

**ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ БЕНТОСА
ЧЕРНОГО МОРЯ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ВОДОЕМОВ**

Многолетние исследования диатомовых водорослей бентоса Черного моря, а также ревизия их систематического состава на основе электронно-микроскопических данных позволили установить 341 вид из 85 родов, 33 семейств, 9 порядков. В качестве новых для науки найдено и описано 16 видов и одна разновидность. На основе многочисленных данных по ультраструктуре панциря 198 видов и разновидностей черноморских диатомовых водорослей, их биологии и экологии и с учетом критического анализа литературы описаны пять новых для науки подродов, два семейства и два подпорядка. На основе электронно-микроскопических данных сформулирована гипотеза происхождения шва у диатомовых водорослей. Последний возник в результате слияния щелей нескольких двугубых выростов, расположенных вдоль продольной оси створки, а также путем частичного удлинения щелей двугубых выростов, которые локализованы у ее полюсов. Впервые выделено 14 зонально-географических элементов, 6 генетических комплексов и 4 возрастные группы. В контактной зоне берег-вода описана новая для науки экологическая группировка – мезофитопсаммон, в свою очередь включающий эпифитопсаммон и инфрафитопсаммон.

Известно, что диатомеи чутко реагируют на смены условий окружающей среды и могут служить надежными тест-объектами при проведении экологического мониторинга. Морфологические аномалии их створок в последнее время используются и как тест на степень загрязнения природной среды. Проведение такого мониторинга и поиск для этого новых эффективных тест-систем является актуальным заданием в системе исследований Черного моря и его лиманов. Это связано с тем, что сельскохозяйственные, промышленные, бытовые стоки, судоходство, гидротехническое строительство, рекреация непосредственно влияют на береговые участки моря, вызывая иногда радикальные перестройки в структурно-функциональной организации гидробионтов и, в частности, диатомовых водорослей, изменяют скорость и направленность экологических процессов, уменьшают биоразнообразие [30, 31]. Следует заметить и то, что современный уровень знаний о составе и распространении различных гидробионтов и, в первую очередь, диатомовых водорослей в Мировом океане вообще и в Черном море в частности далек от удовлетворительного. Поэтому дальнейшие исследования в этом направлении чрезвычайно важны для Украины, которая является морской державой.

Для успешного решения этих актуальных проблем очень важным является использование новых современных методов исследований диатомовых водорослей – таких как трансмиссионная (ТЭМ) и особенно сканирующая (СЭМ) электронная микроскопия [3 – 11].

Материал и методы. Материал собирали в прибрежных районах Черного моря на различных субстратах и с разных горизонтов (0 – 30 м) дночерпателями, геологическими трубками, драгами, скребками и при помощи аквалангистов. К тому же, были обработаны пробы по обрастаниям кожи китов из районов Антарктиды и, в качестве сравнения, кожа черноморских дельфинов. Количественные пробы микрофитобентоса собраны в открытых акваториях Черного моря с научно-исследовательских судов «В. Паршин» (29.09 – 30.09.1992 г.), «Э. Кренкель» (03.07 – 29.1992 г.), «В. Бугаев» (25.01 – 19.02.1993 г.). Просмотрены также коллекции А. И. Прошкиной-Лавренко [19 – 28] (в основном юго-восточная часть Черного моря), хранящиеся в БИН РАН (Санкт-Петербург), а также материалы по румынскому побережью П. Бодяну.

В период с 1988 по 1992 гг. на песчаных пляжах г. Одессы, в Джарылгачском заливе и в низовьях Тилигульского лимана в эви-, гигро- и гидропсаммоне отобрано около 100 проб псаммоконтурных водорослей, в основном диатомовых, контактной зоны «берег-вода».

Работа по изучению морфологии панциря и уточнению видовой принадлежности мелких форм проводилась на просвечивающих электронных микроскопах, отечест-

венном ЭМ-5 и японских JSM 100, Hitachi 300 и на японских сканирующих электронных микроскопах JSM-25S и JSM 35S.

Результаты и обсуждение. На основе многочисленных данных по ультраструктуре панциря 198 видов и разновидностей черноморских диатомовых водорослей, их биологии и экологии и с учетом критического анализа литературных данных нами описаны пять новых для науки подродов: в роде *Amphora* – подроды *Amphora*, *Stauroganglion*, *Platiganglion*, в роде *Cymbella* – подроды *Gregoriana* и *Krammeria*. Выделены две группы бесшовных диатомовых водорослей, которые рассматриваются в рамках новых для науки подпорядков – Labiatoideae и Alabiatoideae. Установлен также различный характер расположения двугубых выростов на створке у бесшовных диатомей, имеющих их. Известное разнообразие в расположении двугубых выростов на створке указанной группы водорослей сведено нами к двум типам: полярная или приполярная локализация и осевая локализация (расположение вдоль продольной оси створки).

Открытие автором осевой локализации двугубых выростов у *Licmophora flabellata* позволило сформулировать собственную гипотезу происхождения шва у диатомовых водорослей. По нашему мнению, он возник в результате слияния щелей нескольких двугубых выростов, расположенных вдоль продольной оси створки, а также путем частичного удлинения щелей двугубых выростов, которые локализованы у ее полюсов.

На основе обобщения собственных и литературных данных установлены три типа и пять подтипов расположения ареол в «штрихах» на створках диатомовых водорослей из класса Pennatophyceae. В основе возникновения типов расположения ареол в «штрихах» лежит их полифилетическое происхождение (рис. 1).

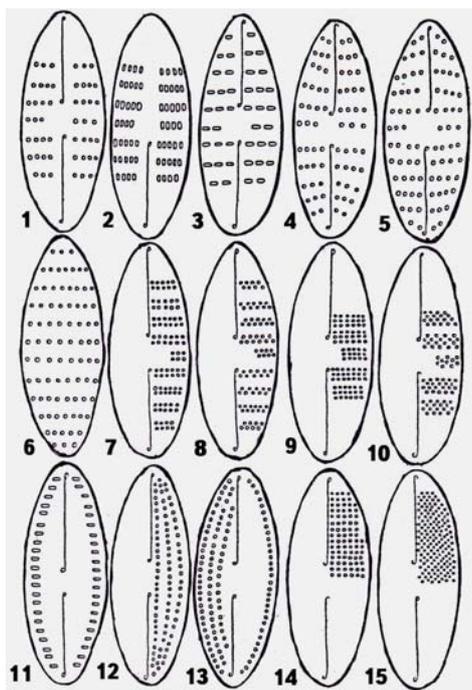


Рисунок 1. Схема расположения ареол в штрихах на створках пеннатных диатомовых водорослей:

1 - 10 - поперечный тип (1, 4 - 10 - ареолы округлые; 2 - вытянутые вдоль створки (линеолированные); 3 - вытянутые поперек створки (штриховые); 1 - 3 - ряды ареол параллельные; 4 - радиальные; 5 - конвергентные; 6 - расположение рядов ареол поперек всей створки; 7, 8 - двурядный подтип расположения (прямой и косой варианты); 9, 10 - многорядный подтип); 11 - 13 - продольный тип (11 - ареолы, вытянутые в поперечном направлении, образуют один продольный ряд; 12, 13 - округлые, много продольных рядов); 14, 15 - взаимопересекающийся тип (14 - подтип прямопересекающийся, 15 - косопересекающийся).

Figure 1. Disposition of areole in striae on the valves of Pennatae Bacillariophyta: 1 - 10 - transverse type (1, 4 - 10 - areole are round; 2 - elongated along valve (linear)); 3 - elongated across valve (striated); 1 - 3 - the row of the areole are parallel; 4 - radial; 5 - convergent; 6 - the disposition of the rows of areole across all valve; 7, 8 - doublerow subtype of disposition (direct and skew variants); 9, 10 - multirow subtype; 11 - 13 - longitudinal type (11 - areole which are elongated in transversal direction form one longitudinal row; 12, 13 - round, many longitudinal rows); 14, 15 - intersecting type (14 - direct-crossing subtype, 15 - skew-crossing subtype).

Установлено, что отмечавшиеся ранее в качестве характерных особенностей видов рода *Amphora* способы соединения ободков со створками, т.е. когда гипо- и эпивальва находят на вальвокопулу и, наоборот, когда они входят под нее, не имеют таксономи-

ческой значимости по следующим причинам. Наши исследования показали, что, во-первых, вальвокопула и плевра легко смешаются относительно друг друга и брюшного или спинного краев створки при обработке панциря в кислотах (рис. 2). Во-вторых, и это главное, у видов рода *Amphora* мы зафиксировали необычное деление панциря, при котором материнские створки не расходятся. Итогом такого деления является возникновение дочерних панцирей нескольких поколений (чаще двух – трех), оказывающихся заключенными друг в друга, как отдельные элементы русской игрушки «матрешки». В сравнении с исходными (материнскими), дочерние панцири меньше по размерам. В процессе такого деления или после его завершения, материнские створки (обе или по одной) вместе с ободками могут отваливаться. При этом обнажаются дочерние панцири или их части и возникают разновозрастные комбинации частей панциря (створок и соединительных ободков), проявляющиеся в виде разных способов соединения ободков друг с другом и со створками.

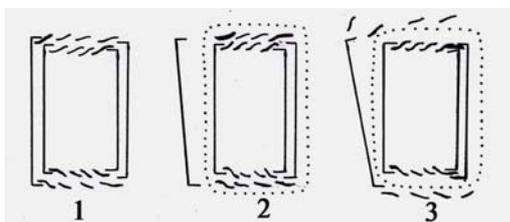


Рисунок 2. Варианты соединения створок с ободками и ободков друг с другом, в которых эпи- и гиповальва входят под первые ободки цингулюма или находят на них (схема составлена по собственным данным морфологии панциря *Amphora proteus*). 1 – начало деления панциря по принципу «матрешки»; 2, 3 – отпадающие материнские створки и ободки (точечной линией отделено то, что остается в составе панциря).

составе панциря).

Figure 2. Variants of connections of valves with ferrules and connections of ferrules with each other, in which epi- and hypovalve are under the first ferrules of cingulum or above them (the diagram is prepared according to own data of morphology of frustule *Amphora proteus*). 1 – the beginning of division according to a principle of “Russian matreshka”; 2, 3 – parent valves and ferrules, which are falling down (the dotted line separate what is left in compound of the frustule).

Многолетние исследования систематического состава диатомовых водорослей бентоса Черного моря, а также его ревизия с учетом электронно-микроскопических данных позволили установить 359 видов из 85 родов, 34 семейств, 9 порядков. Впервые для Черного моря указано 102 вида.

Хорологический анализ диатомового комплекса бентоса Черного моря проводился на основе методологических и методических подходов к этой проблеме Д. Н. Зиновой [12 – 14], К. В. Беклемишева, Г. И. Семиной [1], Г. И. Семиной [29], И. В. Макаровой [16], Л. П. Перестенко [17, 18], А. А. Калугиной-Гутник [15], К. Л. Виноградовой [2]. С учетом указанных выше подходов, анализ показал, что его комплекс составляют 14 зонально-географических элементов (табл. 1).

В генезисе флоры выявлено шесть комплексов: Североатлантический, тропический (Индостро-Пацифический), субтропический (в основном Средиземноморско-Центральноатлантический), автохтонный (Средиземноморско-Черноморский), континентальный (Европейско-Азиатский), арктический (Северных морей). Наиболее представительными являются Североатлантический, субтропический и тропический комплексы.

В возрастном же аспекте современная флора диатомовых бентоса Черного моря включает позднемиоценовый, палеогеновый, неогеновый и плейстоценовый комплексы. Основу составляют неогеновый (138 видов) и плейстоценовый (122 вида) комплексы.

Говоря об экологии диатомовых водорослей бентоса Черного моря, следует заметить, что ядро флоры этих водорослей составляют морские эвригалитные виды. Преобладают полигалиты, значительный процент которых локализован у берегов Крыма, Северного Кавказа и Закавказья. Второй в процентном отношении является группа мезогалитных диатомовых. В северо-западной части моря, особенно в опресненных приустьевых районах, нередко встречаются олигогалитные галофилы и индеференты. Ряд видов олигогалитных галофильных диатомовых водорослей приспособились к условиям Черного моря, а поэтому встречаются далеко за пределами северо-западного шельфа

Таблица 1. Соотношение зонально-географических элементов во флоре диатомовых водорослей бентоса Черного моря
Table 1. Correlation of zonal-geographical elements in benthic diatom algae flora of the Black Sea

Зонально-географические элементы	Число видов	% от общего числа видов
Арктическо-бореальный	17	4,6
Арктическо-бореально-тропический	15	4,5
Арктическо-бореально-нотальный	24	7,1
Высокобореальный	4	1,2
Низкобореальный	26	7,7
Широкобореальный	64	18,9
Бореально-тропическо-нотальный	59	17,4
Бореально-субтропический	6	1,7
Бореально-тропический	53	15,6
Низкобореально-тропический	25	7,3
Бореально-нотальный	7	2,1
Тропический	5	1,4
Низконотальный	1	0,3
Мультизональный	35	10,4

(например, у берегов Крыма и даже Кавказа). Тем не менее, бытовало мнение, что для галофилов соленость Черного моря очень высока, а поэтому они могут обитать только в приустьевых районах, из-за чего такие виды не должны включаться в состав диатомовой флоры Черного моря [26]. Но, как следует из наших данных, аутоэкология черноморских диатомовых не всегда совпадает с уже известными характеристиками, установленными исследователями для других водоемов. В Черном море, особенно в его северо-западной части и в заливах, многие морские виды развиваются при сильно пониженной солености (6 – 10 ‰), а индифферентные олигогалобы ведут себя как галофилы. В свою очередь, некоторые олигогалобные галофилы по своему развитию и распространению в Черном море близки к мезогалобам.

Ныне, как уже отмечалось выше, в Черном море, наряду с полигалобами, большое значение имеют и мезогалобные комплексы. Роль этих двух групп диатомовых определяется, с одной стороны, объемом и широким распространением входящих в них видов, с другой, их численностью и биомассой. Именно среди них встречаются интересные и редкие виды, часть которых являются эндемичными. Указанные две группы диатомовых в значительной мере определяют оригинальность диатомовой флоры бентоса Черного моря.

Как установлено нами, формирование численности и биомассы диатомовых водорослей в сообществах перифитонных организмов различных твердых субстратов имеет ярко выраженный колебательный характер. После каждого резкого подъема (особенно весной и осенью) количественных показателей происходит обрыв с субстратов клеток или фрагментов колоний, что приводит к значительному снижению численности и биомассы. Тем не менее, для каждого типа субстрата этот процесс в прибрежной зоне моря имеет свою специфику, в основном связанную с продолжительностью периода формирования первого подъема клеток диатомовых на данных субстратах.

Распределение численности и биомассы диатомовых водорослей в открытых районах северо-западного шельфа Черного моря имеет мозаичный характер. Максимум численности отмечен нами в Тендровском (мористее) и в Одесском (мористее) районах. «Поля» минимальной численности и биомассы локализируются напротив устья Дуная и Днепро-Бугского лимана – наиболее эвтрофированных акваторий моря.

Реакция диатомовых водорослей бентоса лиманов северо-западного Причерноморья на хроническое антропогенное влияние проявляется, прежде всего, в сокращении видового разнообразия, усилении доминирования одного - двух видов, часто развивающихся в массовом количестве. Изменяются соотношения систематических групп и численность отдельных видов.

В Тузловской группе лиманов экологический состав диатомовых водорослей изменяется в сторону увеличения солоноватоводных, а в лиманах Сухом и Тилигульском, наоборот, - морских видов. Кроме того, в Сухом лимане и в пограничных с ним акваториях Черного моря не редко обнаруживаются новые, ранее неизвестные для Черного моря виды. Среди таковых нами здесь найдены *Amphora cuneata* Cl., *A. subleviss* Hust, *Navicula subrostellata* Hust. Вероятно, из-за хозяйственной деятельности Ильичевского морского порта, эти виды были завезены судами из других районов Мирового океана: Средиземного моря, прибрежных морских акваторий западноевропейских стран, Калифорнийского побережья США, где некоторые из указанных видов встречаются довольно часто. В целом, в развитии диатомовых водорослей бентоса лиманов наблюдается 4 вспышки численности и биомассы – весенняя, летняя и осенняя, и лишь в Куяльницком (гипергалинном водоеме) чаще наблюдается одна летняя вспышка. Весенний и осенний подъемы в развитии диатомовых здесь не выражены. Последнее мы связываем со значительными колебаниями солености и температуры воды.

Установлено, что для песчаной береговой зоны моря и лиманов характерно сравнительно устойчивое существование своеобразных сообществ водорослей, основу которых составляют диатомовые. Предложено такие водоросли рассматривать в качестве новой экологической группировки, аналогичной фитопланктону, фитонейстону, фитобентосу, криофитону, галофитону, кальцефитону, фитоэдафону и аэрофитону. Следуя основным принципам классификации интерстициальной микрофауны, мы рекомендуем совокупность таких водорослей называть мезофитопсаммон, понимая под ним группу микроскопических водорослей, которые обитают на песчинках и в межпесчинковых пространствах, т. е. в интерстициальных водах. Такая экологическая группировка водорослей сходна с аэрофитомом и фитоэдафомом, но не тождественна им.

В мезофитопсаммоне, в свою очередь, выделены: микроскопическая группа водорослей, которая ведет прикрепленный к песчинкам образ жизни или свободно передвигается по их поверхности – эпифитопсаммон, и не прикрепленная группа, свободно обитающая в межпесчинковом пространстве – интрафитопсаммон. Всего к настоящему времени в мезофитопсаммоне Черного моря выявлено 88 видов диатомовых и 4 вида сине-зеленых водорослей. Помимо этого, было замечено, что видовое разнообразие интерстициальных водорослей является наибольшим в районах пляжей с минимальным антропогенным влиянием. При этом в таких местах часто наблюдается «цветение» песка.

Выводы. 1. В бентосе Черного моря выявлено 341 вид диатомовых водорослей. Они относятся к 85 родам, 33 семействам, 9 порядкам и двум классам. Основу фитобентоса составляют виды класса Pennatophyceae. **2.** У диатомовых водорослей класса Pennatophyceae выделено три типа и пять подтипов расположения ареол в «штрихах» на их створках. **3.** У видов рода *Amphora* типы соединения ободков со створками, когда вальвокопула находит на эпи- и гиповальву, или, наоборот, входит под них, не имеют таксономической ценности. **4.** Диатомовые водоросли бентоса Черного моря относятся к 14 зонально-географическим элементам. Доминируют широкобореальный, мультизональный и бореально-тропический зонально-географический элементы. **5.** Численность и биомасса диатомовых водорослей в ценозах перифитонных организмов твердых субстратов существенно колеблется в процессе их формирования. Однако для каждого типа твердого субстрата этот процесс в прибрежной зоне имеет свою специфику. **6.** Распределение численности и биомассы диатомовых водорослей бентоса в открытых районах северо-западного шельфа Черного моря на мягких субстратах имеет мозаичный характер. **7.** Для песчаной береговой зоны моря и его лиманов, которая принадлежит к типичным маргинальным экотонам, характерно устойчивое существование своеобразных сообществ водорослей, основу которых составляют диатомовые. Такие водоросли предложено рассматривать в качестве новой для науки экологической группы – мезофитопсаммон.

1. Беклемішев К. В., Сєміна Г. И. География планктонных диатомей высоких и умеренных широт Мирового океана // Тр. Всесоюзн. Гидробиол. Общ-ва. – 1986. – 27. – С. 7 – 23.
2. Виноградова К. Л. К истории формирования морской флоры Chlorophyta. Комаровские чтения. XXXIV. – Л.: Наука, 1984. – 65 с.
3. Гусяков Н. Е., Загороднец О. А., Герасимюк В. П. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов. – Киев: Наук. думка, 1992. – 262 с.
4. Гусяков М. О. Нові дані про діатомові водорості Чорного моря // Укр. ботан. журн. – 1981. – 37, №1. – С. 54 - 63.
5. Гусяков М. О. Діатомові водорості бентосу Чорного моря та суміжних водойм: автореферат дис... докт. біол. наук. – Київ, 2002. – с. 36.
6. Гусяков М. О. Діатомові водорості обростань твердого субстрату прибережжя Одеської затоки Чорного моря // Укр. ботан. журн. – 1982. – 37, № 3. – С. 36 - 39.
7. Гусяков Н. Е. Новый вид рода *Gomphonema* (Bacillariophyta) из Черного моря // Ботан. журн. 1981. – 66, №7. – С. 1046 - 1048.
8. Гусяков Н. Е. О морфологии панцирей некоторых представителей рода *Amphora* (Bacillariophyta) из Черного моря // Ботан. журн. – 1985. – 70, №11. – С. 1478 - 1481.
9. Гусяков Н. Е. Новые виды амфор из Черного моря // Ботан. журн. – 1987. – 72, №10. – С. 1391 - 1394.
10. Гусяков Н. Е. К систематики и микроэволюции рода *Amphora* (Bacillariophyta) // Ботан. журн. – 1988. – 73, №1. – С. 107 - 112.
11. Гусяков Н. Е. Морфология ареол и их расположение на створках у видов рода *Amphora* (Bacillariophyta) // Ботан. журн. – 1988. – 73, №6. – С. 818 - 823.
12. Зинова А. Д. К вопросу о фитогеографическом (зональном) районировании прибрежной полосы Мирового океана // Тез. докл. конф. по современным исследованиям фауны и флоры. – Л., 1962. – С. 1 – 11.
13. Зинова А. Д. Фитогеографическое районирование Южного океана (по фитобентосу) // Атлас Антарктики. – Л., 1966. – 1, карта 129 V.
14. Зинова А. Д. Состав и фитогеографическое деление арктической водорослевой флоры // Гидробиология и биогеография шельфов холодных и умеренных вод Мирового океана // Тез. совещ. – Л., 1974. – С. 12 – 13.
15. Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря. – Киев, 1975. – 246 с.
16. Макарова И. В. Диатомовые водоросли морей СССР. Род *Thalassiosira* Cl. – Л.: Наука, 1989. – 117 с.
17. Перестенко Л. П. Эколого-географический обзор флоры водорослей залива Посьет (Японское море): автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.00.05 / Институт ботаники АН СССР. – Л., 1972. – 28 с.
18. Перестенко Л. П. О принципах зонального биогеографического районирования шельфа Мирового океана и о системах зон / Морская биогеография. – М., 1982. – С. 99 – 113.
19. Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря.- М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1955. – 222 с.
20. Прошкина-Лавренко А. И. Реликтовые диатомовые в планктоне Черного моря // Ботан. матер. Отд. споровых растений БИН АН СССР. - 1955. – 10. – С. 45 – 54.
21. Прошкина-Лавренко А. И. Новые и недостаточно изученные диатомовые водоросли СССР. II. // Ботан. матер. Отд. споровых растений. БИН АН СССР. - 1955. – 10. – С. 54 – 61.
22. Прошкина-Лавренко А. И. Новые и интересные диатомовые водоросли из мезотических отложений Причерноморья // Бот. матер. Отд. споров. раст. БИН АН СССР. – 1960. – 13. – С. 40 – 48.
23. Прошкина-Лавренко А.И. К эволюции диатомовых водорослей // Бюлл. МОИП, отд. биол. – 1960. – 15, № 5. – С. 52 – 62.
24. Прошкина-Лавренко А. И. Об изменчивости некоторых черноморских диатомовых водорослей // Ботан. журн. – 1961. – 46, № 12. – С. 1794 – 1797.
25. Прошкина-Лавренко А. И. Новые диатомовые водоросли из Черного и Азовского морей // Ботан. матер. Отд. споров. раст. БИН АН СССР. – 1961. – 14. – С. 33 – 39.
26. Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – 243 с.
27. Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли планктона Азовского моря. – М.-Л.: АН СССР, 1963. – 190 с.
28. Прошкина-Лавренко А. И. О флоре диатомовых водорослей Черного моря / Проблемы морской биологии. – Киев: Наук. думка, 1971. – С. 41 – 47.
29. Семіна Г. И. Фитопланктон Тихого океана. – М.: Наука, 1974. – 239 с.

30. *Zaitsev Yu. P.* Resent changes in the trophic structure of the Black Sea // Fisheries Oceanography.- 1992. - 1, № 2. - P.180 - 189.
31. *Zaitsev Yu. P., Mamaev V.* Marine biological diversity in the Black Sea. A study of change and decline.- New York.: United Nations Publ., 1997. - 208 p.

Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,
г. Одесса

Получено 07.07.2004

N. E. GUSLIAKOV

**RESULTS OF BENTHIC DIATOM ALGAE RESEARCH
IN THE BLACK SEA AND CONTIGUOUS RESERVOIRS**

Summary

Long years of researches of the Black Sea benthos diatom algae, as well as the revision of their systematic composition on the base of electron-microscopic data allowed to establish 341 species, belonging to 85 genera, 33 families, 9 orders. 16 species and 1 variety were found and described as the new ones for the science. 14 zonal-geographical elements, 6 genetic complexes and 4 age groups were determined for the first time. In the contact "sea-and-shore" area the ecological group – mesophytopsammon was described as the new one for the science.

ВЫШЛА В СВЕТ МОНОГРАФИЯ

В. Н. Еремеев, Е. М. Игумнова, И. Е. Тимченко. Моделирование эколого-экономических систем. – НАН Украины, Океанологический центр, Морской гидрофизический институт, Институт биологии южных морей. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2004. – 322 с. (93 илл.).

Рассмотрен системный подход к моделированию эколого-экономических процессов в природе и обществе. Формулируются системные концепции устойчивого развития природно-хозяйственных комплексов. Дается обзор моделей интегрированного оценивания подобных систем, основанных на методе системной динамики Форрестера, который получил широкое распространение в США и Европе. Рассмотрен новый метод моделирования, который имеет ряд преимуществ – метод адаптивного баланса влияний (АВС метод). Он представляет собой синтез двух фундаментальных научных результатов: теории оптимальной фильтрации Колмогорова и метода системной динамики. АВС метод позволяет относительно просто создавать динамико-стохастические модели эколого-экономических систем и усваивать в них данные наблюдений. Эта особенность метода имеет важное значение для управления подобными системами, поскольку она приближает прогнозируемые сценарии развития к реальности. Возможности метода демонстрируются на большом количестве примеров построения моделей экологических, эколого-экономических и социальных систем. Разработана общая информационная технология управления устойчивым развитием, использующая интеллектуальные агенты управления. Книга является одним из первых изданий, посвященных системным методам моделирования.

Монография рассчитана на широкий круг читателей и может служить учебным пособием как для специалистов производства, так и для преподавателей, аспирантов и студентов ВУЗов, изучающих компьютерные методы управления сложными системами.

Заказать и приобрести монографию можно в библиотеке Морского гидрофизического института по адресу: МГИ ул. Капитанская, 2 99011, Севастополь, Украина