

(D) Initial compression stage (Early Cretaceous) related to partial subduction of the Pieniny Klippen Belt Basin under southern Exotic Cordillera (Andrusov Cordillera); (E) Main Late Cretaceous—Early Tertiary compression stage, including three successive deformation phases related to subduction in the central and northern furrows of oceanic basement under the Exotic Cordillera (southern = Andrusov Cordillera) and the Czorsztyn Ridge (northern), respectively; (F) Palaeogene expansion stage; (G) Early Miocene (Savian) compression stage — the result of collision between the European Plate and the Central Carpathian-Pannonian Microplate; (H) Early Miocene (late Savian) transpression stage due to rotation of Inner Carpathians respective to Outer Carpathians along the Pieniny Klippen Belt, with the formation of longitudinal strike-slip faults; (J) Mid-Miocene (Styrian) compression stage expressed in the Pieniny Klippen Belt as transversal strike-slip faults.

#### РЕЗЮМЕ

Выделяется девять этапов структурной эволюции пенинской клипповой зоны Карпат. (I) Начальный этап — образование клиппового бассейна в результате экстенсивного иссечения сбросами триасовой карбонатной платформы на границе триаса и юры. (2) Этап начальной экспансии клиппового бассейна под влиянием появления океанического рифта и расширения

дна бассейна вызванного приращением океанической корки (граница триаса и юры и нижняя юра). (3) Пелагический этап (юра—нижний мел). (4) Этап начальной компресии (нижний мел) под влиянием частичной субдукции клиппового бассейна вместе с его океанической коркой под южный экзотический хребет (кордильера Андрусова). (5) Главный этап верхнемелово-древнетретичной компресии, включающий три поочередные стадии складкообразования: (а) поздносубгерцинскую (рассенскую — верхний кампан), (б) раннеларамийскую (мастрихт), (в) позноларамийскую (нижний палеоцен), как проявление пододвижения океанических корок в центральной клипповой впадине под экзотический южный массив (кордильеру Андрусова), а также в северной седиментационной впадине (магурской) — под чорштынский хребет. (6) Этап палеогеновой экспансии. (7) Этап раннемиоценовой (савской) компресии как результат столкновения типа континент — континент между европейской глыбой и центральнокарпатско-паннонским микроконтинентом. (8) Этап раннемиоценовой трансгрессии (поздносавской) вызванной ротацией блока внутренних Карпат по отношению к внешним Карпатам вдоль пенинской клипповой зоны и образование продольных передвигающих сбросов в клипповой зоне. (9) Этап среднемиоценовой (стырийской) компресии, которая в пенинской клипповой зоне выразилась в форме поперечных передвигающих сбросов.

EDWARD GŁUCHOWSKI

Uniwersytet Śląski

### LILIWCE (CRINOIDEA, ARTICULATA) JURY I DOLNEJ KREDY PIENIŃSKIEGO PASA SKAŁKOWEGO POLSKI

UKD 563.911:[551.762+551.763.12].022.2(438-924.51)

#### ROZMIESZCZENIE STRATYGRAFICZNE

Mimo wielkiej obfitości szczątków liliowców w wielu formacjach jury i dolnej kredy pienińskiego pasa skałkowego, organizmy te nie były przedmiotem większego zainteresowania paleontologów. Stanowiskiem paleontologicznym z wyjątkowo bogatą fauną jest Rogoźnik i okolice (formacja wapieni dursztyńskich). Stosunkowo dobry stan zachowania liliowców zwrócił już uwagę wcześniejszych badaczy (27, 28), chociaż niektóre ich ustalenia taksonomiczne wydają się być wątpliwe (10). Szczegółowe opracowanie paleontologiczne fauny liliowców z Rogoźnika przedstawił A. Pisera i J. Dzik (23), wyróżniając zespół składający się z 12 taksonów.

Liliowce rzędu Isocrinida z formacji wapienia ze Smolegowej w Szaflarach były przedmiotem zainteresowania M. Cieszkowskiego (8). Poza tym ostatnio opisano trzy gatunki izokrynidów z formacji szlachtowskiej rejonu Jaworek (11). Natomiast z warstw granicznych spągu formacji wapienia ze Smolegowej w Czerwonej Skałce koło Dursztyna opisano sześć gatunków liliowców (12). Planktoniczne *Saccocoma* na terenie pienińskiego pasa skałkowego zostały po raz pierwszy stwierdzone przez K. Birkenmajera i J. Znoskę (4). W formacji wapienia z Flaków jednostki braniskiej zanotowano najwcześniejsze (bajos) wystąpienie *Saccocoma* sp. w polskich Karpatach (13).

Tylko część gatunków występujących na terenie pienińskiego pasa skałkowego ma identyczne zasięgi stratygraficzne jak w innych rejonach Europy (10). Na szczególną uwagę pod tym względem zasługują spośród Cyrtocrinida: *Apsidocrinus moeschi* (Zittel), *Phyllocrinus brunneri* Ooster, *Phyllocrinus malbosianus* D'Orbigny, *Phyllocrinus balbekensis* Arendt, *Pilocrinus moussoni* (Desor) i *Gammarocrinites compressus* (Goldfuss), a spośród Isocrinida: *Pentacrinus dargniesi* Terquem et Jourdy, *Isocrinus nicoleti* (Desor), *Chariocrinus andreae* (Desor), *Margocrinus berchteni* (Hess et Pugin) i *Margocrinus moeschi* (de Loriol). Jednakże większość wymienionych tu gatunków ma stosunkowo szerokie rozprzestrzenienie stratygraficzne (ryc. 1). Ogólnie poszczególne taksony występują na terenie pienińskiego pasa skałkowego w identycznych lub podobnych pozycjach stratygraficznych jak w Tatrach (10).

Interesujący jest fakt niestwierdzenia na badanym obszarze przedstawicieli rzędu Millericrinida występujących w Karpatach zewnętrznych oraz na Niżu Polskim. Dotyczy to także innych grup liliowców. Prawdopodobnie tak dobrze dokumentowany w innych grupach faunistycznych



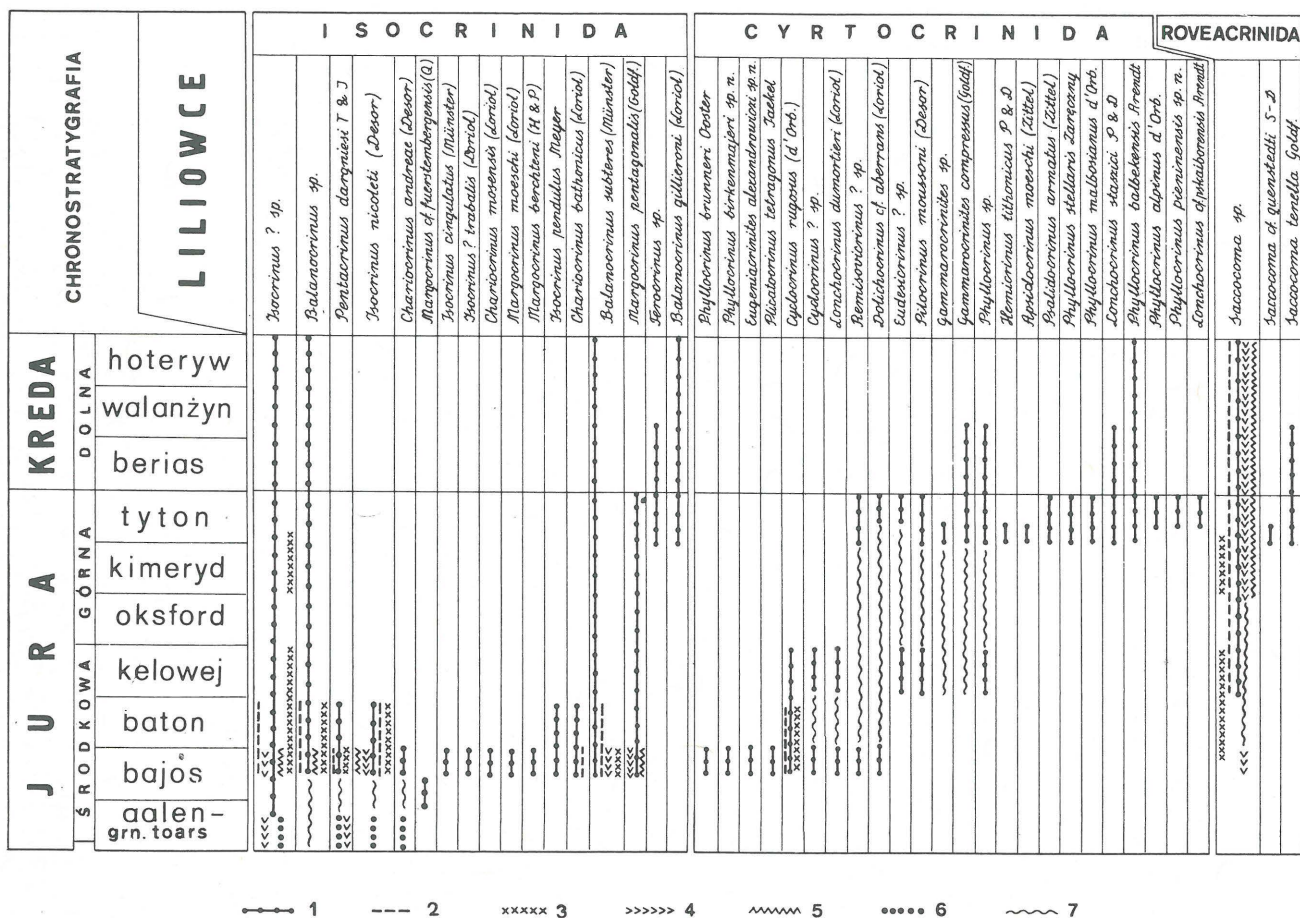
prowinjonalizm zaznacza się także wśród liliowców bentonicznych.

Próby wykorzystywania *Saccocoma* w biostratygrafii (21) okazały się nieuzasadnione. Zasięg ich wykracza znacznie poza górną jurę (10), a dolną granicę występowania *Saccocoma* początkowo ograniczaną do kimerydu (21) obniżono później do kelowej (9, 17), ale obejmuje ona także górny bajos (13). *Saccocoma tenella* Goldfuss notowana dotychczas jedynie w górnej jurze występuje na terenie pienińskiego pasa skałkowego od tytonu do walanżynu, a zasięg rodzaju *Saccocoma* na tym obszarze obejmuje górny bajos – hoteryw. W Polsce występowanie szczątków *Saccocoma*, poza omawianymi rejonami, stwierdzono w kimerydzie i tytonie Bachowic (15) i strefy cieszyńskiej (22) na obszarze Karpat zewnętrznych. Występowanie szczątków *Saccocoma* jest nierównomierne. Ich ilość zmienia się od masowych wystąpień do niemal zupełnego zaniku (10).

### TAFONOMIA

Po śmierci liliowców następuje rozpad ich szkieletów, a różna ilość tkanki miękkiej, rodzaj połączeń poszczególnych elementów oraz czynniki fizykochemiczne środowiska decydują o szybkości tego procesu. Organizmy szybko pogrzebane przez osad zachowują się niemal w

pozycjach przyziowych i nie ulegają rozpadowi. Jeżeli jednak sedimentacja jest wolna i martwe organizmy wystawione są na działanie czynników zewnętrznych, ich rozpad może nastąpić w ciągu najwyżej kilku dni (20, 24). Procesy rozpadu organizmów związane są bezpośrednio z ich przemieszczaniem. Specyficzne właściwości elementów szkieletowych liliowców – „porowata” mikrostruktura (18, 19) i związany z tym niski ciężar objętościowy znakomicie ułatwiają ich transport. Ponadto procesy rozpadu substancji organicznej tkanek powodują wytwarzanie gazów gnilnych (7), które mogą utrzymywać się przez pewien czas w porowatych elementach szkieletowych. Dzięki temu mogą one być łatwo przenoszone słabymi nawet prądami na znaczne odległości w głąb basenu (26). Na podstawie rozprzeźnienia osadów liliowców w pierwotnym basenie pienińskim można przypuszczać, że szczątki te mogły być przenoszone na odległość nawet kilkudziesięciu kilometrów od siedliska. Równie łatwo cząstki szkieletowe mogą dostać się w strefę płytszych wód o wyższej energii (powyżej podstawy falowania), gdzie szybciej pozbywając się gazów i resztek substancji organicznej zwiększają swój ciężar objętościowy i opadają na dno (25). Innym czynnikiem powodującym przemieszczanie szczątków liliowców była działalność padlinożerców i drapieżników powodujących ich dezartykulację i rozwikłanie zarówno w obrębie siedliska, jak i poza nie.



Ryc. 1. Rozmieszczenie stratygraficzne liliowców pienińskiego pasa skałkowego.

1 – jednostka czorsztyńska; 2 – jednostka czertezicka; 3 – jednostka niedzicka; 4 – jednostka braniska; 5 – jednostka pieninyńska; 6 – jednostka magurska (Grajcarka); 7 – występowanie prawdopodobne.

Fig. 1. Stratigraphic distribution of articulate crinoids in the Pieniny Klippen Belt.

1 – Czorsztyń Succession; 2 – Czertezik Succession; 3 – Niedzica Succession; 4 – Branisko Succession; 5 – Pieniny Succession; 6 – Magura Succession (Grajcarek Unit); 7 – probable occurrence.



Pelagiczne liliowce *Saccocoma* po śmierci unosiły się w toni przez pewien czas zanim uległy rozpadowi i dostały się do osadów dennych. Szybkość procesu pogrzebienia była prawdopodobnie różna, o czym świadczy także występowanie w osadach nie rozdzielonych płytek radialnych kielichów.

Ogólna geometria akumulacji i forma zachowania liliowców w osadzie kontrolowane były przez trzy parametry: reżim sedymentacyjny (teryogeniczny lub węglanowy), szybkość sedymentacji i szybkość prądu wody (osiem typów utworów krynoidowych wg Lane'a, 16).

Analizę rozmieszczenia facji osadów liliowcowych w stosunku do pierwotnej populacji przedstawił G. Ruhrmann (25). Wyróżnił on niskoenergetyczne facje związane bezpośrednio z siedliskiem oraz wysokoenergetyczne facje związane z przeróbką i transportem dennym szczątków liliowców w płytszych wodach.

Na podstawie przesłanek tafonomicznych uwzględniających procesy zachodzące w populacjach liliowcowych *post mortem*, można skonstruować teoretyczny model, którego najważniejszym elementem byłoby wyróżnienie stref akumulacji szczątków odpowiadających ogólnym typom osadów liliowcowych. Najistotniejsza w tym modelu jest strefa odpowiadająca siedlisku, czyli obszarowi zajmowanemu przez pierwotne populacje (tzw. łąki liliowcowe). Strefy powyżej siedliska (płyctzyny) związane są z wodami o wysokiej energii, natomiast poniżej siedliska (w głąb basenu) z warunkami niskoenergetycznymi (10).

$Z_1$  – strefa siedliska w klasycznym wykształceniu charakteryzuje się obecnością fauny liliowców w pozycjach przyżyciowych. W wypadku analizowanych odslonięć na terenie pienińskiego pasa skałkowego takich warunków akumulacji nie stwierdzono. Szeroko rozumiana strefa siedliska została tu udokumentowana na podstawie masowego występowania dłuższych fragmentów łodyg (plurikolumnaliów), pluricirraliów i kielichów cyrtokrynoidów, których przemieszczenie w obrębie siedliska było nieznaczne.

W takim ujęciu wydaje się uzasadnione zaliczenie do  $Z_1$  miąższych kompleksów formacji wapienia ze Smolegowej z jednostki czorsztyńskiej. Za najbardziej typowe dla tej strefy należy uznać stanowisko w Szaflarach. Pozostałe stanowiska tej formacji różnicują się między sobą, ale ogólnie wydaje się, że mają charakter peryferyjny (10). Za prawdopodobne można uznać zaliczenie do tej strefy (z pewnymi elementami  $Z_2$ ) stanowiska Cisowa Skała (spąg formacji wapienia czorsztyńskiego), gdzie znaleziono najbardziej odporne na transport dystalne części łodygi cyrtokrynoidów z dyskami przytwierdzającymi je do podłoża. Prawdopodobnie drugie takie miejsce zostało stwierdzone w tej formacji w słowackiej części pienińskiego pasa skałkowego (30). Wyraźny, jak się wydaje, związek ze strefą  $Z_1$  (z elementami  $Z_2$ ) mają stanowiska formacji wapieni dursztyńskich (ogniwo muszlowca z Rogoży) w Rogoźniku i Zaskalu oraz Lorencowych Skałkach (ogniwo wapienia z Sobótki). Wyraźnie mniej zdecydowanie dokumentuje tę strefę ogniwo muszlowca z Rogoźnika w Rogoźniku.

$Z_2$  – strefa znajdująca się poniżej siedliska, w kierunku basenu lub lokalnych przegłębień. Obejmuje ona różne osady charakteryzujące się wyraźnie mniejszym udziałem plurikolumnaliów, dominują natomiast kolumnalia, brachialia i cirralia. W obrębie tej strefy możemy wyróżnić dwa główne typy utworów: odpowiadające części bardziej zewnętrznej (dystalnej –  $Z_{2a}$ ) i bliższej  $Z_1$  (proksymalnej –  $Z_{2b}$ ).

$Z_{2a}$  – osady zawierające redeponowane i niezbyt liczne

szczątki liliowców bentonicznych (przewaga brachialiów i cirraliów nad kolumnaliami) oraz niekiedy częste pelagiczne liliowce *Saccocoma*. W jednostce czorsztyńskiej można do nich zaliczyć: formację margli z Krempachów, formację łupków ze Skrzypnego, formację wapienia czorsztyńskiego (częściowo) i formację wapieni dursztyńskich (ogniwo wapienia z Sobótki) w Czorsztynie. W jednostce niedzickiej – formację wapienia niedzickiego i formację wapienia czorsztyńskiego w Niedzicy. Do tej grupy osadów należy także zaliczyć utwory formacji szlachtowskiej analizowane w jednostkach magurskiej i braniskiej (typ I wg Lane'a) oraz (?) formacji ze Stembrowu w jednostce magurskiej.

$Z_{2b}$  – zróżnicowane osady zawierające redeponowane liczne szczątki liliowców bentonicznych o przewadze kolumnaliów, brachialiów i cirraliów (plurikolumnalia są rzadsze) oraz niekiedy pelagiczne liliowce *Saccocoma*. Na terenie pienińskiego pasa skałkowego w jednostce czorsztyńskiej można do nich zaliczyć: formację wapienia z Krupianki, formację wapieni tyśańskich i formację wapienia spiskiego. W jednostce czertezickiej – formację wapienia ze Smolegowej i formację wapieni z Flaków. W jednostce niedzickiej – formację wapienia ze Smolegowej i formację wapienia z Krupianki. W jednostkach braniskiej i pienińskiej – formację wapieni z Flaków.

$Z_3$  – strefa znajdująca się powyżej siedliska, w rejonie podwyższonej energii środowiska. Zaznacza się lokalnie wpływ falowania.

$Z_4$  – strefa znajduje się w rejonie wód o dużej energii, powyżej podstawy falowania. Charakteryzuje się przewagą kolumnaliów najczęściej pokruszonych (gruz liliowcowy).

Zbadane odslonięcia formacji krynoidowych pienińskiego pasa skałkowego nie dokumentują wysokoenergetycznych stref akumulacji szczątków liliowców  $Z_3$  i  $Z_4$ . Strefy takie notowane są w Tatrach (formacja dudziniecka i formacja wapieni z Miętusiej) (10).

Przedstawiony model nie uwzględnia udziału liliowców pelagicznych (tu: *Saccocoma*), których szczątki mogą dostawać się także do osadów strefy  $Z_1$ . Natomiast istnieje duża grupa osadów wybitnie pelagicznych bez udziału szczątków liliowców osiadłych. W takich utworach szczątki *Saccocoma* mogą występować masowo (10).

## PALEOEKOLOGIA

Sposób przymocowania do podłoża jest jednym z podstawowych aspektów biologii liliowców osiadłych. Spośród wielu wyróżnionych sposobów przytwierdzenia do dna (6), analizowane tu liliowce można zaklasyfikować do trzech grup. Najliczniejszą grupę stanowiły izokrynidy. Ich wygięte łodygi spoczywały częściowo na dnie i były unieruchomione za pomocą penetrujących miękkie osad podłoża cirri. Cirri dystalnej, wygiętej części łodygi były skierowane w dół i wnikały w podłoże. Natomiast cirri proksymalnej, wyprostowanej części łodygi skierowane były na boki, pełniąc funkcję stabilizującą.

Inny sposób przymocowania do podłoża charakteryzował przeważającą część cyrtokrynoidów. Ich łodyżki, pozbawione cirri, wykształciły na końcach proste dyskoidealne zakończenia, którymi przytwierdzały się do twardego podłoża lub leżących na nim obiektów. Gwarantowały one utrzymanie pionowej pozycji także w strefach niezbyt silnych prądów.

Trzeci sposób przymocowania reprezentowały cyrtokrynidy pozbawione łodyg (tu: Eudesicrinidae). Miały one nieregularną, szeroką bazalną część kielicha, którą



bezpośrednio przytwierdzały się do podłoża. Była to niewątpliwie adaptacja do życia w strefie wód o zwiększonej energii.

Liliowce jako organizmy zdobywające pożywienie z zawiesiny cząstek pokarmowych musiały utrzymywać górną część swojego ciała wyniesioną do pewnego poziomu ponad dno. A. Breimer i G.D. Webster (5) wyróżnili cztery podstawowe typy wyniesienia korony liliowców, które mogły być realizowane także przez pienińskie Articulata:

1) korona bezpośrednio utrzymywana przez pionową łodygę. Typ ten mógł być (?) realizowany częściowo przez liliowce wymienione w punkcie 2 (10);

2) korona aktywnie utrzymywana w pozycji wyniesionej przez ruchy korekcyjne ramion i ruchy prostujące cirri (Phyllocrinidae, Plicatocrinidae, Sclerocrinidae, Eugeniocrinidae, Psalidocrinidae, Cyclocrinidae, Isocrinidae, Pentacrinidae);

3) korona wyniesiona przez zmniejszenie ciężaru w wyniku jej zdolności do unoszenia się (Saccocomidae);

4) korona wyniesiona przez ruchy dźwigające powodowane poziomymi prądami wody (Plicatocrinidae, Sclerocrinidae, Eugeniocrinidae, Psalidocrinidae, Cyclocrinidae, Eudesicrinidae, Hemicrinidae, Isocrinidae i Pentacrinidae).

Wydaje się, że Articulata są najbardziej przystosowane do umiarkowanie ruchliwych środowisk wykorzystując typ 4 wyniesienia korony. Jest to możliwe dzięki zdolności do zmiany geometrii i ustawienia ramion w poziomych prądach wody i powstającemu w ten sposób efektowi wznoszenia.

Gromadny tryb życia różnych grup liliowców na tym samym obszarze mógł być zrealizowany tylko na drodze daleko posuniętej specjalizacji we współzawodnictwie o pożywienie. W wypadku paleobiocenozy zdobywających pokarm z zawiesiny wodnej, głównym elementem organizacji było ich wielopoziomowe rozmieszczenie w stosunku do dna (1). W badanych bentonicznych paleobiocenozach liliowcowych można dokonać trójpoziomowego podziału, stanowiącego jednocześnie główne zróżnicowanie nisz ekologicznych.

Poziom 1 obejmuje formy najmniejsze, mające korony wyniesione bezpośrednio nad dnem (Phyllocrinidae, Hemicrinidae) lub kielichy bezpośrednio do niego przytwierdzone (Eudesicrinidae). Poziom ten sięgał nad dno maksymalnie 3–4 cm. Jedynie rodzaj *Apsidocrinus*, o nieco większym kielichu, miał prawdopodobnie także dłuższą łodyżkę.

Poziom 2 obejmuje strefę powyżej poziomu 1, prawdopodobnie do kilkunastu centymetrów nad powierzchnię dna (Plicatocrinidae, Sclerocrinidae, Eugeniocrinidae, Psalidocrinidae i Cyclocrinidae). Na podstawie wielkości kolumnaliów można sądzić, że łodyga rodzaju *Cyclocrinus* była prawdopodobnie dłuższa i mogła sięgać wyżej pozostałych cyrtokrynidów.

Poziom 3 obejmuje strefę najwyższą dla liliowców bentonicznych. Zdaniem W.J. Ausicha i D.J. Bottjera (1) maksymalna wysokość jurajskich paleobiocenozy liliowcowych ustaliła się w przybliżeniu na poziomie 1 m. Taką przeciętną długość łodygi miały izokrynidy.

Niektóre cechy morfologiczne szkieletu analizowanych Articulata sugerują ich funkcje obronne (10). Najwyraźniej widoczne są one wśród cyrtokrynidów. Specyficzna budowa płytek aksillarnych u *Eugeniocrinites* umożliwiała po ich zwarciu całkowite ukrycie delikatnych ramion. Natomiast płytki aksillarne *Lonchocrinus* miały długie, nieco wygięte kolcowate zakończenia, które służyły do ochrony zwiniętych do wewnątrz ramion. Wysokie wyrostki interradowe kielichów Phyllocrinidae mogły także stanowić skuteczne ukrycie dla delikatnych ramion (29).

Równie skutecznie mogły być chronione ramiona rodzaju *Psalidocrinus* ukryte wewnątrz pięciu „przegród” utworzonych przez wysokie, łączące się nad kielichem wyrostki interradowe. Wydaje się, że mniej skuteczną ochroną były drobne guzki i drobne kolce na powierzchniach kielichów, ramion i łodyg, takie jakie obserwuje się u *Gammacrinites* oraz niektórych izokrynidów.

#### UWAGI O SEDYMENTACJI LILIWCOWEJ

Najstarsze szczątki liliowców w polskim sektorze pienińskiego pasa skałkowego występują w dolnej części formacji szlachtowskiej. Charakter tych utworów wskazuje, że osadziły się one przy udziale prądów zawieszinowych. W basenie magurskim przeważał transport materiału z kierunków SW i NE (14). Brak osadów tej formacji w jednostce czorsztyńskiej sugeruje, że strefa ta stanowiła izolowaną (?) od reszty basenu część zbiornika (formacja margli z Krempachów). Paleobiocenozy liliowcowe zasiedlały zewnętrzne rejony tej strefy dostarczając materiału do obu basenów przyległych – skałkowego i magurskiego. Z modelu basenu oraz rozkładu facji (3) wynika, że sedymentacji formacji szlachtowskiej redukcyjne warunki (formacja łupków ze Skrzypnego) objęły swoim zasięgiem także jednostki: czertezicką, niedzicką i branską. W osadach formacji margli z Krempachów i formacji łupków ze Skrzypnego jednostki czorsztyńskiej stwierdzono bardzo drobne i nieliczne szczątki liliowców. Być może istnieje związek między tymi szczątkami a występującymi w piaszczystych wklądkach formacji ze Stembrowu. Gdyby istotnie szczątki te pochodziły z jednej paleobiocenozy liliowcowej, wtedy należałoby ją umiejscowić na północnym skłonie geantykliny czorsztyńskiej. Szczątki tych liliowców zasilalyby basen magurski, a także strefę czorsztyńską.

Początek sedymentacji formacji wapienia ze Smolegowej związany był z ruchami pionowymi i powstaniem optymalnych dla liliowców warunków środowiskowych. Liliowce należą do pionierskich organizmów bentonicznych, które jako jedne z pierwszych zasiedlają dno. Takie wydarzenia związane z zasiedlaniem nowego środowiska dokumentowane jest w Czerwonej Skale koło Dursztyna. Duże miąższości wapieni krynoidowych formacji ze Smolegowej w jednostce czorsztyńskiej wiązane są z systemem równoległych do osi basenu sedymentacyjnego dyslokacji, wzdłuż których nastąpiło zapadanie się części tego basenu i wypełnienie go szczątkami liliowców. Jednocześnie nastąpiło wyniesienie północnej części geantykliny czorsztyńskiej (2). W wyniku niszczenia wynurzonych części tej geantykliny, materiał okrucowy dostając się w głąb zbiornika „rozcieńczał” osady liliowcowe. Charakter litologiczny tych osadów wskazuje na spokojną sedymentację na obszarze siedlisk liliowcowych, przy niewielkim udziale transportu pośmiertnego. Jednoczesne powolne pogrążanie się strefy siedlisk (subszydencja) rekompensowane było gromadzeniem się szczątków kolejnych generacji liliowców. Znacznie mniejsze miąższości i nieco inny charakter osadów tej formacji w jednostkach czertezickiej i niedzickiej spowodowane były czynnikami genetycznymi (depozycja w strefie  $Z_{2b}$ ).

Sedymentacja osadów formacji wapienia z Krupianki związana była z pogłębieniem basenu i odsunięciem się północnej strefy brzegowej (2). Jednocześnie musiała nastąpić migracja siedlisk liliowcowych, tak że obserwowane obecnie profile tej formacji dokumentują wyłącznie strefę  $Z_{2b}$ . Skład taksonomiczny liliowców w tej formacji wapienia z Krupianki jest ubogi, co związane było z ogół-



nym pogorszeniem warunków środowiskowych i zasypywaniem siedlisk materiałem terygenicznym. Formacja ta ma, jak się wydaje, związek genetyczny z formacją wapieni z Flaków. Formacja wapienia z Krupianki reprezentuje prawdopodobnie schyłkowy etap rozwoju („agonię”) paleobiocenozy liliowcowych i kurczenie się stref siedlisk.

Pojawienie się formacji wapienia czorsztyńskiego związane było z dalszym pogłębianiem morza i migracją bentonicznych paleobiocenozy liliowcowych. Udział szczątków liliowców bentonicznych gwałtownie maleje. Pojawiają się natomiast liliowce pelagiczne *Saccocoma*, które związane są z wodami typu otwartego.

Ponowne pojawienie się liliowców bentonicznych związane było ze spłyceciem basenu w strefie czorsztyńskiej pod koniec jury. Lokalnie dogodne warunki środowiskowe umożliwiły zasiedlenie nowych nisz, a niektóre ze stanowisk formacji wapieni dursztyńskich dokumentują strefę zbliżoną do  $Z_1$ . Obecność form szczególnie przystosowanych do życia w jednokierunkowych prądach wód (*Hemicrinidae*, *Eudesicrinidae*) oraz preferujących wody zupełnie spokojne (*Phyllocrinidae*) świadczy, że środowiska te były bardzo zróżnicowane. Zespoły liliowców notowane w formacji wapieni łyśańskich były wyraźnie mniej urozmaicone. Warto podkreślić, że zespoły liliowcowe w obu formacjach zawierają stosunkowo liczne szczątki *Saccocoma*. Ponowne pogłębienie basenu zaznacza się pojawieniem formacji wapienia spiskiego. Związane to było z migracją paleobiocenozy liliowcowych w płytsze strefy, z ich jednoczesnym zasypywaniem i niszczeniem. Obserwowane osady tej formacji zbliżone są litologicznie do utworów formacji wapienia z Krupianki, chociaż charakteryzują się odmiennym składem taksonomicznym fauny.

#### LITERATURA

- Ausich W.I., Bottjer D.J. — Tiering in suspension-feeding communities on soft substrata throughout the Phanerozoic. *Science* 1982 no. 216.
- Birkenmajer K. — Stratygrafia i paleogeografia serii czorsztyńskiej pienińskiego pasa skałkowego Polski. *Studia Geol. Pol.* 1963 vol. 9.
- Birkenmajer K. — Jurassic and Cretaceous lithostratigraphic units of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Poland. *Ibidem* 1977 vol. 45.
- Birkenmajer K., Znosko J. — Przyczynek do stratygrafii doggeru i malmu pienińskiego pasa skałkowego. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 1955 t. 23.
- Breimer A., Webster G.D. — A further contribution to the paleoecology of fossil stalked crinoids. *Kon. Nederl. Akad. Wetensch.* 1975 B vol. 3.
- Brett C.E. — Terminology and functional morphology of attachment structures in pelmatozoan echinoderms. *Lethaia* 1981 vol. 14.
- Cain J.D. — Aspects of the depositional environment and palaeoecology of crinoidal limestones. *Scott. J. Geol.* 1968 vol. 4.
- Cieszkowski M. — Wstępne wyniki badań łożysk liliowców z wapieni krynowidowych serii czorsztyńskiej w pienińskim pasie skałkowym. *Kwart. Geol.* 1976 nr. 2.
- Farinacci A., Sirna G. — Livelli di *Saccocoma* nel Malm dell'Umbria e della Sicilia. *Boll. Soc. Geol. Ital.* 1959 vol. 79 no. 1.
- Głuchowski E. — Jurassic and Lower Cretaceous crinoids (Articulata) from the Pieniny Klippen Belt and Tatra Mts. of Poland. *Stud. Geol. Pol.* (w druku — in press).
- Głuchowski E., Krawczyk A.J., Słomka T. — Isocrinida from the Szlachtowa Formation (Jurassic) of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Poland. *Ibidem* 1983 vol. 77.
- Głuchowski E., Krawczyk A.J., Myszkowska J., Słomka T. — Litofacje i fauna wapienia krynowidowego bajosu jednostki czorsztyńskiej koło Dursztyna (pieniński pas skałkowy). *Ibidem* vol. 88 (w druku — in press).
- Kasiński J.R., Pieńkowski G., Pisera A. — Charakterystyka litologiczno-mikrofacjalna jednostek braniskiej i czorsztyńskiej wzdłuż drogi Krośnica—Kąty w Pieninach. *Ibidem* 1981 vol. 70.
- Krawczyk A., Słomka T. — Wykształcenie i sedymentacja formacji szlachtowskiej na wschód od Szczawnicy (jednostka Grajczarka, pieniński pas skałkowy). *Ibidem* vol. 88 (w druku — in press).
- Książkiewicz M. — Jura i kreda Bachowic. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 1956 z. 2—3.
- Lane N.G. — Crinoids and reefs. *Proc. North Am. Paleont. Conv.* 1971.
- Lefeld J. — Upper Jurassic carbosilite sequence in the Sub-Tatric succession of the Eastern Tatra Mts. *Bull. Acad. Pol. Sc. Sér. Sc. Géol. Géogr.* 1969 no. 1.
- Macurda D.B. Jr., Meyer D.L. — The microstructure of the crinoid endoskeleton. *Univ. Kansas Paleont. Contr.* 1975 vol. 74.
- Macurda D.B. Jr., Meyer D.L., Roux M. — The crinoid stereom. [In:] *Treatise in Invertebrate paleontology. Part T, Echinodermata 2, Crinoidea 1.* 1978.
- Meyer D.L. — Post mortem disarticulation of Recent crinoids and ophiuroids under natural conditions. *Geol. Soc. Am. Abstr. Progm.* 1971 no. 3.
- Mišík M. — „Lombardiova” microfacies — veduci horizont v malme Západných Karpát. *Geol. Sborn.* 1959 vol. 10 no. 1.
- Nowak W. — Karpaty zewnętrzne (fliszowe). Jura środkowa i górna ([In:] *Budowa geologiczna Polski. T. 1. Stratygrafia Cz. 2 Mezozoik* 1973).
- Pisera A., Dzik J. — Tithonian crinoids from Rogoźnik (Pieniny Klippen Belt, Poland) and their evolutionary relationships. *Eclog. Geol. Helv.* 1979 vol. 72 no. 3.
- Ruhrmann G. — Riff-nahe Sedimentation paläozoischer Krinoiden-Fragmente. *N. Jahrb. Geol. Paläont. Abh.* 1971 Bd 138 H. 1.
- Ruhrmann G. — Riff-ferne Sedimentation unterdevonischer Krinoidenkalke im Kantabrischen Gebirge (Spanien). *N. Jahrb. Geol. Paläont. Mh.* 1971 H. 4.
- Schwarzacher W. — Orientation of crinoids by current action. *Jour. Sed. Petr.* 1963 vol. 33.
- Zaręczny S. — Dodatek do fauny warstw tytońskich w Rogoźniku i Maruszynie. *Spraw. Kom. Fizyogr. Akad. Um.* 1876 nr 10.
- Zittel K.A., von — Die Fauna der aeltern Cephalopodenfuehrende Tithonbildungen. *Palaeontogr. Suppl.* 2, 1 Abt. (u. Atlas) 1870.
- Žitt J. — *Apsidocrinus* Jaekel, 1907 and *Psalidocrinus* Remeš, 1913 (Crinoidea, Cyrtocrinida) from the Lower Cretaceous of Štramberk, Czechoslovakia. *Sbor. Geol. Ved.* 1978 vol. 21.
- Žitt J., Michalík J. — Upper Jurassic crinoids in the West Carpathian Klippen Belt. *Geol. Zbor.-Geol. Carpath.* 1984 vol. 35 no. 5.

## SUMMARY

Analysis of stratigraphic distribution of articulate crinoids in the Jurassic and Lower Cretaceous calcareous deposits of the Pieniny Klippen Belt (Carpathians), shows their restricted significance for stratigraphic purposes. Only some taxons distinguished in Fig. 1 may be used for regional or local correlations.

The processes of formation of crinoidal limestones in the Pieniny Klippen Belt are yet poorly known. A theoretical model of accumulation of crinoid fragments includes four zones ( $Z_1-Z_4$ ):  $Z_1$  — growth site zone;  $Z_2$  — zone below growth site, characterized by lower-energy environment;  $Z_3$ ,  $Z_4$  — zones above growth site, characterized by higher-energy environment.

The investigated articulate crinoids used three different modes of anchoring their stems in the bottom sediment: by cirri, by discoidal terminations, and by attachment of calyces.

## РЕЗЮМЕ

Анализ стратиграфического размещения криноидеев пенинской клипповой зоны указывает на их ограниченную пригодность для биостратиграфических целей. Некоторые выделенные виды криноидеев могут быть пригодными только для общих региональных сравнений или местных корреляции.

Генезис криноидеевых осадков ещё слабо разведанный. Процессы посмертного распада организмов

связаны непосредственно с перемещением их остатков. Они могли перемещаться путём развлечения зверьями питающимися падалью, а также механического донного транспорта. На основании тафономических предположений учётывающих процессы происходящие в популяциях криноидеев после их смерти, можно сконструировать теоретическую модель аккумуляции остатков криноидеев, которой основным элементом является выделение зон ( $Z_1-Z_4$ ) соответствующих общим типам криноидеевых осадков: зона жилища ( $Z_1$ ), зоны выше жилища с увеличенной энергией вод ( $Z_3$  и  $Z_4$ ) и зона ниже жилища с уменьшенной энергией вод ( $Z_2$ ).

Описываемые Articulata использовали три разных способа прикрепления стебля в донном осадке (при помощи кирри, дискообразных концов непосредственного прикрепления чашечки).

В анализированных палеобиоценозах криноидеев было сделано трёхярусное разделение в зависимости от высоты вынесения кроны выше дна. Оно составляет собой одновременно основное расслоение экологических ниш.

Выказано, что морфологические свойства скелета некоторых Isocrinida и большинства Cyrtocrinida указывают на оборонное приспособление. На основании таксономического состава группы криноидеев, стратиграфического и географического распространения отдельных таксонов, палеоэкологического анализа криноидеевых осадков описаны основные эпизоды седиментации криноидеев.