальтом и никелём.

Присутствие сесильных аглютинирующих фораминифер (фиг. 3) указывает на то, что конкреции образовались непосредственно на дне моря. Минералогический состав конкреции отличается от окружающих известняков отсутствием глинистых минералов, что свидетельствует о том, что темп их роста был больше темпа седиментации. Процесс образования конкреции происходил гидрогеническим путём — непосредственного осаждения соединений железа и марганца из морской воды.