

Pedicellariae ze środkowojurajskich ilów rudonośnych i ich znaczenie w strategii życiowej jeżowców

Pedicellariae from Middle Jurassic Ore Bearing Częstochowa Clay Formation and their significance in echinoid's life strategy

Andrzej BOCZAROWSKI

Katedra Paleontologii i Stratygrafii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec;
e-mail: boczar@us.edu.pl

Key words: Echinoidea, pedicellariae, taxonomy, anatomy, functional morphology, paleoenvironment, Jurassic, Bajocian, Bathonian, Ore Bearing Częstochowa Clay Formation, Central Poland.

ABSTRACT: Numerous, well-preserved globiferous and ophiocephalous pedicellariae of echinoids have been found in samples from several brickyards of Central Poland: Gnaszyn and Kawodrza (Częstochowa), Blanowice (Zawiercie), Wrzosowa. This is the first study of the uppermost Bajocian and Bathonian pedicellariae from the Ore Bearing Częstochowa Clay Formation. Four new morphotypes are described. Effectiveness of the defensive echinoid strategy is discussed; the structures observed indicate the presence of poison in some but not all spines and pedicellariae of both living and fossil species. All main morphological types of pedicellariae are compared. Morphotype I of globiferous pedicellariae and morphotype III of ophiocephalous pedicellariae are similar to those from the recent family Parechinidae. Jurassic echinoid *Pelanechinus* has ophiocephalous pedicellariae reminding morphotype II, as described from the Polish Bathonian.

WSTĘP

Pedicellariami nazywamy drobne, wysoko wyspecjalizowane, kleszczowate aparaty pokrywające pancerze jeżowców, mające wapienny szkielet i zawierające czasem tkanki jadowe. Aparaty te służą głównie do skutecznej obrony przed drapieżnikami, próbami zasiedlenia powierzchni pancerza, czy nawet komensalizmu. W tym ostatnim przypadku przebiegłe komensale potrafią stymulować jeżowca w korzystny dla siebie sposób i nie są atakowane. W macerałach otrzymanych z ilów rudonośnych jury środkowej (Wyżyna Krakowsko-Częstochowska) rozpoznano liczne, dobrze zachowane pedicellariae jeżowców. Ich frekwencje były niekiedy bardzo wysokie (Blanowice, Gnaszyn, patrz Boczarowski w Gedl i in. 2003). W zbadanych

próbkach znaleziono przedstawicieli pedicellarii globisferycznych i ofiocefalicznych. Jeden osobnik jeżowca może nosić na pancerzu wszystkie podstawowe typy pedicellarii. Różnią się one od siebie morfologią i funkcjami (fig. 2).

Laube (1867) zbadał jeżowce z oolitu balińskiego, a Jesionek-Szymańska (1963) z jury środkowej obszaru krakowsko-częstochowskiego. W literaturze spotyka się częściej tylko wzmianki o występowaniu jeżowców jury środkowej (Rehbinder 1913; Różycki 1953). Najstarsze pedicellariae opisane przez Blake'a (1968) należały do dwóch sylurskich jeżowców (ludlow, Herdefordshire, Wielka Brytania). Inne paleozoiczne pedicellariae zostały opisane przez kilku badaczy: Geis (1936), Philip (1963), Mostler (1971), Boczarowski (2001). Więcej opracowań i ilustracji doczekały się pedicellariae mezozo-

iczne i kenozoiczne (Stefanini 1921; Sieverts-Doreck 1958; Nestler 1966, 1982; Mostler 1967; Kier 1968; Hess 1971, 1975; Gheorghian 1976, 1978; Mirut i Gheorghian 1978; Gedl i in. 2003). Pierwsze kopalne pedicellarie jeżowców z Polski opisała Górka (1997) jako elementy sklerotomu strzykw (miocen obszaru Gliwic).

Praktycznie niemal we wszystkich skałach, gdzie facje szkarłupniowe są bogate w szczątki Echinoidea, pedicellarie są obecne. Dokładna historia badań pedicellarii i ich podział zostały podane w pracy Campbella (1983). Mortensen (1928–1951) zilustrował mnóstwo pedicellarii jeżowców wskazując, że elementy te mają kluczowe znaczenie w ich systematyce. Obecnie bardzo trudno powiązać

izolowane szczątki z konkretnymi pancerzami kopalnych jeżowców. Pedicellarie z jury Polski nie były do tej pory tematem opracowań.

Kolekcja została złożona w zbiorach naukowych Katedry Paleontologii i Biostratygrafii, Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego pod numerami: GIUS 8–1554, 1557, 2471 Gna. – cegielnia Gnaszyn (Częstochowa); GIUS 8–1825, 1830 Sow. – cegielnia Kawodrza, tzw. „Sowy”; GIUS 8–2074 Bla. – cegielnia Blanowice (Zawiercie); GIUS 8–2269, 2270 Wrz. – cegielnia Wrzosowa. Zastosowane w pracy terminy morfologiczne objaśniono na fig. 1. Datowania profili cegielni częstochowskich oparto o badania nad biostratygrafią amonitową ilów rudonośnych Matyi i Wierzbowskiego (2003).

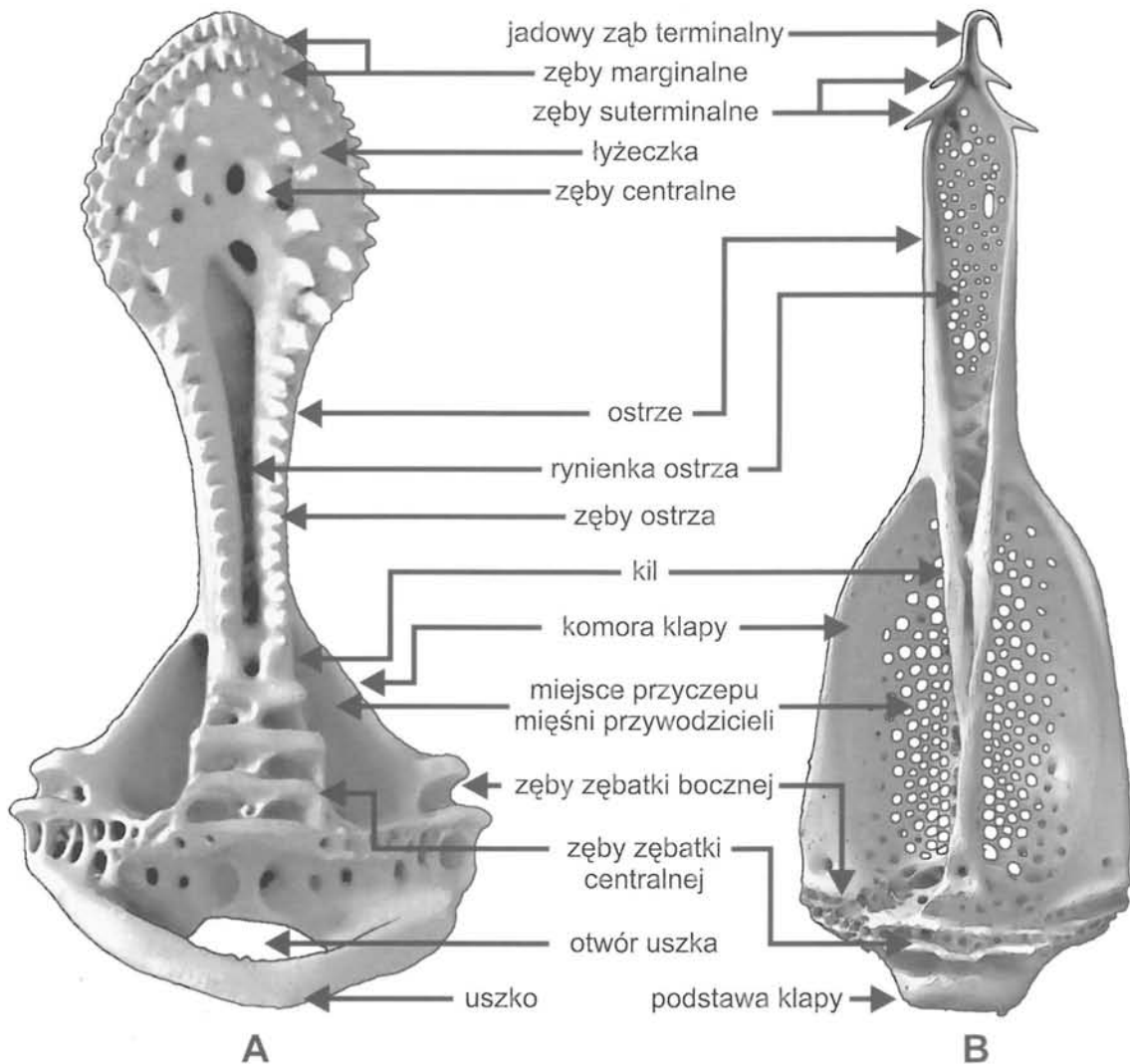


Fig. 1. Morfologia pedicellarii jeżowców; A – pedicellaria globisferyczna; B – pedicellaria ofiocefaliczna. Terminologię anatomiczną zaadoptowano z prac Campbella (1973, 1974, 1976, 1983), Lawrence'a (1987) i Boczarowskiego (2001).

Cechy	Typy pedicellarii jeżowców					
	globisferyczne		ofiocefaliczne		trójpłatkowe	trójzębne
	typowe	ochłowate	typowe	sakiewkowe	typowe	typowe
występowanie zębów (ogólnie)	wiele ostrych	wiele ostrych	wiele tępych	wiele tępych	brak	wiele ostrych i tępych
zęby terminalne	jeden lub więcej, jadowe	jeden jadowy	brak	brak	brak	jeden
zęby subterminalne	obecne	obecne	brak	brak	brak	brak
centralny ząb na polu chwytym	brak	brak	obecny	brak	brak	brak
dystalne zetknięcie klap	punktowe	zęby terminalne zachodzą na siebie	szczytowe lub krawędziowe	całkowicie krawędziowe	brak	szczytowe lub krawędziowe
komory klap	dwie	jedna	dwie	jedna	dwie	dwie
ząbkowanie brzegu klap	występuje lub nie	obecne	obecne	obecne	brak	brak
uszko	brak	brak	obecna	brak	brak	brak
typowa ilość klap	3	2	3	2	2 lub 3	3
skrajna ilość klap	2 - 5	2	2 - 3	2 - 3	2 - 4	2 - 5
tkanki jadowe	obecne	obecne	różnie	brak	brak	brak
kąt pomiędzy zamkniętymi klapami	120° lub inny	180°	120° lub inny	120°, 180°	180°, 120° lub inny	120° lub inny
kąt rozwarcia klap	90° - 180°	90° - 160°	180°	90° - 160°	180°	180°
szyjka	brak	prawdopodobnie obecna	obecna	obecna (?)	obecna	długa
łodyżka	obecna	obecna	obecna	obecna	obecna	krótka
autotomia	występuje	prawdopodobna	?	?	?	?
aktywność	stymulowana	?	stymulowana	?	ciągła	stymulowana
stymulacja	chemiczna	?	mechaniczna	?	odruchowa	mechaniczna
funkcje	obronne, przy użyciu trucizny przeciwko czynnikom biologicznym	prawdopodobnie obronne, przy użyciu trucizny przeciwko czynnikom biologicznym	obronne, przeciwko czynnikom mechanicznym	?	ochronne, utrzymywanie pancerza w czystości, rzadziej obronne	obronne, przeciwko czynnikom biologicznym

Fig. 2. Typy pedicellarii jeżowców (wg Boczarowski 2001, zmienione).

PEDICELLARIE

Pedicellarie globisferyczne (morfotyp I) (pl. 1: 1)

Opis. Trójklapowe pedicellarie, o trójkątnej w zarysie, perforowanej klapie. Podstawa odstająca, w postaci krótkiego wałka. Kłapa przedzielona wąskim kilem, rozdwarzającym się w połowie kłapy. Dalej w kierunku dystalnym i adaksjalnie (doosio-wo) dwa grzbieciki kila przechodzą w ostrze, u którego nasady powstaje szeroka rynienka, biegnąca prawdopodobnie aż do szczytu. Zębaki lateralne i centralna pojawiają się blisko podstawy,

w najszerszym miejscu kłapy i mają po dwa zęby. Proksymalnie zęby są połączone w jednolite poprzeczne grzbieciki.

Uwagi. Pedicellarie te zachowują się bardzo rzadko, ponieważ ich ścianki mają około 5–7 μm grubości, aczkolwiek ze względu na funkcje – autotomia w przypadku obrony – powinno ich być najwięcej. Znalezione okazy miały odłamane ostrza. Swoją budową przypominają pedicellarie występujące w rodzinie Echinidae, szczególnie u współczesnego rodzaju *Paracentrotus* Mortensen, np: z gatunku *Paracentrotus gaimardi* (Blainville).

Występowanie. Baton: cegielnia Gnaszyn w Częstochowie (Wyżyna Krakowsko-Częstochowska).

Pedicellarie ofiocefaliczne (morfotyp I)
pl. 1: 2-5)

Opis. Wyłącznie trójklapowe pedicellarie, z ostrzem dystalnie zakończonym łyżeczkowatym rozszerzeniem (1/3–1/4 wysokości). Adaksialnie łyżeczka ostrza ma na krawędzi dystalnej dwa szeregi łukowato ułożonych drobnych ząbków. Dalej ku centrum sklerytu ząbki są wyraźnie większe i rozmieszczone chaotycznie. Od najszerszej części łyżeczki w kierunku proksymalnym, brzeżnie, biegną dwa zbliżające się stopniowo ku sobie grzbieciki również pokryte drobnymi ząbkami. Ząbki zmniejszają się w kierunku zębątki centralnej i w jej pobliżu zanikają. Wszystkie ząbki są zaagięte proksymalnie. Pomiedzy grzbiecikami ostrza znajduje się wąski rowek. Całe ostrze od zewnątrz, a łyżeczka także od wewnątrz, pokryte są ażurową, bezładną perforacją stereomu. Krótki kil rozdziela dwa eliptyczne zagłębienia, do których przyzeczepione były mięśnie przywodziciele. Trzy lub cztery zęby zębatek lateralnych i centralnej pojawiają się w najszerszym miejscu kłapy, ku stronie proksymalnej łączą się w jednolite poprzeczne grzbieciki. Zębątki ograniczone są proksymalnie poprzecznym fałdem na całej szerokości pedicellarii. Skrajnie proksymalnie przestrzeń wewnętrzną pedicellarii zajmuje mała półksiężycowata w zarysie miseczka. Uszko jest symetryczne, z porem centralnym w kształcie litery U. Abaksialnie (odosiowo) występują liczne pory na całej powierzchni gładkich kłap. W miejscach występowania wszystkich zębatek, po przeciwnej stronie, powyżej otworu uszka i po bokach występują charakterystyczne skupienia porów zebrane w eliptycznych zagłębieniach.

Uwagi. Proporcje poszczególnych elementów anatomicznych mogą się delikatnie zmieniać. Tym bardziej, że u tego typu pedicellarii, każda kłapa może mieć nieco odmienny kształt. Okazy różnią się od pozostałych opisanych morfotypów jurajskich dwoma szeregami ząbków w kłapie oraz perforacją strony abaksialnej. Kompletne aparaty z połączonymi elementami jak za życia nie są znane z osadów jury.

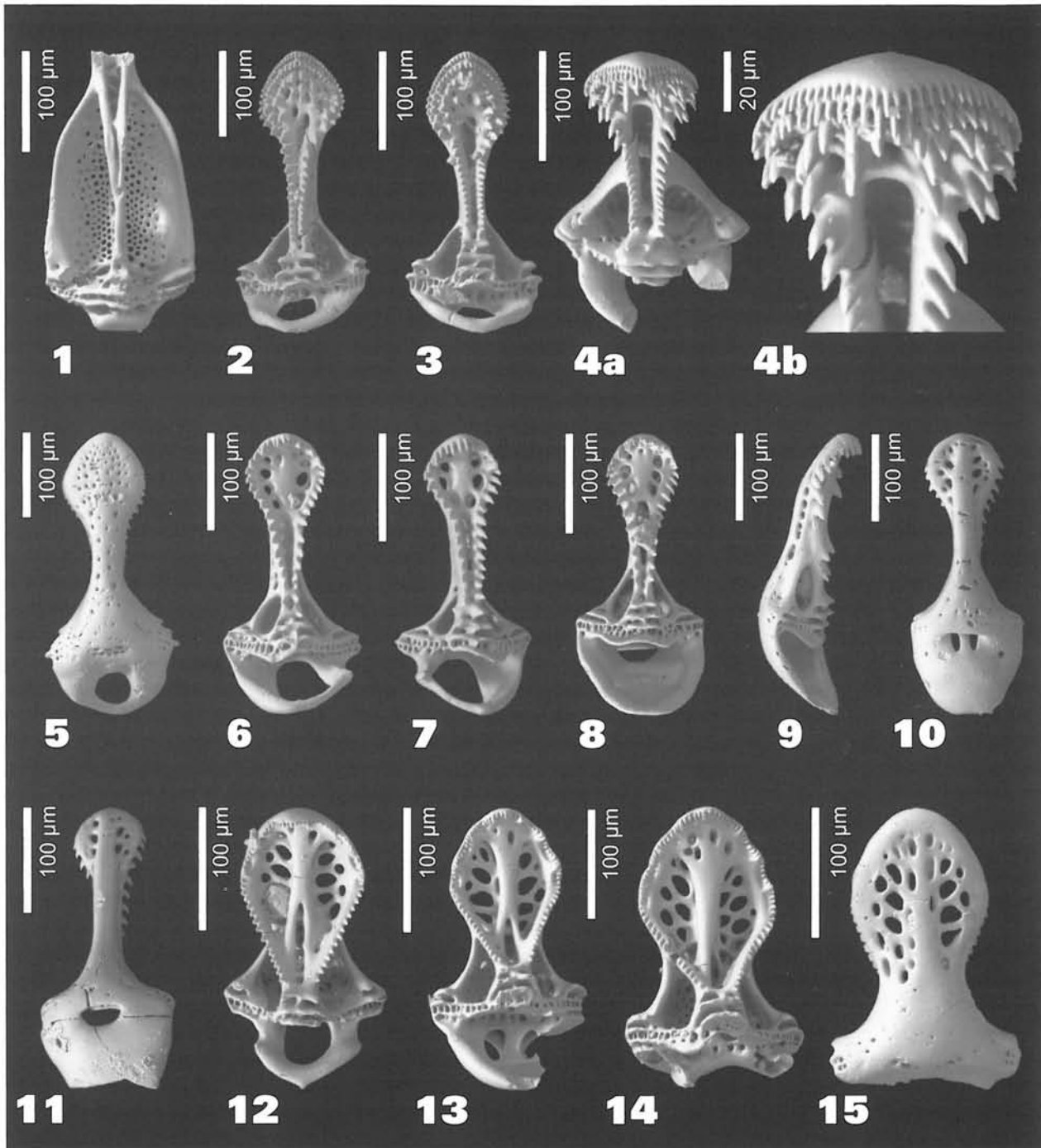
Występowanie. Baton dolny: cegielnia Kawodrza, tzw. „cegielnia Sowy” w Częstochowie. Baton: cegielnia Gnaszyn w Częstochowie (Wyżyna Krakowsko-Częstochowska).

Pedicellarie ofiocefaliczne (morfotyp II)
(pl. 1: 6–11)

Opis. Formy wyłącznie trójklapowe. Tępo zakończona łyżeczka ostrza stanowi 1/4 długości sklerytów. Od strony abaksialnej ostrze posiada grzbieciki rozdławiające się w 1/3 wysokości sklerytu. Grzbieciki te biegną ku dystalnemu odcinkowi rozdzielone rynienką, dalej płynnie przechodzą w łyżeczkowate rozszerzenie dystalne. W ten sposób dwa żeberka tworzą właściwe ostrze pedicellarii, uzbrojone drobnymi ząbkami. łyżeczka jest szeroka, owalna w zarysie, okolona jednym szeregiem ząbków, perforowana kilkoma dużymi porami na wylot, rozmieszczonymi prawie symetrycznie. Abaksialnie pory ułożone są po bokach trzonu ostrza. Wszystkie ząbki ostrza skierowane są proksymalnie. Krótki kil rozdziela dwie komory, gdzie były przyzeczepy mięśni przywodzicieli. Trzy lub cztery zęby zębatek lateralnych i centralnej pojawiają się w najszerszym miejscu kłapy, gdzie dwa z nich łączą się w jednolite poprzeczne żeberka. Pozostałe zęby zębątki centralnej pozostają wolne. Zębątki lateralne mają najczęściej tylko dwa zęby, a okazy bez uszka mają trzy zęby. Uszko jest

ilość okazów	cecha	wymiar (µm)		
		minimum	średnio	maksimum
pedicellarie globisferyczne (morfotyp I) 2	długość (bez ostrza)	265	275	285
	szerokość	135	145	155
pedicellarie ofiocefaliczne (morfotyp I) 152	długość (bez ostrza)	290	330	335
	szerokość	130	140	150
pedicellarie ofiocefaliczne (morfotyp II) 134	długość (bez ostrza)	280	300	330
	szerokość	140	145	150
pedicellarie ofiocefaliczne (morfotyp III) 62	długość (bez ostrza)	258	290	310
	szerokość	130	165	180

Fig. 3. Ilość zbadanych okazów pedicellarii poszczególnych morfotypów i ich wymiary.



Plansza 1

Pedicellarie jeżowców z batonu Gnaszyna (w pobliżu Częstochowy): 1 – pedicellaria globisferyczna, morfotyp I, widok od strony adaksialnej, okaz z odtłamanym ostrzem, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-420; 2-5 – pedicellarie ofiocefaliczne, morfotyp I: 2 – widok od strony adaksialnej, okaz z trzema zębami zębątki centralnej, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-414, 3 – widok od strony adaksialnej, okaz z czterema zębami zębątki centralnej, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-417, 4 – widok od strony dystalnej; 4a – cały okaz z uszkodzonym uszkiem, 4b – fragment tego samego okazu, powiększenie zębów ostrza, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-415, 5 – widok od strony abaksialnej, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-418; 6-11 – pedicellarie ofiocefaliczne, morfotyp II, 6 – widok od strony adaksialnej, prawa kłapa, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-416, 7 – widok od strony adaksialnej, lewa kłapa, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-321, 8 – widok od strony adaksialnej, kłapa centralna, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-410, 9 – widok od strony lateralnej, kłapa centralna, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-409, 10 – widok od strony abaksialnej, kłapa centralna, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-411, 11 – widok od strony abaksialnej, kłapa centralna, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-408; 12-15 – pedicellarie ofiocefaliczne, morfotyp III: 12 – widok od strony adaksialnej, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-401, 13 – widok od strony adaksialnej, uszko częściowo uszkodzone, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-406, 14 – widok od strony adaksialnej, uszko odtłamane, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-405, 15 – widok od strony abaksialnej, GIUS 8-2471 Gna.\P13\E-421. Fotografie wykonał A. Boczarowski przy użyciu środowiskowego mikroskopu skaningowego Philips XL 30 TMP ESEM.

dobrze wykształcone, symetrycznie (klapa centralna) lub asymetrycznie (klapy boczne). W tym drugim przypadku asymetria jest związana z powstaniem jarzma dla klapy centralnej, która wspiera się o nie krawędziami. Trzecia, proksymalna komora, rozprzestrzeniająca się od zębątki centralnej do uszka, może być przedziurawiona dużym, centralnie położonym porcem. Jeżeli uszka brak, komora ta jest bardzo duża. Abaksjalnie klapy są słabo perforowane, dodatkowe pory zgromadzone są w eliptycznych zagłębieniach jedynie po przeciwnej stronie zębatek bocznych.

Uwagi. Elementy te wykazują dużą zmienność morfologiczną w obrębie populacji pochodzących z jednej próby. Widoczne są zmiany od form juwenilnych do dużych np: większe okazy mają dłuższe ostrze, przy czym łyżeczka pozostaje podobnej wielkości; zęby zębatek są silniej wykształcone u większych okazów. W rzadkich przypadkach uszko może być przerwane. Zmienność kształtów pedicellarii związanych z rozwojem osobnika jest u jeżowców powszechna. Opisane okazy różnią się od pozostałych morfotypów jednym szeregiem ząbków na eliptycznej krawędzi klapy, asymetrią klapy bocznych oraz skąpą perforacją strony abaksjalnej. Natomiast okazy przypominają poprzez budowę ząbków pedicellarii jurajskiego *Pelanechinus Keeping* (Smith 2004). Różnią się od nich krótszą łyżeczką i asymetryczną budową klapy bocznych. Kompletnie aparaty nie są znane z osadów jury polskiej, chociaż znaleziono wszystkie trzy typy klapy.

Występowanie. Baton: cegielnie Blanowice (Zawiercie), Gnaszyn (Częstochowa), Wrzosowa (Wyżyna Krakowsko-Częstochowska).

Pedicellarie ofiocefaliczne (morfotyp III). (pl. 1: 12-15)

Opis. Występują wyłącznie formy trójklapowe. Ostrze jest bardzo krótkie lub go nie ma. łyżeczka stanowi 2/3 długości sklerytów. Adaksjalnie łyżeczka posiada szeroki kil, rozdzwajający się w połowie sklerytu i zanikający tuż przed zębątką centralną. Duże pory łyżeczki ułożone są witrażowo, prawie symetrycznie. łyżeczka jest bardzo szeroka, leżkowata w zarysie, okolona jednym szeregiem ząbków na falistej krawędzi. Ząbki nie są zagięte. Po bokach krótkiego kila znajdują się dwie komory, gdzie były przyczepy mięśni przywodzicieli. Zębątki boczne mają dwa lub trzy zęby, a zębątka centralna trzy lub cztery zęby. Uszko jest dobrze wykształcone, symetryczne z jednym porcem centralnym (klapa centralna) lub dwoma (klapy

boczne). Dodatkowo, abaksjalne pory zgromadzone są w eliptycznych zagłębieniach po przeciwnej stronie wszystkich zębatek.

Uwagi. Elementy te posiadają dosyć podobną budowę w obrębie populacji, za wyjątkiem wykształcenia porów uszka. Swoją budową przypominają pedicellarie u wspomnianego już wyżej współczesnego taksonu *Paracentrotus gaimardi* (Blainville). Opisane okazy różnią się od pozostałych morfotypów jednym szeregiem ząbków na falistej krawędzi klapy, dużymi, witrażowo ułożonymi porami łyżeczki, krótkim ostrzem lub jego brakiem. Nie spotkano kompletnych okazów złożonych z trzech klapy.

Występowanie. Bajos górny: cegielnia Kawodrza tzw. „Sowy” w Częstochowie. Baton: cegielnia Gnaszyn w Częstochowie (Wyżyna Krakowsko-Częstochowska).

PODSUMOWANIE

W jurze środkowej Polski jeżowce są słabo poznane. Całe pancerze znajduje się sporadycznie, natomiast szczątki izolowane są powszechnie w macerałach z ilów rudonośnych i wskazują na ich większą różnorodność (np: cidaroidy, w opracowaniu). Ich pozycja systematyczna jak i powiązania z pedicellariami są jeszcze trudne do ustalenia. Jesionek-Szymańska (1980) wspomina najstarszy znany gatunek *Orbignyana canaliculata* (Quenstedt) z rodziny Collyritidae, pochodzący z późnego bajosu Kamienicy Polskiej. Przedstawicielami tej samej rodziny są *Collyrites (Cardiopelta) bicordata primitiva* Jesionek-Szymańska z późnego keloweju Wrzosowej i Kłobucka oraz *Collyrites (Pygomalus) ovalis* (Leske) z wczesnego batonu Rudnik. Rodzina Disasteridae reprezentowana jest przez *Metaporinus (Tithonia) praeconvexa* Jesionek-Szymańska (późny kelowej, Ogrodzieniec). Dwa inne gatunki reprezentują rodzinę Nucleolitidae tj. *Nucleolites terquemii* L. Agassiz i Desor (wczesny baton, Rudniki) oraz *Nucleolites pilensis* Jesionek-Szymańska (późny baton, Piła Kościelecka). Z rodziny Holectypidae znany jest jeden gatunek, *Holectypus depressus* Leske z późnego batonu Piły Kościeleckiej koło Chrzanova i wczesnego keloweju Brzezia (Jesionek-Szymańska 1980). Cytowane gatunki nie zostały do tej pory znalezione w stowarzyszeniu z pedicellariami, ale należą do rzędów, których współcześnie przedstawiciele noszą tego typu elementy.

Dwa jeżowce sylurskie *Echinocystites pomum* Gregory, *Palaeodiscus ferox* Salter, u których znaleziono najstarsze stowarzyszone dobrze zachowane i w dodatku połączone pedicellarie, mają plan budowy zbliżony do koleców (Blake 1968). To dowodzi, że wytworzyły się z koleców i są ich modyfikacją (Blake 1968; Boczarowski 2001). Jedne z najciekawszych to formy sakiewkowate (=ang. *bursulella* type; Boczarowski 2001). W 1887 roku Jones odkrył w próbkach z wenloku wyspy Gotland nietypowe, małe, rogate skorupki, które zaliczył do małżoraczków w obrębie nowego rodzaju *Bursulella*. Kesling i Chilman (1978) opisali liczne, dobrze zachowane panczerzyki tych skamieniałości z żyweckiej formacji Silica (Michigan). Przynależność małżoraczkowa nie była kwestionowana przez prawie 120 lat. Badania nad tym wyjątkowo obfitym materiałem szkarłupniowym z dewonu Gór Świętokrzyskich (Boczarowski 2001) wyjaśniły, że skamieniałości te są ofiocefalicznymi pedicellariami jeżowców. Globisferyczne pedicellarie typu chochlowatego (=ang. *ladle* type) stanowią zawsze komplet do form sakiewkowatych (Boczarowski 2001). Jurajskie pedicellarie noszą jeszcze ślady pierwotnego planu budowy. Strefowe trawienie w mikroskali panczerzyków pedicellarii chochlowatych ujawniło obecność kanałów jadowych. To oznacza, że strategia skutecznego odstraszenia przeciwników przy pomocy jadu była stosowana przez jeżowce już bardzo dawno temu. Frekwencje tych szczątków w osadach kopalnych są czasem zadziwiająco wielkie (np: próba Ic/5 z żywetu Marzysza – patrz Boczarowski 2001; próba 13 z batonu Gnaszyna – patrz Gedl i in. 2003). Można przypuszczać, że jeżowce noszące te pedicellarie dokonywały ich masowej autotomii w przypadku zagrożenia, tak jak współczesne pedicellarie globisferyczne i były szybko regenerowane. Prosta budowa najstarszych znanych pedicellarii globisferycznych pozwala przypuszczać, że mogą one być pierwszym ewolucyjnym objawem strategii obronnej z użyciem jadu u jeżowców. Nie wiadomo, czy podobne komplety zostały znalezione w XIX wieku przez Jonesa w próbkach z wenloku wyspy Gotland (Boczarowski 2001). Porównując jednokomorowe kłapy pedicellarii typu chochlowatego z bardziej nowoczesnymi (jurajskie) – dwukomorowymi i trójkomorowymi – widać stopniową komplikację tych ostatnich. Ostrze rozbudowuje się coraz bardziej i specjalizuje (fig. 2). Formy jurajskie i kenozoiczne o długim, szerokim ostrzu, mają głęboki kanał

jadowy, za to zmniejszoną przestrzeń dla pęcherzyka jadowego. Dodatkowe pęcherzyki jadowe mogły występować na trzonkach. Trzonki takie znaleziono w materiale kopalnym z dewonu Gór Świętokrzyskich i batonu Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Szerszy kanał jadowy pozwala na szybkie wylanie się trucizny do przestrzeni mikroskopijnych obrażeń, wykonanych wcześniej przez kąsanie wyspecjalizowanymi zębami terminalnymi. Być może jad jeżowców paleozoicznych miał inne właściwości, np: był mniej toksyczny i osobniki musiały go więcej produkować. Jady jeżowców współczesnych wywołują eozynofilię (zwiększanie liczby granulocytów kwasochłonnych jako objawu reakcji alergicznej) oraz hemolizę erytrocytów (rozpad erytrocytów we krwi i wypadanie ich jąder). Wydzielina jadowa w kontakcie z drobnymi bezkręgowcami wywołuje u nich paraliż, u większych zwierząt zjawisko przeciwkoagulacyjne, paraliż i ustanie pracy serca (Pigulewski 1982). Ofiocefaliczne pedicellarie mają z reguły tępe szczęki zaopatrzone w chwytne zęby, a główka osadzona jest na giętkiej szyjce, która funkcjonuje jako hydroszkielet i orientuje odpowiednio główkę (Campbell 1973, 1974, 1976, 1983; Lawrence 1987). Zęby są u nich także tępe i krótkie (Lawrence, 1987). Zwykle małe ząbki występują na brzegach szczęk (Baker i Rowe 1990; McNamara i Henderson 1984). U opisywanych tutaj pedicellarii mamy do czynienia z takimi właśnie zębami. Istotne jest, że siły poruszające i aktywizujące tego typu pedicellarie przenoszone są przez włókna kolagenu, łączące szkielet łodygi z tyłem kłapy (Lawrence 1987). Zatem siła chwytana nie jest jedynie ograniczona do pracy mięśni samych szczęk.

Długie kolce niektórych współczesnych jeżowców także posiadają jad. Jeżowce żyjące w Oceanie Indyjskim, takie jak *Asthenosoma varium* Grube, mają długie kolce z jaskrawo zabarwionymi główkami, w których znajduje się jad, zaś z rodzaju *Diadema* Gray mają bardzo długie (do 33 cm) puste w środku kolce, wypełnione jadem (z obserwacji autora). Pokłucie powoduje dotkliwy ból jak po użądleniu pszczoły (Pigulewski 1982). Innym przykładem bardzo niebezpiecznego jeżowca z tego obszaru jest *Toxopneustes pileolus* (Lamarck), którego pedicellarie całymi bateriami kąsają intruza tak, że skutek jego obrony następuje ogólne zatrucie nawet dużego organizmu i w konsekwencji śmierć. Badane tu szczątki jeżowców kopalnych w żadnym z omawianych przypadków nie były

reprezentowane przez długie, puste kolce. W stanie współczesnym znamy 34 gatunki ryb rafowych, które odżywiają się jeżowcami, a z tego dla sześciu są one pożywieniem podstawowym (Lawrence 1987). Kilka gatunków zjada cidaroidy z długimi, grubymi i kostropatymi kolcami. Nawet niektóre diadematojdy są zjadane przez ryby. *Diadema setosum* (Leske) w przypadku zagrożenia skupia kolce w kierunku, z którego pada pojawiający się cień, atakująca ryba opływa jeżowca wokół i atakuje z przeciwnej strony chwytając grubymi ustami. Ryba *Chelinus trilobatus* Lacepède żeruje na tym samym gatunku jeżowca – chwytając (go za region ust) i rozbija uderzając o twardą powierzchnię (Fricke 1971). Kolce, jak widać, nie są zawsze skuteczną obroną. Rolę obronną musiały więc przejąć także pedicellarie. Jeżowce nie używają pedicellarii na ślepo, lecz najpierw obmacują nimi napastnika używając licznych komórek czuciowych umieszczonych dystalnie i centralnie na wewnętrznej powierzchni, a dopiero po stwierdzeniu zagrożenia przypuszczają atak.

Opisane tu morfotypy przypominają pedicellarie różnych współczesnych taksonów np: Arbaciidae (*Arbacia* Gray), znanych od jury środkowej, które posiadają pedicellarie ofiocefaliczne, trójplatkowe i trójzębne. Radwańska (1999) opisała przedstawicieli rzędu Arbacioidea z wczesnego kimerydu Polski, tj. *Acropeltis* L. Agassiz i *Glypticus* L. Agassiz, ale taksony te nie są znane z jury środkowej. Geis (1936) ilustruje pedicellarie ofiocefaliczne zachowane wraz z pancerzem jurajskiego *Pelanechinus* Keeping (Smith 2004), podobne do opisywanego tutaj morfotypu II. Okaz *Pelanechinus corallinus* (Wright) z oksfordu Yorkshire posiada kompletne pedicellarie ofiocefaliczne i trójzębne, te ostatnie nie zostały dotąd znalezione w jurze Polski. Ostatnio Smith (2004) zaliczył do tego samego rodzaju – *Pelanechinus ooliticum* (Hess) odkryty w bajosie Szwajcarii (= *Pelanodiadema* I, Hess 1972, 1973, 1975). Współtowarzyszące pedicellariom z Polski okrucy pancerzy jeżowców nie pozwalają jeszcze na ustalenie ich prawidłowej przynależności. Przedstawiciele jeżowców ryjących w osadzie z reguły nie mają pedicellarii globisferycznych (np: Clypeasteroidea, Laganoida). Wśród nich i przedstawicieli innych rzędów będących ryjącą infauną są wyjątki (Clypeasteroidea: *Fibularia* Lamarck, 1816, *Fibulariella* Mortensen, 1948 – Mooi 1989; Spatangoidea – Lawrence 1987; Mortensen 1928–1951). Nie ma jednak ścisłej korelacji pomiędzy sposobem życia a brakiem

pedicellarii globisferycznych (np: Arbacioidea – Lawrence 1987). Natomiast cidaroidy nie posiadają pedicellarii trójplatkowych i ofiocefalicznych. Ich pedicellarie globisferyczne różnią się od pedicellarii innych grup, tym, że pęcherzyki jadowe ściśle wypełniają wnętrze kłap (za wyjątkiem Histocidarinae). Duże pedicellarie globisferyczne występują u nich wokół kolców pierwszego rzędu górnej powierzchni, a nie na płytkach ambulakralnych. Mnóstwo jeżowców posiada pedicellarie globisferyczne zaopatrzone w pęcherzyki jadowe, nie tylko w główce, ale i na otaczających trzonek tkankach. Taki stan rzeczy może prowadzić do morfologicznej atrofii główki pedicellarii i powstania typu buławkowatego, który składa się tylko z trzonka i woreczków jadowych. Pedicellarii globisferycznych brak u spatangoidów i wielu grup jeżowców regularnych np: Echinothuriidae, Saleniidae, Arbaciidae, Aspidodiadematidae, Micropygidae. Przedstawione tu pedicellarie globisferyczne (morfotyp I) mają kłapę perforowaną w sposób mniej lub bardziej prosty. Współcześnie budowę taką mają: przedstawiciele Parechinidae – *Paracentrotus* Mortensen (por. Cherbonnier 1968; Jensen 1982), Loveniidae – *Echinocardium* Gray, 1825 (por. Jensen 1982), Schizasteridae – *Schizaster* L. Agassiz, 1836 (por. McNamara i Philip 1980; Mortensen 1928–1951). Ostatecznie, porównania znalezionych w ilach rudonośnych pedicellarii z formami współczesnymi wykazały podobieństwa zespołu pedicellarii globisferycznych (morfotyp I) i ofiocefalicznych (morfotyp III) z przedstawicielami rodziny Parechinidae. W szczególności, widać wyraźne podobieństwa ze współczesnym taksonem *Paracentrotus gaimardi* (Blainville) znanym współcześnie z afrykańskich wybrzeży południowego Atlantyku (Mortensen 1928–1951; Cherbonnier 1959). U form współczesnych tylko przedstawiciele rodziny Parechinidae mają wyodróżnione ostrze z otwartym kanałem, tak jak opisane tutaj. Wszystkie omawiane typy jurajskich pedicellarii znamy współcześnie. Problem polega na tym, że najstarsi przedstawiciele tej rodziny znani są od miocenu – *Isechinus* Lambert; pliocenu *Psammechinus* Agassiz i Desor; plejstocenu – *Paracentrotus* Mortensen, *Parechinus* Mortensen (wg Smith 2004), a przedstawiciele rzędu Echinoidea – w dodatku niepewni – znani są dopiero od cenomanu(?).

LITERATURA

- Baker, A. N. i Rowe, F. W. E. 1990. Atelostomatid Sea Urchins from Australian and New Zealand Waters (Echinoidea: Cassiduloidea, Holasteroidea, Spatangoidea, Neolampadoidea). *Invertebrate Taxonomy*, 4: 281-316.
- Blake, D. B. 1968. Pedicellariae of two Silurian echinoids from Western England. *Palaeontology*, 11, 4: 576-579.
- Boczarowski, A. 2001. Isolated sclerites of Devonian non-pelamatozoan echinoderms. *Palaeontologia Polonica*, 59: 1-219.
- Campbell, A. C. 1973. Observations on the Activity of Echinoid Pedicellariae. I. Stem Responses and their Significance. *Marine Behavior Physiology*, 2: 33-61.
- Campbell, A. C. 1974. Observations on the Activity of Echinoid Pedicellariae. II. Jaw Responses of Tridentate and Ophiocephalous Pedicellariae. *Marine Behavior Physiology*, 3: 17-34.
- Campbell, A. C. 1976. Observations on the Activity of Echinoid Pedicellariae. III. Jaw Responses of Globiferous Pedicellariae and their Significance. *Marine Behavior Physiology*, 4: 25-39.
- Campbell, A. C. 1983. Form and function of pedicellariae. *Echinoderm Studies*, 1: 139-167.
- Cherbonnier, G. 1959. Échinides. Expédition Océanographique Belge, dans les Eaux Cîtes Africaines de l'Atlantique Sud (1948-1949). *Résultats Scientifiques, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 3, 6: 37-59.
- Cherbonnier, G. 1968. Les pédicellaires globifères de l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* (Lamarck). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 2^e série*, 39, 6: 1211-1213.
- Fricke, H. W. 1971. Fische als Feinde tropischer Seeigel. *Marine Biology*, 9: 328-338.
- Gedl, P., Kaim, A., Boczarowski, A., Kędziński, M., Smoleń, J., Szczepanik, P., Witkowska, M. i Ziaja, J. 2003. Rekonstrukcja paleośrodowiska sedymentacji środkowojurajskich ilów rudonośnych Gnaszyna (Częstochowa). *Tomy Jurajskie*, 1: 19-27.
- Geis, H. L. 1936. Recent and Fossil Pedicellariae. *Journal of Paleontology*, 10, 6: 427-448.
- Gheorghian, D. H. 1976. Contribuții la cunoașterea unor microfauze triasice din Munții Apuseni (Pduera Craiului). *Dri de seam ale edintelor Paleontologie*, 62, 3: 25-38.
- Gheorghian, D. H. 1978. Inventaire sommaire des débris d'Echinodermes contenus par les calcaires Triasiques des Nappes Transylvaines (Carpates Orientales). *Dri de seam ale edintelor, Paleontologie*, 64, 3: 55-68.
- Górka, H. 1997. Holothurian sclerites from the Miocene deposits of the Gliwice Area (Upper Silesia, Poland). *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, 45, 2-4: 107-118.
- Hess, H. 1971. Über einige Echiniden aus Dogger und Malm des Schweizer Juras. *Eclogae geologicae Helveticae*, 64, 3: 611-633.
- Hess, H. 1972. Eine Echinodermen-Fauna aus dem mittleren Dogger des Aargauer Jura. *Schweizerische Paläontologische Abhandlungen*, 92: 1-87.
- Hess, H. 1973. Neue Echinodermenfunde aus dem mittleren Dogger des Aargauer Juras. *Eclogae geologicae Helveticae*, 66: 625-656.
- Hess, H. 1975. Die fossilen Echinodermen des Schweizer Juras. *Veröffentlichungen aus dem Naturhistorischen Museum Basel*, 8: 1-130.
- Jensen, M. 1982. Pedicellariae in classification of echinoids. W: Lawrence J.M. (red.), Echinoderms: Proceedings of the International Conference, Tampa Bay, 14-17 Sept. 1981, 111-115, A. A. Balkema, Rotterdam.
- Jesionek-Szymańska, W. 1963. Échinides irréguliers du Dogger de Pologne. *Acta Palaeontologica Polonica*, 8, 3: 293-414.
- Jesionek-Szymańska, W. 1980. Echinoidea. W: Malinowska, L. (red.), Budowa geologiczna Polski, 3, Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych, część 2b (Mezozoik, Jura). 249-253, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Jones, T. R. 1887. Notes on some Silurian Ostracoda from Gothland. 1-8, Norsteadt P. A. & Sner, Stockholm.
- Kesling, R. V. i Chilman, R. B., 1978. Ostracods of the Middle Devonian Silica Formation. *Papers on Paleontology*, 18, 1: 1-169; 2: 1-266.
- Kier, P. M. 1968. The Triassic echinoids of North America. *Journal of Paleontology*, 42, 4: 1000-1006.
- Laube, G. C. 1867. Die Echinodermen des braunen Jura von Balin. Mit Berücksichtigung ihrer geognostischen Verbreitung in Frankreich, Schwaben, England und anderen Ländern. *Denkschr. kaiserlichen Akademie der Wissenschaften Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse*, 27: 1-10, Wien.
- Lawrence, J. 1987. A Functional Biology of Echinoderms. 1-340, Croom Helm, London & Sydney.

- Matyja, B. A. i Wierzbowski, A. 2003. Biostratygrafia amonitowa formacji częstochowskich ilów rudonośnych (najwyższy bajos – górny baton) z odsłonięć w Częstochowie. *Tomy Jurajskie*, 1: 3-6.
- McNamara, K. J. i Henderson, R. A. 1984. A Redescription of the Rare Echinoid *Taimanawa mortenseni* Henderson and Fell (Spatangoida: Brissidae). *Records West of the Western Australian Museum*, 11, 4: 403-410.
- McNamara, K. J. i Philip, G. M. 1980. Living Australian Schizasterid echinoids. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 104, 2: 127-146.
- Mirăuță, E. i Gheorghian, D. H. 1978. Etude microfaunique des formations triasiques (Transylvaines, Bucoviniennes et Getiques) des Carpates Orientales. *Dri de seam ale edintelor; Paleontologie*, 64, 3: 109-162.
- Mooi, R. 1989. Living and fossil genera of the Clypasteroidea (Echinoidea: Echinodermata): an Illustrated Key and Annotated Checklist. *Smithsonian Contributions to Zoology, Smithsonian Institution*, 488: 1-51.
- Mortensen, T. 1928-1951. A monograph of the Echinoidea. I-V. Reitzel C. A., (I): 1-551, (II): 1-647, (III.1): 1-370, (III.2): 1-533, (III.3): 1-446, (IV.1): 1-378, (IV.2): 1-471, (V.1): 1-432, (V.2): 1-593, København.
- Mostler, H. 1967. Conodonten und Holothurien Sklerite aus den norischen Hallstetter-Kalken von Hernstein (Niederösterreich). *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, 1-2: 177-188.
- Mostler, H. 1971. Mikrofaunen aus dem Unter-Karbon vom Hindukusch. *Geologisch-Palontologische Mitteilungen Innsbruck*, 1, 12: 1-19.
- Nestler, H. 1966. Echiniden aus dem Unter-Maastricht der Insel Rügen. II. Pedicellarien. *Geologie*, 15, 3: 340-365.
- Nestler, H. 1982. Die Fossilien der Rügener Schreibkreide. *Die Neue Brehm-Bcherei*, 486: 3-108.
- Philip, G. M. 1963. Silurian echinoid pedicellariae from New South Wales. *Nature*, 200: 1334.
- Pigulewski, S. W. 1982. Jadowite zwierzęta bezkręgowce. 1-427. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Radwańska, U. 1999. Lower Kimmeridgian echinoids of Poland. *Acta Geologica Polonica*, 49, 4: 287-364.
- Rehbinder, B. 1913. Die mitteljurassischen eisenerzführenden Tone längs des südwestlichen Randes des Krakau-Wieluner Zuges in Polen. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gessellschaft*, 65: 181-349.
- Różycki, S. Z. 1953. Górny dogger i dolny malm jury krakowsko-częstochowskiej. *Prace Instytutu Geologicznego*, 17: 1-412, Warszawa.
- Sieverts-Doreck, H. 1958. Echinodermen. W: Freund H. (red.), *Handbuch der Mikroskopie in der Technik*. Band II. Mikroskopie der Bodenschätze. Teil 3. Mikroskopie in der Geologie sedimentärer Lagerstätten (Mikropalontologie), Wetzlar Umschau Verlag, 239-264.
- Smith, A. B. (red.) 2004. The Echinoid Directory. World Wide Web electronic publication. <http://www.nhm.ac.uk/palaeology/echinoids> [accessed 13 June 2004].
- Stefanini, G. 1921. Fossili terziari della Cineraiica. *Paleontographica Italica*, 27: 110.