

Геол. ан. Балк. полуос. Ann. Géol. Penins. Balk.	57	1	123 - 138	Београд, децембар 1993 Belgrade, Decembre 1993
---	----	---	-----------	---

УДК 563.95:551.763.333 (548.1)

Оригинални научни рад

ПАЛЕОНТОЛОГИЈА - PALÉONTOLOGIE

РОД *Hemiaster* (ECHINOIDEA) ИЗ КАМПАНСКИХ СЕДИМЕНАТА ЈУЖНЕ ИНДИЈЕ КАО ИНДИКАТОР ПАЛЕОСРЕДИНЕ

од

Јованке Митровић-Петровић* и Кришнаморти Рамамуртија**

У раду су приказане четири врсте рода *Hemiaster*, са великим бројем примерака из кампанских седимената јужне Индије. Проучавање су њихове морфолошке одлике и дата морфофункционална интерпретација у циљу реконструкције начина живота одређених врста с једне стране и карактеристика палеобиотои са друге стране.

Кључне речи: Echinoidea, *Hemiaster*, кампан, јужна Индија, морфофункционална анализа, палеосредина.

УВОД

Род *Hemiaster* је један од најбројнијих кредних родова. У креди је космополитски распрострањен и представљен великим бројем врста. Богатство фосилног материјала из проучаване области омогућило је детаљну морфофункционалну анализу у циљу реконструкције начина живота одређених врста рода *Hemiaster* с једне стране и палеосредине с друге стране.

ПОРЕКЛО МАТЕРИЈАЛА

Из хоризоната кампанске старости у оквиру Аријалур групе, Силакуди формације у области Тиручирапали (јужна Индија) другопотписани је сакупно збирку од 43 примерка Echinoidea, од чега огромна већина (37) припада роду *Hemiaster*. Фауна потиче из непосредне околине села Карапали и Силакуди. Сакупљена је из пешчара и кречњачких пешчара. У заједници са хемиастерима код села Силакуди (по коме је формација и добила име) срећу се

* Институт за регионалну геологију и палеонтологију Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Каменичка 6, Београд.

** Head Department of Geology, National College, Tiruchirappalli, 620001 Tamilnadu State, India.

брахиоподи из фамилије *Terebratulidae*, *Inoceramus*—и крупних ребара, амонитски род *Karapadites* и неидентификовани корали и гастроподи. Ова асоцијација би одговарала зони са *Karapadites karapadense*.

СТРАТИГРАФСКО И ГЕОГРАФСКО РАСПРОСТРАЊЕЊЕ РОДА *Hemiasiter*

Род *Hemiasiter* се први пут појавио у доњој креди (апт) да би у горњој креди достигао свој пуни процват, прелазећи са врло малим бројем врста у терцијар. По *Mortensen*-у (1950) дуго времена се веровало да су хемиастери одсутни у рецентној фауни. Шведска океанографска експедиција "Џозефина" открила је 1869. године у северном Атлантику и западном делу Индијског океана присуство хемиастера чију одредбу је извршио *Loven* 1874. и означио је именом *H. expertus*. Доцније је откривено још неколико врста, тако да је данас познато укупно пет врста и једна подврста овог рода. Све рецентне врсте потичу из Индијског океана, Јапана, Малајског архипелага и са обала Еквадор-Перу.

Фосилне врсте, којих има око 250, имале су космополитско распрострањење (Европа, Индија, Америка) мада су нарочито бројне у Европским и Медитеранским кредним седиментима.

Hemiasiter је бројно заступљен у горњокредним седиментима Индије. Велик број врста је описао *Stolitzka* (1872–73) у своме значајном делу "Кредна фауна јужне Индије".

Hemiasiter је један од доминантних родова и у горњокредним седиментима Србије. До сада су идентификоване 24 врсте овога рода, па је по броју врста и примерака овај род далеко испред родова *Micraster*, *Holaster*, *Codiopsis*, *Echinocoelus* и других који се срећу у горњој креди Србије (*Mitrović-Petrović*, 1972).

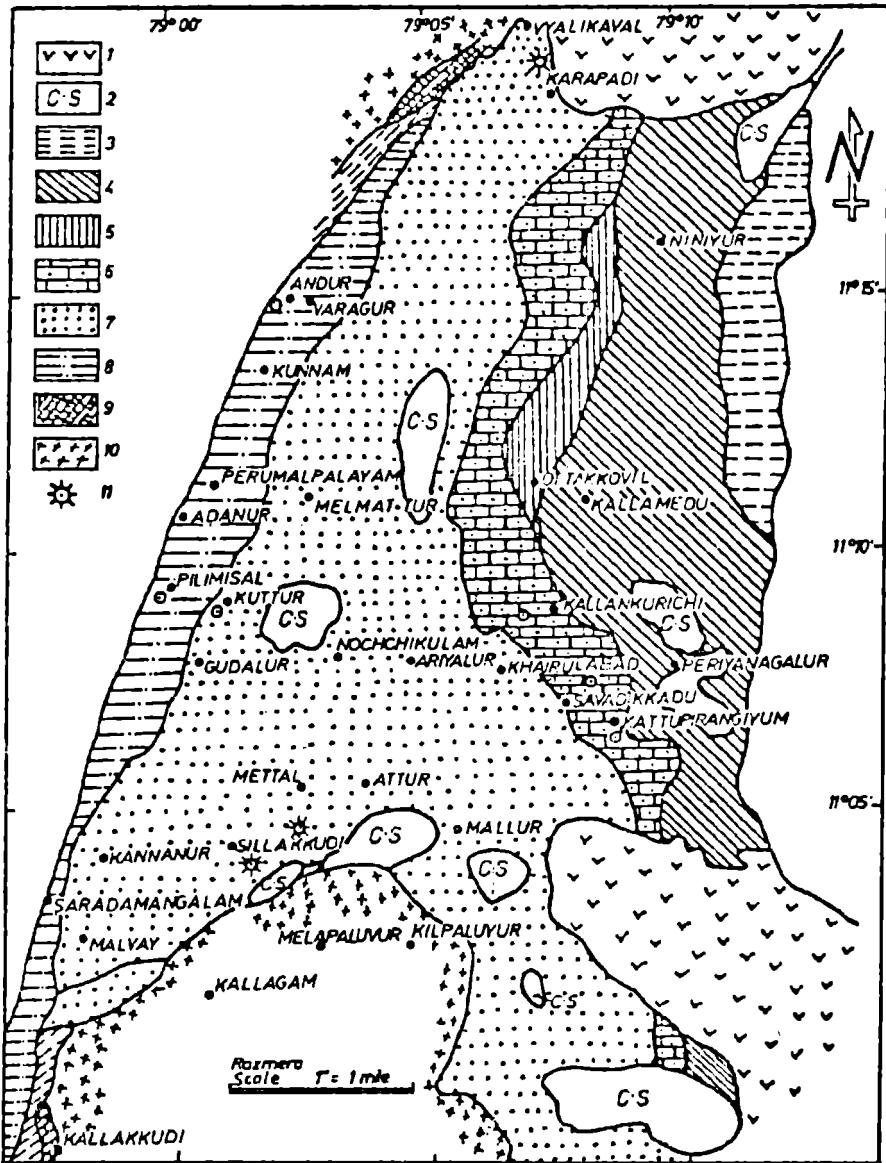
Од 37 примерака рода *Hemiasiter* из испитиване области идентификоване су само четири врсте: *Hemiasiter indicus* *Stolitzka* (Таб. I, сл. 1–8); *H. cristatus* *Stolitzka* (Таб. II, сл. 1–5); *H. tuberosus* *Stolitzka* (Таб. II, сл. 6, 7); *Hemiasiter journali* *Desor* (Таб. II, сл. 8–10), од којих је најбројнија *H. indicus* (20 примерака). Поред тога утврђено је присуство још три рода од којих је сваки заступљен са по једном врстом и једним примерком: *Epiaster nobilis* *Stolitzka*, *Cardiaster regularis* *Stolitzka*, и *Echinobrissus minimus* *Orbigny*.

Будући да је *Hemiasiter* доминантан род у ехиридској палеоасоцијацији (око 85% од укупног броја примерака припада овом роду) вршена је његова морфофункционална анализа у циљу реконструкције како његовог начина живота, тако и палеосредине.

МОРФОЛОШКЕ ОДЛИКЕ И МОРФОФУНКЦИОНАЛНА ИНТЕРПРЕТАЦИЈА

Облик

Облик варира од издужено овалног до широко овалног или приближно срцоликог са мање или више синусоидним предњим крајем. По *Kiegr*-у (1974) издуживање љуштуре у односу на правилне жежеве који су имали округлу контуру је омогућило лакше покретање кроз седимент.



Сл. 1. Геолошка скица проучаване области:

Fig. 1. Geological sketch of the investigated area.

1. Алувијум (Alluvium);
2. Кудапалора пешчар (Cudapalora sandstone);
3. Нинијур група (Niniyur group);
4. Каламеду формација (Kallamedu formation);
5. Отаковил формација (Ottakovil formation);
6. Калацкуричи формација (Kallankurichi formation);
7. Силакуди формација (Sillakkudi formation);
8. Тричинополи група (Trichinopoly group);
9. Утатур група (Uttatur group);
10. Арханк (Archaeon);
11. Фосилоносно место (Fossil locality).

Профил

Висина љуштуре је различита код различитих врста (профил може бити врло висок или низак). Код свих примерака које смо проучавали профил је сразмерно низак и равномерно заравњен (Таб. I, сл. 3; Таб. II сл. 2, 9). Многи аутори који су проучавали морфолошке одлике микрастера (Кегмаск, 1954; Nichols, 1959a,b; Maczynska, 1968) сматрају да су врсте са заравњеним скелетима прилагођене закопавању у подлогу (припадале су инфауни) док су се форме са коничним скелетом покретале по површини седимента (припадале су епифауни). Овакво мишљење је између осталог засновано и на проматрању начина живота рецентних *Spatangoida*. Заравњене љуштуре су, уопште, карактеристичне за неправилне јежеве који се закопавају не само у оквиру *Spatangoida* већ и других група *Echinoida*.

Све врсте хемиастера које смо проучавали су са заравњеним скелетом. Сходно томе, можемо закључити да су хемиастери у проучаваној области живели мање или више закопани у седимент.

Амбулакри

Амбулакри петалоидни, прави или благо повијени (Таб. I, сл. 1; Таб. II, сл. 1, 7, 8). Чеони амбулакр и предњи парни петали приближно истих димензија. Задњи петали увек краћи у односу на предње, али им величина варира (од екстремно кратких, до дугих који допиру скоро до амбитуса). Код проучаваних примерака задњи петали су прилично дуги (дужина им износи око две трећине до три четвртине предњих петала). Сви су изразито удубљени. По Киг-у, (1974) удубљивање петалоида помаже каналисању токова воде према респираторним ножицама. Даље, удубљивање петалоида дозвољава суседним бодљма да направе лук преко ножица штителни их од предатора и честица страног материјала. Удубљивање чеоног амбулакра омогућава пролаз за храну од горње површине ехинида до уста.

Код проучаваних примерака поре чеоног амбулакра су у непосредној близини апекса овалне и крупније, а идући на дисталном делу постају округле и све ситније (Таб. I, сл. 5; Таб. II сл. 4, 5). Кроз поре чеоног амбулакра пролазиле су ножице које су имале сензоралну функцију а биле су специјализоване и за изградњу респираторног канала који је повезивао ехинид закопан у седименту са површином (Smith & Zaghbib - Turki, 1985).

Поре у петалоидима су издужене у виду пукотиница и имају респираторну функцију (Таб. II, сл. 5). Величина, облик, број и распоред пора у петалима представљају врло добар индикатор температуре воде. То је први уочио Zocke, 1951 (из Smith, 1984). Он наводи да се све кредне врсте рода *Hemiaster* могу сврстати у две групе: Циркум-Медитеранску и Северно Европску. Представници прве групе имају дуге петале са много амбулакралних пора, док они из друге групе имају кратке петале (нарочито задњи пар) и релативно мали број амбулакралних пора. Како се метаболизам ехинида обично повећава са повећањем температуре хемиастери који живе у топлијим водама, имају потребу за већом количином кисеоника него они у хладнијим водама. Јасно је стога зашто врсте хемиастера које су живеле близу кредног палеоекватора

STAROST -AGE-	GRUPA -GROUP-	FORMACIJA -FORMATION-	AMONITSKA ZONA -AMMONITE ZONE-	LITO-STRA- TIGRAFIJA LITHO COLU- M
MIO-PLIOCEN -MIO-PLIOCENE-		KANKAR AND LATERITE		
MASTRINT -MASTRINTIAN-	ARIYALUR GRUPE -GROUP-	KALLAMEDU	NEFOSSILIFEROUS HORIZONT SA KOSTIMA DINOSAURA -UNFOSSILIFEROUS HORIZON WITH DINOSAUR BONES-	
		OTTAKKOVIL	PACHYDUSCUS OTACODENSIS ZONA/-ZONE-	
		KALLANKURI CHI	HAURICERAS REMBOA ZONA/ -ZONE-	
KAMPAN -CAMPANIAN-		SILLAKKUDI	KARPACITES KARAPADENSE ZONA/-ZONE-	
SANTON -SANTONIAN-	TRICHOPOLY GRUPE -GROUP-	ANAIPADI	PLACENTICERAS TAMILICUM ZONA/-ZONE-	
KONJAK -CONJACIAN-		KULAIKAL NATHAM	KOSMATICERAS THEOBOLDIANUM ZONA/-ZONE-	
TURON -TURCHAN-	UTATUR GRUPE -GROUP-		LEWISICERAS VALU ZONA/-ZONE-	
CENGMAN -CENGMANIAN-		KARAI	MAMMITES CONCILIATUM ZONA/ -ZONE-	
			CAUVEOCERAS NEWBOLDI ZONA/ -ZONE-	
ALB -ALBIAN-		MARUVATHUR	SCHLOENBACHIA INFLATA ZONA/ -ZONE-	

Сл. 2. Лито и биостратиграфија горњокредних стена Тиручирапали области, Јужна Индија.

Fig. 2. Litho and Biostratigraphy of Upper Cretaceous Rocks, Tiruchirapalli District, S. India.

имају дуге петалоиде са много цевастих ножица, док врсте у областима са умеренијом температуром имају кратке петалоиде са релативно малим бројем ножица. Све четири проучаване врсте рода *Hemiaster* одликују се доста дугим петалоидима.

Апекс

Код све четири проучаване врсте апекс је етмолитик типа (Таб. I, сл. 5; Таб. II, сл. 4, 5). Присутне су четири доста крупне гениталне поре. Мадрепорна плоча је крупна и проширена у назад. С обзиром да кроз мадрепориту плочу улази вода у амбулакрални систем њено проширивање омогућава ефикасније изједначавање притиска (Kiser, 1974).

Анални отвор

Издужено је овалног облика и налази се при врху вертикално засеченог задњег обода љуштуре (Таб. I, сл. 4; Таб. II, сл. 3, 6, 10).

Усни отвор

Овалног или полумесечастог облика. У знатној мери је померен ка пред-

њем ободу љуштуре (Таб. I, сл. 2, 6). Удубљени чеони амбулакр прелази на оралну страну све до усног отвора. Удаљеност перистома од предњег обода љуштуре може послужити као индикатор за закопавање. Код форми које се закопавају перистом је веома близу предњег обода. Функционални значај оваквог положаја састоји се у томе што се храна једним делом транспортује кроз жљеб непарног амбулакра који са аборалне прелази на оралну страну и уколико је он краћи утолико је транспорт хране бржи и ефикаснији.

Филоде

Поре у филодама су ситне и јављају се у паровима. Број парова пора у филодама износи 4–5. Кроз ове поре су пролазиле ножице чија се функција састојала у сакупљању хране. Лабрум је добро развијен (Таб. I, сл. 6).

Пластрон

Добро је развијен амфистерналног типа (Таб. I, сл. 6, 7).

Туберкулација

Туберкулација је различита на различитим деловима скелета. На аборалној страни туберкуле су ситне, густе, униформне. То указује да је скуп бодљи на тој страни формирао неку врсту униформног и густог "екрана" у облику лука, који је спречавало зрнца седимента да падају на аборалну страну и да загуше респираторне подије. Тај екран без сумње представља адаптацију на закопавајући начин живота у фином седименту.

На оралној страни туберкуле су крупније и вероватно су помагале при закопавању у подлогу (Таб. I, сл. 2, 6, 7).

Фасциола

Хемиастере карактерише перипетална фасциола, иако је она на проучаваним примерцима ретко и непотпуно сачувана.

НАЧИН ЖИВОТА ХЕМИАСТЕРА

На основу овог кратког приказа морфолошких одлика хемиастера и њиховог функционалног значаја може се закључити следеће:

1. Хемиастери припадају инфауни. Сви проучавани примерци потичу из ситнозрних пешчара и кречњачких пешчара.

2. Врсте проучаване у овом раду указују на живот у топлој води који захтева интензивну респираторну размену. Другим речима, они би припадали Циркум–Медитеранској групи (по Z o s k e , 1951 из S m i t h , 1984).

3. N e g a u d e a u & M o g e a u , 1989 су проучавали екологију ценоманских ехинидских популација Француске и за врсте хемиастера са ниским заравњеним профиллом, са дугим задњим петалима и веома наглашеним предњим синусом, наводе да су нађене увек у теригеним седиментима ствараним на малим или умереним дубинама. Примерци из јужне Индије потичу из ситнозрних пешчара. Они такође наводе мишљење D a v i d & S i b u c t (1985) и G a g e (1987), да су хемиастери са испупченом аборалном страном и кратким задњим амбулакрима блиски рецентној врсти *H. exregitus* која живи у мирним

и хладним водама велике дубине.

Сви примерци из проучаваних локалитета се одликују ниским, заравњеним профилима, релативно дугим задњим амбулакрима и наглашеним предњим синусом.

Мортенсен (1950) за пет рецентних врста рода *Hemiaster* истиче да живе у нешто дубљој води (најчешће на дубини од 140–100 м), мада не искључује могућност њиховог опстанка и у плићим водама.

Хемиастери су врло чести у горњој креди Србије (до сада је познато 24 врста овог рода са огромним бројем представника). Најбројнији су, међутим, у горњокредним седиментима Мокре Горе где су налажени у лапорцима и лапоровитим кречњацима који леже у подини спрудних рудистних кречњака. С обзиром на близину спруда седименти из којих фауна потиче никако нису могли бити стварани на великим дубинама.

На основу свега се може са доста сигурности закључити да су проучаване врсте насељавале плићу воду, највероватније сублиторал.

4. За ехиниде је карактеристично да форме високих профила и танких љуштура указују на мирну воду, док ниске форме са снажнијим љуштурама указују на умерену или јаку енергију воде. Све врсте из проучаваног локалитета припадају другој групи.

КАРАКТЕРИСТИКЕ ПАЛЕОБИТОПА

Морфофункционална анализа врста: *Hemiaster indicus* Stolitzka, *H. cristatus* Stolitzka, *H. tuberosus* Stolitzka и *H. fourneli* Desor, с једне стране и оскудни подаци о екологији рецентних хемиастера, с друге стране, омогућили су реконструкцију услова и начина живота овог рода у кампанском мору јужне Индије, а самим тим и реконструкцију одлика палеобитопа из кога фауна потиче.

Те одлике се најкраће могу дефинисати на следећи начин:

1. Дно је било растресито, прекривено финим, ситнозрним песком.
2. Температура воде је била висока (тропско–суптропски карактер).
3. Дубина је била мала или умерена. Највероватније би одговарала сублиторалу.
4. Енергија воде је била умерена или снажна.

Геол. ан. Балк. полуос. Ann. Géol. Penins. Balk.	57	1	123 – 138	Београд, децембар 1993 Belgrade, Decembre 1993
---	----	---	-----------	---

UDC 563.95:551.763.333 (548.1) Original Scientific Paper

ПАЛЕОНТОЛОГИЈА – PALÉONTOLOGIE

Hemiaster (ECHINOIDEA) FROM CAMPANIAN SEDIMENTS OF SOUTHERN INDIA AS AN INDICATOR OF PALEOENVIRONMENT

by

Jovanka Mitrović–Petrović* and Krishnamorthy Ramamoorthy**

Four species of the genus *Hemiaster* are described, from an abundance of specimens from Campanian sediments of Southern India. Their morphological features are studied and a morphofunctional interpretation is given for reconstruction of the mode of life of the determined species, on one hand, and paleobiotope character, on the other.

Key words: Echinoidea, *Hemiaster*, Campanian, Southern India, morphofunctional analysis, paleoenvironment.

INTRODUCTION

Hemiaster is one of the most abundant Cretaceous genera. Its distribution in the Cretaceous is cosmopolitan and it is represented by a large number of species. The abundance of fossil material from the study area has enabled a detailed morphofunctional analysis for reconstruction of the *Hemiaster* mode of life, on one hand, and the paleoenvironment, on the other.

DERIVATION OF MATERIAL

From Campanian horizons of the Ariyalur group, Sillakkudi Formation of Tiruchirappalli region, Southern India, the second named author collected 43 specimens of Echinoidea, most of which (37) of *Hemiaster*. The fossil localities is in the proximity of the villages of Karapady and Sillakkudi. Fossils are extracted from sandstones and calcareous sandstones. The association of *Hemiasters* at Sillakkudi (after which the formation is named) includes brachiopods of Terebratulidae, large-ribbed *Inoceramus*,

* University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Institute of Regional Geology and Paleontology, Kamenička 6, Belgrade.

** Head Department of Geology, National College, Tiruchirappalli, 620001 Tamilnadu State, India.

ammonites of *Karapadites* genus and unidentified corals and gastropods. The association corresponds to the Zone with *Karapadites karapadense*.

STRATIGRAPHIC AND GEOGRAPHIC DISTRIBUTIONS OF *Hemiaster*

Hemiaster first appeared in the Lower Cretaceous (Aptian), reached their maximum development in the Upper Cretaceous, and few species passed into the Tertiary. Mortensen (1950) wrote that Hemiasters have long been believed lacking in Recent fauna. Josephina, a Swedish oceanographical expedition, discovered in 1869 a *Hemiaster* in the North Atlantic and western Indian Ocean, which was determined by Loven (1874) and named *H. expergitus*. Several more species were found later, making at present five species and one subspecies known. All Recent species derive from the Indian Ocean, Japan, Malayan archipelago, and Ecuador-Peru coast.

Fossil species, a total of about 250, had a cosmopolitan distribution (Europe, India, America), and are most abundant in European and Mediterranean Cretaceous deposits.

Hemiasters are abundant in Upper Cretaceous sediments of India. Many species are described by Stolitzka (1872-73) in his significant work "Cretaceous Fauna of Southern India".

Hemiaster is one of dominant genera also in Upper Cretaceous sediments of Serbia. So far 24 species have been identified, which places this genus far ahead, in numerosity of species and specimens, of *Micraster*, *Holaster*, *Codiopsis*, *Echinocorys*, and other genera common in the Upper Cretaceous of Serbia (Mitrović-Petrović, 1972). Among 37 *Hemiaster* specimens from the study area, only four species have been identified: *Hemiaster indicus* Stolitzka (Pl. I, Figs. 1-8), *H. cristatus* Stolitzka (Pl. II, Figs. 1-5) *H. tuberosus* Stolitzka (Pl. II, Figs. 6 and 7), and *Hemiaster fourmeli* Desor (Pl. II, Figs. 8, 9, 10), of which *H. indicus* is the most numerous (20 specimens). Three more genera have been identified, each represented by one species and one specimen: *Epiaster nobilis* Stolitzka, *Cardiaster regularis* Stolitzka, and *Echinobrissus minimus* Orbigny.

Hemiaster, being the dominant genus in the echinoid palaeoassociation (about 85% of all specimens), its functional morphology was analysed for reconstructions of its mode of life and the palaeoenvironment.

MORPHOLOGY AND MORPHOFUNCTIONAL INTERPRETATION

Shape

Shapes vary from elongated oblong to wide oblong or nearly heart-like with more or less sinusoidal anterior end. The elongation of the test, compared with regular, spherical-tested echinoids, according to Kier (1974), made easier the movement through sediment.

Profile

Test height varies from one species to another (the profile can be very high or low). All of the studied specimens have comparatively low and uniformly flat profiles (Pl. I, Fig. 3; Pl. II, Figs. 2, 9). Many paleontologists who studied the morphology of *Micraster*, (Kermack, 1954; Nichols, 1959a,b; Maczynska, 1968) considered the species with flat skeletons adapted to burrowing in the substratum (infauna), whilst forms of conical skeletons moved on sediment surface (epifauna). This opinion was,

among other reasons, based on the observed mode of life of Recent Spatangoids. Flat tests are generally characteristic for irregular burrowing echinoids, not only of Spatangoids, but other Echinoidea groups, as well.

All *Hemiaster* species which we studied had flat skeletons. Hence the inference that Hemiasters in the study area lived more or less burrowing in sediments.

Ambulacra

Ambulacra petaloid, straight or gently curved. Frontal ambulacrum and anterior even petals nearly equal in size. Posterior petals always shorter than the anterior ones, but of variable size (from extremely short to long ones reaching near to the ambitus). The studied specimens had posterior petals quite long (two-thirds to two-fourths of anterior petals). All were well preserved. According to K i e r (1974), grooved petals canalized water-flow to the respiratory feet and allowed adjacent spines to arch over the feet and protect them from predators and particles of extraneous material. Grooved frontal ambulacrum allowed conveyance of food from the upper echinoid surface to the mouth.

Frontal ambulacral pores, in the studied specimens, close to the apex are oval and large, and those toward the distal end are round and smaller (Pl. I, Fig. 5; Pl. II, Figs. 4, 5). Pores of frontal ambulacrum were for passage of tube feet which had a sensorial function and were specialized for respiration through a canal from the echinoid burrowing in sediment to its surface (S m i t h & Z a g h b i b - T u r k i, 1985).

Pores in petaloid areas are elongated in the form of small cracks and have a respiratory function (Pl. II, Fig. 5). Size, shape, number, and distribution of pores in petals are good indicators of water temperature. It was first noted by Z o e k e (1951, in S m i t h, 1984). He writes that all Cretaceous species of *Hemiaster* can be divided into two groups: Circum-Mediterranean and North-European. The former have long petals with many ambulacral pores, and the latter have short petals (the last pair in particular) and relatively few ambulacral pores. As metabolism of an echinoid increases with the rise in temperature, Hemiasters in warm water need more oxygen than those in cool water. That is why *Hemiaster* species which existed near the Cretaceous paleo-equator have long petaloid areas with many tube feet, and those in temperate regions have short petaloid areas with relatively few feet. Each of the four studied *Hemiaster* species is characterized by long petals.

Apex

Each of the four studied species has the apex of ethmolithic type (Pl. I, Fig. 5; Pl. II, Figs. 4, 5). It has four quite large genital pores. Madreporite plate is large and spreading backward. As it provides access of water into the ambulacral system, its spreading allows a more efficient pressure equilibration (K i e r, 1974).

Anal opening

It is elongated oval in shape, situated at the top of vertically truncated posterior test margin (Pl. I, Fig. 4; Pl. II, Figs. 3, 6, 10).

Mouth

Oval or crescent-shaped, much removed to the anterior test margin (Pl. I, Figs. 2, 6). Depressed front ambulacrum passes to oral surface as far as the mouth. The distance of peristome from the anterior test margin may be an indicator of burrowing.

Burrowing forms have the peristomes close at the anterior margins. The functional significance of this position is in the partial food conveyance through the groove of odd ambulacrum, which passes from aboral to oral surface, and the shorter groove, the faster and more efficient the food transport.

Phyllode

Pores in phyllodes are small and in pairs. There are four or five pore pairs in a phyllode which bore podia for foot collecting. Labrum is well developed.

Plastron

Well developed, of amphisternal type (Pl. I, Figs. 6, 7).

Tuberculation

Tuberculation varies from one part of the skeleton to another. Tubercles are small, dense, uniform on aboral surface. This indicates that spines on this surface formed some kind of a uniform and dense arcuate "screen" which prevented grains from falling on the aboral surface and congesting the respiratory podia. The screen no doubt was an adaptation to the burrowing mode of life in fine sediment.

Tubercles are larger on oral surface and probably made easier burrowing into substratum (Pl. I, Figs. 2, 6, 7).

Fasciole

Hemiasters are characterized by peripetal fascioles, although the studied specimens had it seldom or inadequately preserved.

MODE OF LIFE

The above morphologic features of Hemiasters and their functions lead to the following conclusions:

1. Hemiasters belong to infauna. They usually burrowed in very fine-grained sediment. All the studied specimens derived from fine-grained sandstones and calcareous sandstones.

2. The species studied in this paper indicate the existence in warm water which required an intensive respiratory exchange. In other words, the species belong to Circum-Mediterranean group (after Zoëke, 1951, in Smith, 1984).

3. Neraudeau & Moreau (1989) studied ecology of Cenomanian echinoid population of France and stated, for *Hemiaster* species with low, flat profile, long posterior petals and well marked front sinus, that they were always found in terrigenous deposits formed in small or moderate depths. Specimens from Southern India were found in fine-grained sandstones. The same authors also stated the opinion of David & Sibuet (1985) and Gage (1987) that Hemiasters with protruded aboral surface and short posterior ambulacra were related to the Recent species *H. expurgatus*, which exists in calm, cold waters at great depth.

The specimens from the studied localities have low, flat profiles, relatively long posterior ambulacra and marked anterior sinus.

Mortensen (1950) notes, for five Recent *Hemiaster* species, to exist in deep water (commonly at the depth of 140–400 m), but does not rule out their possible

existence at smaller depths.

Hemiasters are quite common in Upper Cretaceous rocks of Serbia (24 species in a very large number of representatives have been identified). The most abundant, however, are in Upper Cretaceous sediments of Mokra Gora, found in marls and marly limestones under reef rudist limestones. In proximity of a reef, the sediments wherefrom the fauna derived could by no means have been formed at great depths.

All these lead to a quite certain conclusion that the studied species inhabited shallow water, possibly the sublittoral area.

4. Echinoides of high profile and thin tests characteristically indicate calm water, whilst low forms with strong tests indicate moderate or high water energy. All species of the studied locality belong to the latter group.

CHARACTERISTICS OF PALEOBIOTOPE

The morphofunctional analysis of the species: *Hemiaster indicus* Stolitzka, *H. cristatus* Stolitzka, *H. tuberosus* Stolitzka, and *H.ourneli* Desor, on one hand, and the meagre information in the ecology of Recent Hemiasters, on the other, allowed the reconstruction of the conditions and the mode of life for this genus in the Campanian sea of Southern India, and consequently the reconstruction of the biotope from which the fauna originated.

The biotope character can shortly be defined as follows:

1. Bottom was soft, covered with fine, small-grained sand.
2. Water temperature was high (tropical/subtropical character).
3. Depth was small or moderate, quite probably of sublittoral area.
4. Water energy was medium or high.

Translated by D. Mijović-Pilić

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- Kermack K. A. 1954: A biometrical study of *Micraster coranguinum* and *M. (Isomicraster) senonensis*.—Philos. Trans. Royal Soc. London, set B No 649, Vol. 237, 375–428, London.
- Kier P., 1974: Evolutionary trends and their functional significance in the Post-paleozoic Echinoids.—Jour. Paleont. 48 supp. to No 3, The Paleont. Soc. Mem., 5, 1–95, Washington.
- Maczynska S., 1968: Echinoid of the genus *Micraster* L. Agassiz from the upper Cretaceous of the Cracow-Miechow area.—Prace Mus. Ziemi, No 12, Prace Paleozoologiczne, 87–168, Warszawa.
- Mitrović-Petrović J., 1972: Značaj chinidskog roda *Hemiaster* za gornjokredene sedimente Srbije.—Glasnik priir. muz. Ser. A, 27, 129–148, Beograd.
- Mortensen T., 1950: A monograph of the Echinoidea.—Tom VI, Spatangoida I, 1–432, Copenhagen.
- Neraudeau D. et Moreau P., 1989: Paléocologie et paléobiogéographie des faunes d'Echinides du Cenomanian Nord-Aquitain (Charente-Meritime), France.—Geobios, No 22, fasc. 3, 293–324, Lyon.
- Nichols D., 1959a: Changes in the Chalk Heart-Urchin *Micraster* interpreted in relation to living forms.—Philos. Trans. Royal Soc. London., Ser. B. No 693, Vol. 242, 347–437, London.
- Nichols D., 1959b: Mode of life and Taxonomy in irregular sea-urchins.—Spec. Publ. Syst., 3, 105–108, London.
- Smith A., 1984: Echinoid Palaeobiology.—1–193, London.

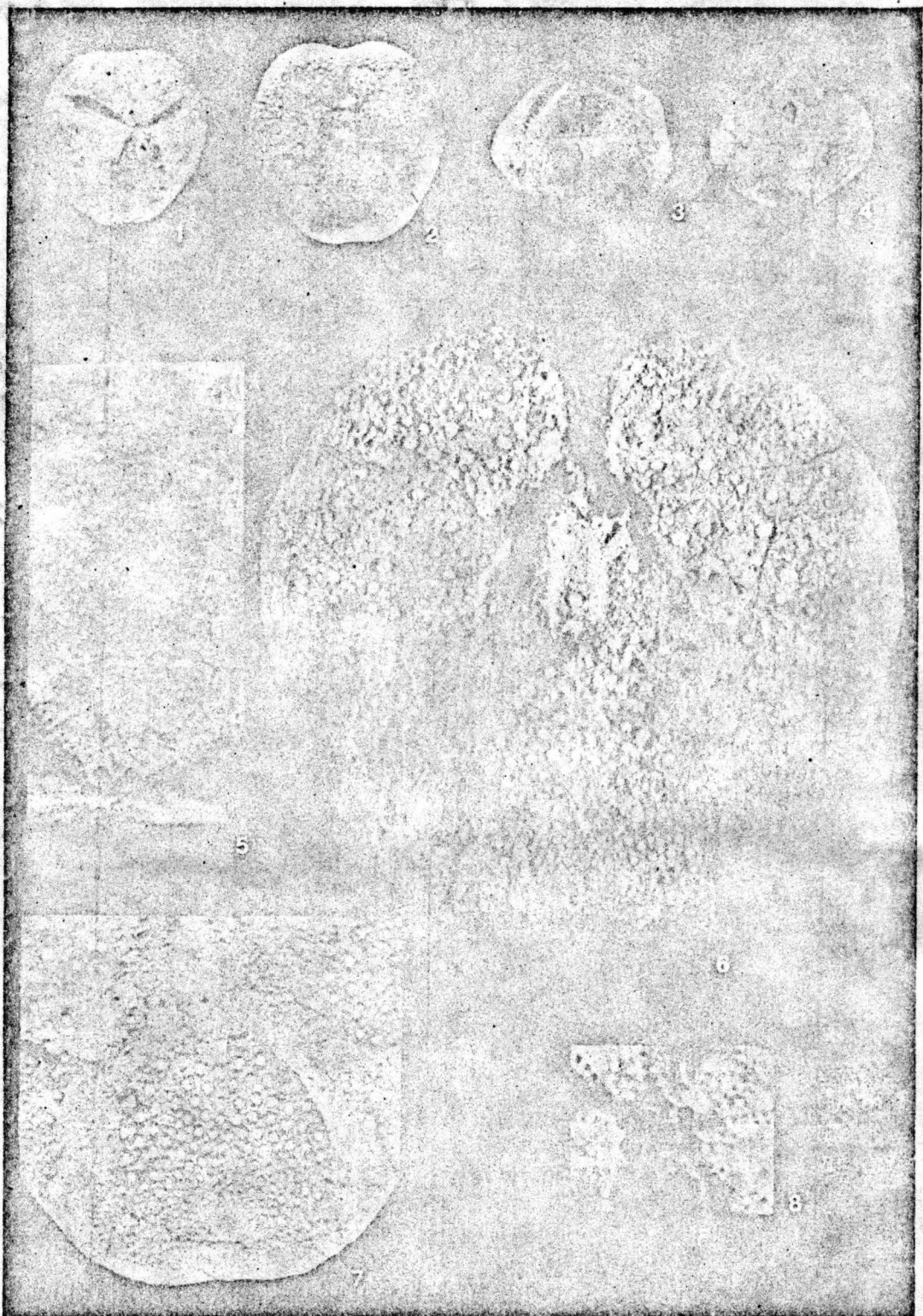
- Smith A. & Zaghbib – Turki D., 1985: Les Archiaciidae (Cassiduloidea, Echinoidea) du crétacé supérieur de Tunisie et leur mode de vie.– Ann. Paléont. (Vert.– Invert.) 71, 1–35. Paris, New York, Barcelone, Milan.
- Stolitzka F., 1872–73: Cretaceous fauna of Southern India.– Vol. IV. Geol. surv. of India. Palaeontologica Indica IV, 71–129, Calcutta.

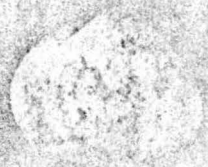
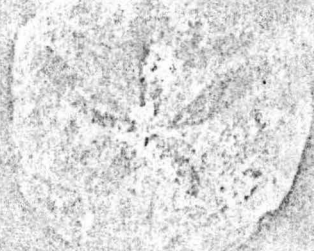
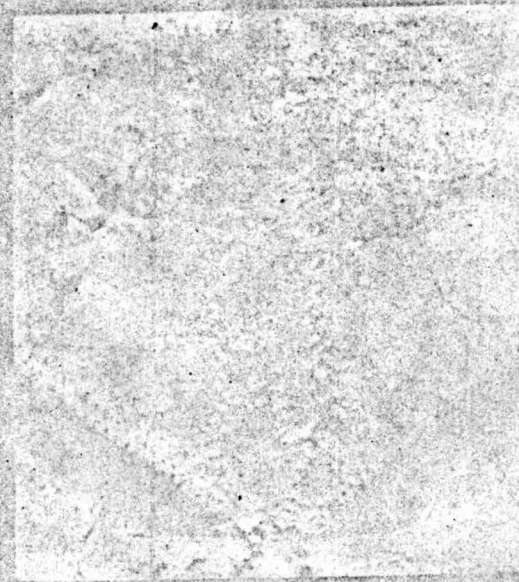
ТАБЛА I PLATE

- Сл. (Fig.) 1. *Hemiaster indicus* Stolitzka
Аборална страна (Aboral side), x 1.
- Сл. (Fig.) 2. *Hemiaster indicus* Stolitzka
Орална страна (Oral side), x 1.
- Сл. (Fig.) 3. *Hemiaster indicus* Stolitzka
Уздужни профил (Lateral view), x 1.
- Сл. (Fig.) 4. *Hemiaster indicus* Stolitzka
Попречни профил (Posterior view), x 1.
- Сл. (Fig.) 5. *Hemiaster indicus* Stolitzka
Чеони амбулакр (Frontal ambulacrum), x 5.
- Сл. (Fig.) 6. *Hemiaster indicus* Stolitzka
Орална страна (Oral side), x 5.
- Сл. (Fig.) 7. *Hemiaster indicus* Stolitzka
Пластрон (Plastron), x 5.
- Сл. (Fig.) 8. *Hemiaster indicus* Stolitzka
Апекс (Apical system), x 7.

ТАБЛА II PLATE

- Сл. (Fig.) 1. *Hemiaster cristatus* Stolitzka
Аборална страна (Aboral side), x 1.
- Сл. (Fig.) 2. *Hemiaster cristatus* Stolitzka
Уздужни профил (Lateral view), x 1.
- Сл. (Fig.) 3. *Hemiaster cristatus* Stolitzka
Попречни профил (Posterior view), x 1.
- Сл. (Fig.) 4. *Hemiaster cristatus* Stolitzka
Чеони амбулакр (Frontal ambulacrum), x 5.
- Сл. (Fig.) 5. *Hemiaster cristatus* Stolitzka
Апекс (Apical system), x 7.
- Сл. (Fig.) 6. *Hemiaster tuberosus* Stolitzka
Попречни профил (Posterior view), x 1.
- Сл. (Fig.) 7. *Hemiaster tuberosus* Stolitzka
Аборална страна (Aboral side), x 1..
- Сл. (Fig.) 8. *Hemiaster fourmeli* Desor
Аборална страна (Aboral side), x 1
- Сл. (Fig.) 9. *Hemiaster fourmeli* Desor
Уздужни профил (Lateral view), x 1.
- Сл. (Fig.) 10. *Hemiaster fourmeli* Desor
Попречни профил (Posterior view), x 1.





1

2

3

4

5

6

9

10