

УДК (593.95+563.95):591.5

## СРЕДООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ МОРСКИХ ЕЖЕЙ

© 2013 г. А. Н. Соловьев, А. В. Марков

Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН

e-mail: ansolovjev@mail.ru, markov\_a@inbox.ru

Поступила в редакцию 05.11.2012 г.

Принята к печати 06.12.2012 г.

Рассматривается значение морских ежей в формировании среды обитания морской и наземной биоты. Показана роль этих животных в биоэрозии, биотурбации осадков, их взаимоотношение с симбионтами, паразитами и хищниками, а также пороодообразующее значение скелетов морских ежей.

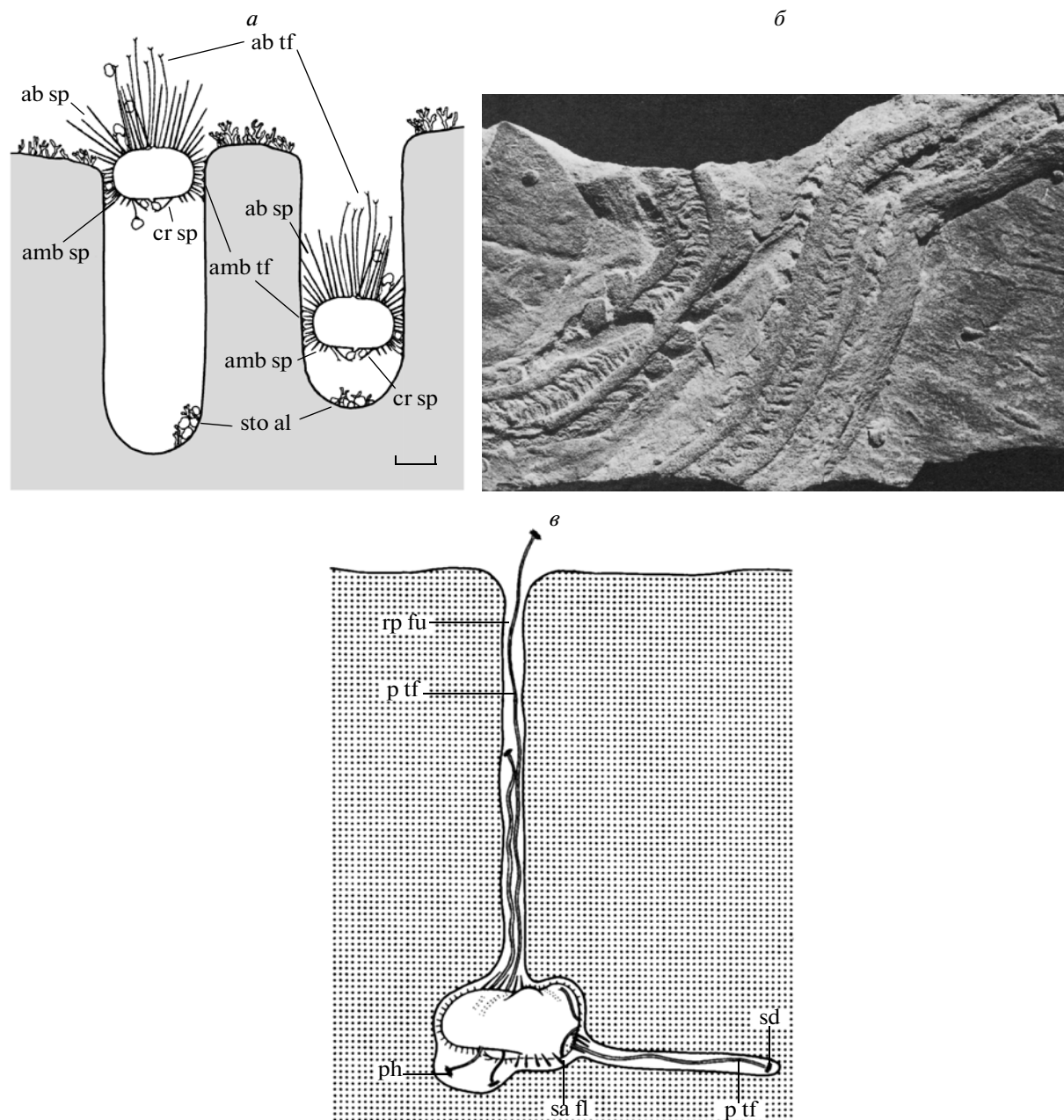
DOI: 10.7868/S0031031X13050103

Большая группа организмов в процессе эволюции стремится достичь максимально возможного таксономического и экологического разнообразия (освоение определенной адаптивной зоны). Адаптивной зоной таксона считается объем той области пространства ресурсов, в которой потенциально возможно существование представителей данного таксона. Современные морские ежи обитают в водах с нормальной соленостью от литорали до верхних горизонтов ультраабиссали (до глубины свыше 7000 м).

Морские ежи появились в ордовике. В течение палеозоя их разнообразие было низким, а их роль в бентосных сообществах была незначительна. Единственным исключением, по-видимому, был карбон. В перми и раннем-среднем триасе морские ежи были исключительно редки. Начало собственно мезозойских групп относится к позднему триасу (правильные ежи), особенно быстрой их диверсификация была в юре. Первые неправильные морские ежи появились в средней юре. После этого класс стал процветать, проникая в новые адаптивные зоны и играя возрастающую роль в формировании бентосной, и не только, среды.

**Правильные морские ежи** питаются прикрепленными организмами, главным образом, макрофитами, перерабатывая пищу в фекальные пеллеты определенного размера и формы, которые формируют структурированный осадок. Он образует благоприятный субстрат для некоторых групп животных, как эпифаунных, так и инфаунных (копрофагов). Быстрый рост популяций некоторых морских ежей (например, *Strongylocentrotus droebachiensis* в Баренцевом море) может приводить к катастрофическому истреблению водорослей, так что огромные площади морского дна могут превращаться в “пустыню”.

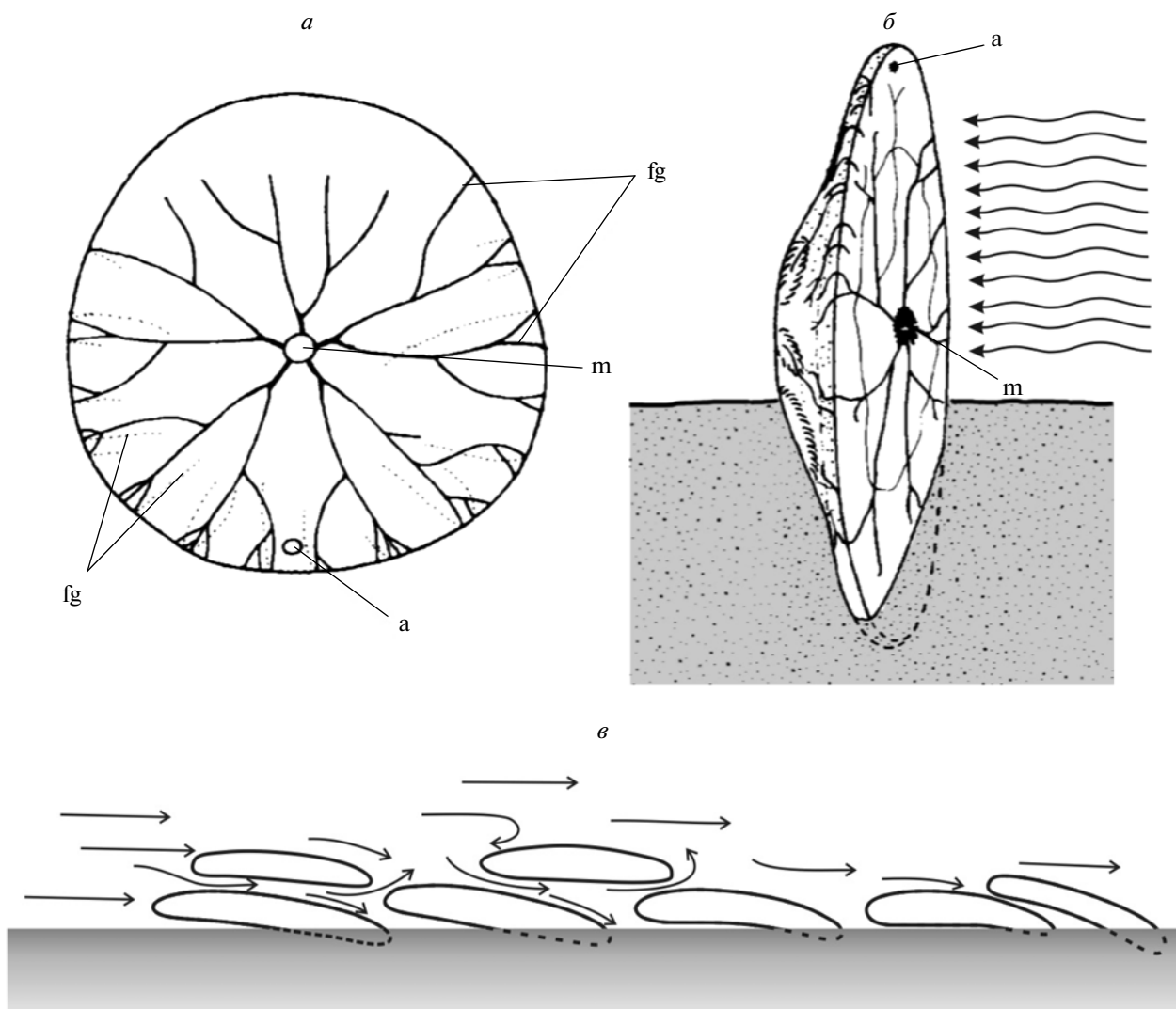
Среди правильных морских ежей, особенно отряда Echinoidea, есть много сверлящих твердое дно видов, которые изменяют микрорельеф “хардграундов”. Следы сверлящих морских ежей являются обычными “Trace fossils” в породах древних пляжей, начиная со средней юры (Palmer, 1982). Один из наиболее известных современных сверлильщиков — *Paracentrotus lividus*, распространенный от Британии до Африки, в том числе и в Средиземном море. Он образует большие скопления на наклонных скалистых поверхностях и в зарослях морской травы от литорали до глубины 30 м. Благодаря жизни в высверленных норах, он способен выдерживать сильные прибой. *Strongylocentrotus purpuratus* проделывает большое количество нор в стальных сваях портовых сооружений Тихоокеанского побережья Калифорнии. Показано, что сверления производятся с помощью длинных игл и зубов. Семейство Echinometridae появилось в палеоцене. Эхинометриды живут в тропиках и представляют важный компонент сообществ коралловых рифов. Фактически все виды эхинометрид способны сверлить известковые субстраты. *Echinostrephus aciculatus* (рис. 1, а) сверлит вертикальные норы глубиной до 5–7 см и до 2–3 см в диаметре вдоль побережий Папуа Новой Гвинеи и других тихоокеанских островов (Соловьев, 1980; личные наблюдения). Каждая особь всю жизнь проводит в высверленной норе. Количество экземпляров достигает 80 на 1 м<sup>2</sup>. *Echinometra mathaei* обитает в углублениях и извилистых ходах, редко встречается на поверхности дна. По-видимому, каждая нора представляет интегральный результат сверлений многих особей в течение ряда поколений. Плотность популяции этого вида может достигать 60 экз. на 1 м<sup>2</sup>. *Heterocentrotus mammillatus* — крупный морской еж, который живет в нишах на вертикальных или наклонных стенках кораллово-



**Рис. 1.** Сверлящие и закапывающиеся морские ежи: *а* – два экземпляра морских ежей эхинометрид *Echinostrephus aciculatus* Agassiz в сверлениях в коралловом известняке (из Campbell et al., 1973, изменено); *б* – следы жизнедеятельности Subphyllochorda, вероятно, принадлежащие инфаунному спатангоидному морскому ежу (из Smith, Crimes, 1983); *в* – современный закапывающийся морской еж *Echinocardium cordatum* (Pennat) (Spatangoida) (из Nichols, 1959). Обозначения: ab sp – аборальные иглы, ab tf – аборальные амбулакральные ножки, amb sp – амбитальные иглы, amb tf – амбитальные амбулакральные ножки, cr sp – изогнутые иглы, sto al – столоны водорослей, p tf – аборальные и субапикальные кисточковидные амбулакральные ножки, ph – филлодиальные амбулакральные ножки, sa fl – субанальная фасциола, sd – санитарный канал, rp fu – респираторный канал. Масштабная линейка – 1 см.

го известняка в волно-прибойной зоне; иногда встречается среди обломков мертвых кораллов. Эти примеры показывают важную геологическую роль эхинометрид: они функционируют как мощные деструкторы рифов и прибрежных скал.

**Неправильные морские ежи** обитают в рыхлых осадках; большинство из них ведут закапывающийся образ жизни и являются детритофагами (отряды Holasteroidea и Spatangoida, известные со средней юры до ныне). Перерабатывая большое

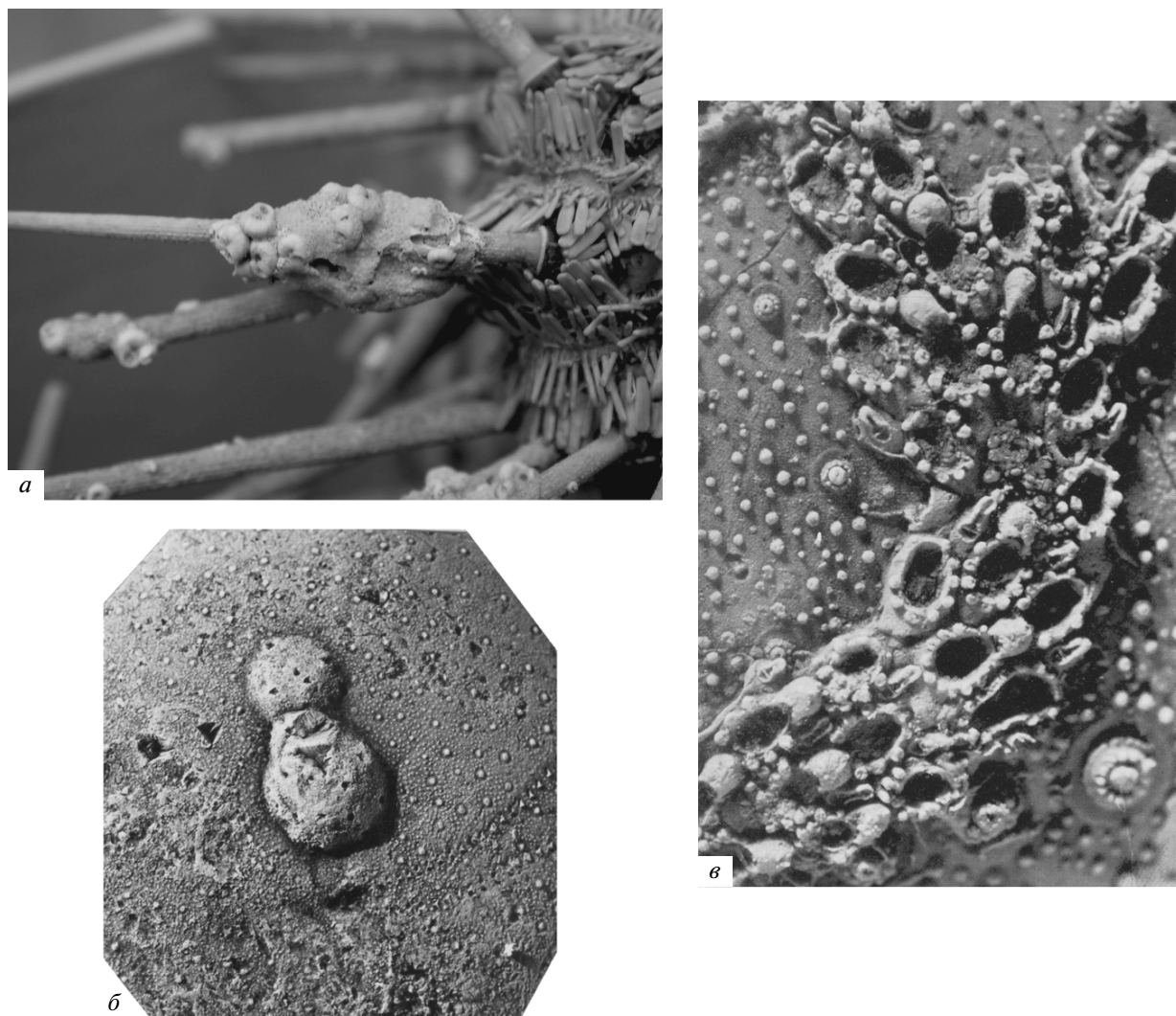


**Рис. 2.** Морские ежи отряда Clypeasteroidea: *a, б* – песчаный доллар *Dendraster excentricus* (Eschscholtz): *a* – схема, показывающая пищевые желобки на оральной (толстые линии) и аборальной (пунктирные линии) сторонах панциря; *б* – прижизненное положение животного, заякорившегося передней частью панциря в песок (по Timko, 1976, изменено); *в* – направление водных течений вокруг панцирей *Echinarachnius parma* (Lamarck), несущих пищевые частицы; Охотское море (по Соколова, Кузнецов, 1960, изменено). Обозначения: *a* – анус, *fg* – пищевые желобки, *m* – рот; стрелки показывают направление донного течения.

количество осадка (биотурбация) (рис. 1, *б*), они меняют текстуру его верхних слоев (напр., современный вид *Echinocardium cordatum* (рис. 1, *в*) может закапываться на глубину до 18 см) и, таким образом, меняют среду обитания различных бентосных животных, включая интерстициальную фауну.

Отряд Clypeasteroidea (“песчаные доллары”) (рис. 2) появился в палеоцене и начал бурно развиваться, начиная с эоцена. Эта группа освоила, главным образом, мелководные биотопы с грубыми песчаными, часто олиготрофными грунтами. Их способы питания весьма необычны. Они являются либо так называемыми просеивателями песка, которые сортируют частицы по размеру с

помощью тонкого покрова мелких игл и используют свои амбулакральные ножки и ресничный эпителий для транспорта пищевых частиц ко рту по пищевым желобкам оральной поверхности панциря; либо являются типичными сестонофагами, которые заякориваются передней частью панциря вертикально в осадок и ориентируют оральную поверхность против течения, которое приносит им органический детрит (*Dendraster*) (рис. 2, *б*). Плотность популяций клипеастероидов может быть очень высокой (например, десятки особей *Echinarachnius parma* на 1 м<sup>2</sup> встречаются в Охотском море, с общей биомассой 2–3 кг (рис. 2, *в*) (Соколова, Кузнецов, 1960).



**Рис. 3.** Обрастания и паразиты морских ежей: *a* – часть панциря морского ежа *Austrocidaris*, на игле – обрастание губок и *Spirorbis*; современный, Антарктика (<http://www.echinoblog.blogspot.com>); *б* – зооцидии паразита *Canceripustula posens Solovjev* (?*Сорерода*) на панцире морского ежа *Collyrites acuta*; средняя юра, келловей, Сев. Кавказ (из Соловьев, 1961); *в* – колония мшанок *Membranipora margaritifera* Voigt на панцире *Echinocorys*; верхний кампан, Малый Балхан, Туркменистан (из Voigt, 1967).

Морские ежи имеют множество симбионтов, таких как мшанки, двустворки, полихеты и усногие раки. Симбионты часто прикрепляются к иглам цидарид (рис. 3, *a*). Целомическая полость многих морских ежей дает убежище многочисленным инфузориям. На морских ежах паразитируют гастроподы, копеподы (рис. 3, *б*) и ряд других групп морских беспозвоночных, как современных, так и прошлых геологических эпох.

Панцири мертвых морских ежей используются как субстрат для поселения разных сессильных и сверлящих морских организмов: мшанок, губок, усногих, водорослей и др. Особенно показательна в этом отношении позднемеловая эпоха, когда тонкие карбонатные осадки были широко рас-

пространены в обширных эпиконтинентальных бассейнах. В течение позднего мела панцири крупных морских ежей (напр., *Echinocorys*) были удобным, а иногда единственно возможным субстратом для поселения таких организмов (рис. 3, *в*).

Необходимо сказать и о породообразующей роли скелетов морских ежей. Так, в известняках карбона Московского бассейна иглы и пластинки панцирей *Archaeocidaris* являются существенным компонентом карбонатных пород. В среднем келловее некоторых районов Северного Кавказа панцири *Collyrites* и *Nucleolites*, переполняя породу, образуют своеобразный “конгломерат”. В датском ярусе Крыма и Мангышлака известняки

нередко переполнены иглами и панцирями разных видов морских ежей.

Морские ежи также оказывают влияние на пелагические сообщества. Их планктонные личинки эхиноплутеусы, вместе с личинками других бентосных животных, обеспечивают трофическую базу для многочисленных пелагических планктотрофных морских животных. Взрослые морские ежи поедаются морскими звездами, гастроподами, рыбами, птицами и каланами (морскими выдрами). Наиболее предпочтительными для хищников являются гонады морских ежей. Они содержат сбалансированный состав незаменимых аминокислот, витамины D и E, большое количество витаминов B и A. Для жителей ряда стран Средиземноморья и Дальнего Востока гонады морских ежей являются излюбленным деликатесом.

Хотя высокое таксономическое разнообразие никогда не было характерно для класса Echinoidea в течение его истории, его значение для формирования как абиотических, так и биотических условий среды было иногда значительным.

Авторы благодарны Г.В. Миранцеву (ПИН) за ценные советы и техническую помощь при подготовке статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Соколова М.Н., Кузнецов А.П.* О характере питания и роли, которую играет трофический фактор в распространении морского ежа *Echinarachius ragma* // Зоол. журн. 1960. Т. 39. С. 1253–1256.
- Соловьев А.Н.* Паразит *Canceripustula nocens* у позднерюрского морского ежа // Палеонтол. журн. 1961. № 4. С. 115–119.
- Соловьев А.Н.* О морских ежах коралловых рифов // Палеонтология. Материалы научных заседаний секции палеонтологии МОИП за 1977–78 гг. М.: Наука, 1980. С. 93–94.
- Campbell A.C., Dart J.K.G., Head S.M., Ormond R.* The feeding activity of *Echinostrephus molaris* (de Blainville) in the Central Red Sea // Mar. Behavior Physiol. 1973. V. 2. P. 155–169.
- Nichols D.* Mode of life and taxonomy in irregular sea-urchins // Publ. Syst. Assoc. London. 1959. V. 3. P. 61–80.
- Palmer T.J.* Cambrian to Cretaceous changes in hard-ground communities // Lethaia. 1982. V. 15. P. 309–324.
- Smith A.B., Crimes T.P.* Trace fossils formed by heart-urchins (Echinoidea): a study of *Scolicia* and related traces // Lethaia. 1983. V. 16. P. 79–92.
- Timko P.L.* Sand dollars as suspension feeders: a new description of feeding in *Dendraster excentricus* // Biol. Bull. 1976. V. 501. P. 247–259.
- Voigt E.* Oberkreide – Bryozoen aus den asiatischen Gebieten der UdSSR // Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg. 1967. H. 36. S. 5–95.

## The Role of Echinoids in Shaping Environments

A. N. Solovjev, A. V. Markov

The role of echinoids in shaping the environment of marine and terrestrial biota is considered. The participation of echinoids in bioerosion, bioturbation of sediments, and their relationships with symbionts, parasites and predators, as well as the role of echinoid skeletons in rock formation, are discussed.

*Keywords:* echinoids, environments, bioerosion, bioturbation, interaction with symbionts, parasites and predators