

УДК 582.26–15(265.54)

А.А. Бегун, А.Ю. Звягинцев, А.В. Мощенко*

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17

**СОСТАВ, ОБИЛИЕ И ДИНАМИКА
ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ЭПИБИОЗОВ
В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ НЕКОТОРЫХ АКВАТОРИЙ
ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ**

Впервые для дальневосточных морей России применен методологический подход в исследовании морских диатомовых водорослей с использованием эпибиозов экспериментальных пластин с нарастающим сроком экспозиции. Эпибиозы были представлены 72 видами диатомовых водорослей из отделов *Coscinodiscophyceae* (12 видов), *Fragilariophyceae* (8) и *Vacillariophyceae* (52), поселяющихся на 15 видах животных макрообрастания в бухте Золотой Рог и 36 видах — в бухте Сухопутной. Основным субстратом для поселения эпибионтных диатомей служили сообщества мидий *Mytilus trossulus*, полихет *Polydora limicola*, усоногих раков *Balanus crenatus* и *Amphibalanus improvisus* и колониальные асцидии. Средняя плотность диатомовых водорослей в бухте Золотой Рог была заметно выше, чем в бухте Сухопутной (соответственно $24,0 \pm 8,4$ и $16,7 \pm 9,0$ млн кл./м²), а видовое разнообразие и выравненность распределения видов по рангам — существенно ниже (соответственно $H = 0,80 \pm 0,10$ и $1,38 \pm 0,09$, $e = 0,33 \pm 0,04$ и $0,43 \pm 0,03$ бит/м²). Последовательная смена ассоциаций диатомей была характерна в большей степени для относительно чистой акватории — бухты Сухопутной, в то время как в загрязненной бухте Золотой Рог эта закономерность нарушена, что выражается в присутствии некоторых ассоциаций диатомей в течение длительного срока или их сопряженности с другими комплексами. В бухте Золотой Рог отмечены также специфические черты развития сообществ диатомей: доминирование видов-индикаторов органического загрязнения вод α -мезосапробионтов; преобладание планктонных форм и их покоящихся стадий; снижение обилия и степени сходства сообществ видов последовательных сроков опробования.

Ключевые слова: эпибиозы, бухта Золотой Рог, бухта Сухопутная, диатомовые водоросли, сапробионт, факторный анализ.

Begun A.A., Zvyagintsev A.Yu., Moshchenko A.V. Composition, abundance and dynamics of diatoms in epibioses of some coastal areas of Peter the Great Bay (Japan Sea) // *Izv. TINRO*. — 2011. — Vol. 164. — P. 229–257.

Marine diatoms algae in epibioses of experimental plates with increasing exposition are studied for the first time in Far East of Russia. In total, 72 diatom species were presented in the epibioses: 12 species from family *Coscinodiscophyceae*, 8 spe-

* Бегун Андрей Аркадьевич, кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: andrejbegun@yandex.ru; Звягинцев Александр Юрьевич, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: auzvyagin@gmail.com; Мощенко Александр Владимирович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: avmoshchenko@mail.ru.

cies from Fragilariophyceae, and 52 species of Bacillariophyceae. They colonized macrofouling animals belonged to 15 species in the Golden Horn Bay and to 36 species in the Sukhoputnaya Bay. The basic substrata for epibioses were mussels *Mytilustrossulus*, polychaetes *Polydora limicola*, barnacles *Balanus crenatus* and *Amphibalanus improvisus*, and colonial sea ascidians. Annual average density of diatoms was noticeably higher in the Golden Horn Bay than in the Sukhoputnaya Bay ($24.0 \pm 8.4 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-2}$ vs $16.7 \pm 9.0 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-2}$) but the indices of species diversity and evenness were lower there ($H = 0.80 \pm 0.10$ vs 1.38 ± 0.09 , $e = 0.33 \pm 0.04 \text{ bit} \cdot \text{m}^{-2}$ vs $0.43 \pm 0.03 \text{ bit} \cdot \text{m}^{-2}$). In the rather pure Sukhoputnaya Bay, the diatom associations changed successively, while some diatom associations were presented a long time in the highly-contaminated Golden Horn Bay. The following particular features of the diatom communities development were typical for the Golden Horn Bay: domination of α -mesosaprobionts as the species-indicators of organic pollution; prevailing of plankton forms of diatoms and their resting cysts; decreasing of communities abundance and similarity during exposition time.

Key words: epibiose, Golden Horn Bay, Sukhoputnaya Bay, diatoms, saprobiont, factor analysis.

Введение

Диатомовые водоросли могут колонизировать многих гидробионтов, образуя сложноорганизованные, разветвленные колонии на поверхности твердых субстратов, и зачастую они ассоциированы с сидячими животными-фильтраторами. Многие виды диатомей входят в спектр питания морских беспозвоночных, поэтому исследование структуры диатомового сообщества эпилбиозов необходимо для понимания трофических связей в морских экосистемах и оценки сукцессии сообществ обрастания антропогенных субстратов (Рябушко, Рябушко, 1998; Сапожников, 2003; Wuchter et al., 2003; Звягинцев, 2005).

Изучение первой фазы сукцессии морского обрастания и эпилбиозов (бактериально-диатомовой) ранее не входило в задачи гидробиологических исследований дальневосточных морей, в некоторых случаях отмечалось ее наличие (Звягинцев, 2005). Во многом поэтому данные о диатомовых водорослях эпилбиозов в российских водах Японского моря ограничиваются всего несколькими работами, посвященными изучению этих организмов как компонента обрастания раковин некоторых моллюсков (Рябушко, 1988; Ryabushko, Ryabushko, 1993; Рябушко, Рябушко, 1998). Лишь недавно были проведены исследования видового состава, обилия и динамики микроводорослей, и в частности диатомей, в перифитоне экспериментальных пластин, экспонировавшихся в прибрежных водах зал. Петра Великого, и на этой основе выполнена оценка качества морской среды (Бегун, Рябушко, 2008; Бегун и др., 2009а, б).

Цель данной работы — изучение видового состава, количественных показателей и динамики диатомовых водорослей эпилбиозов в бухтах Золотой Рог и Сухопутная (зал. Петра Великого) в условиях различного уровня антропогенного загрязнения.

Материалы и методы

Материалом послужили сборы диатомовых водорослей эпилбиозов макрообрастания экспериментальных пластин, выполненные синхронно в бухтах Сухопутная (Уссурийский залив) и Золотой Рог (район 44-го причала) с июня по ноябрь 2001 г. (рис. 1). Стенды с пластинами из асбоцемента ($20 \times 20 \text{ см}^2$), на которых происходило формирование макрообрастания, экспонировали на глубине 1 м с последующим изъятием по одной пластине на каждой станции дважды в месяц и заменой на новые (24 пробы). Кроме того, для статистической оценки изменчивости количественных показателей микроводорослей в июне 2001 г. были выполнены дополнительные сборы диатомей с одновременным изъятием 3 пластин в обоих районах.

Рис. 1. Карта-схема района исследования: 1 — бухта Сухопутная (Уссурийский залив), 2 — бухта Золотой Рог

Fig. 1. Scheme of the study area: 1 — Sukhoputnaya Bay, 2 — Golden Horn Bay



Диатомовые водоросли счищали с макрообрастания синтетической щетки и ополаскивали дистиллированной водой. Смыв собирали, щетку прополаскивали, смывая в пробу оставшиеся на кисти клетки микроводорослей, и фиксировали 4 %-ным раствором формалина. Методика микроскопической обработки подробно описана ранее (Бегун и др., 2009а, б; Бегун, Звягинцев, 2010). Встречаемость видов рассчитывали для всей совокупности проб. Видовое разнообразие оценивали с помощью индекса Шеннона-Винера (H): $H = -\sum P_i \log_e P_i$, где P_i — доля i -го вида в суммарной плотности (UNEP, 1995). Индекс выравненности Пиелу (e) вычисляли по формуле: $e = H / \log_e S$, где S — общее число видов в пробе.

При статистической обработке применяли различные процедуры и тесты, предлагаемые ППП STATISTICA 5.1 (Боровиков, Боровиков, 1998). Сопряженность оседания различных видов микроводорослей определяли методами кластерного и факторного анализа. Кластеризацию видовых списков выполняли методами Уорда, единичной и средней связи (метрики — коэффициенты видового сходства Брея-Кертиса и корреляции Пирсона, евклидово расстояние и его квадрат). Факторы выделяли методами главных компонент; для упрощения их структуры и получения легко интерпретируемых решений применяли различные способы вращения осей (Афифи, Эйзен, 1982; Ким и др., 1989; Кулаичев, 1996). Число факторов выбирали с соблюдением принципа экономии на основе критериев Кайзера и “каменистой осыпи”. В соответствии с принципом экономии из двух конкурирующих решений выбирают модели, включающие минимальное число факторов. По критерию Кайзера отбирают факторы с собственными числами > 1 (изменения фактора объясняют $> 10\%$ дисперсии измеряемых переменных). Тест “каменистой осыпи” предполагает выбор числа факторов, приходящихся на область наибольшей кривизны линии зависимости собственного числа от своего номера. Ортогональность искомым факторам проверяли иерархическим анализом косоугольных факторов.

Результаты и их обсуждение

В период исследования в макрообрастании экспериментальных пластин из бухты Сухопутной зарегистрированы 36 видов животных. Среди них были найдены 11 видов многощетинковых червей, 4 — брюхоногих моллюсков, по 3 — двустворчатых моллюсков, мшанок, десятиногих и разноногих раков. Остальные группы малочисленны и представлены 1–2 видами. В бухте Золотой Рог отмечено резкое обеднение таксономического состава макрообрастания, здесь встречено всего 15 видов: полихет — 4, усоногих раков — 3; остальные группы содержали по 1 виду.

В бухте Сухопутной из 36 видов, оседающих на экспериментальные пластины, лишь 4 относятся к фонообразующим. Это 2 вида баланусов, тихоокеанская мидия и колониальные асцидии, за исключением первой съемки с 15-суточным сроком экспозиции в июне, когда помимо *Mytilus trossulus* доминировали *Neodexiospira alveolata*, *Epheria turrata* и *Obelia longissima* (табл. 1). С июля до начала октября макрообрастание пластин было представлено сообществом *Amphibalanus improvisus*, далее и до конца эксперимента по биомассе доминировала мидия. По плотности поселения отмечено два пика у *A. improvisus*, мидия доминировала в октябре-ноябре. С начала сентября и до ноября в макрообрастании постоянно присутствовали колониальные асцидии.

В бухте Золотой Рог по сравнению с бухтой Сухопутной в процессе формирования сообществ макрообрастания имелись принципиальные отличия. В число фонообразующих видов, помимо мидии, входили многочетинковые черви *Polydora limicola*, оседающие с июня по октябрь. Трубочатые полихеты *Hydroides ezoensis* оседали в августе и встречались на пластинах в незначительном количестве до середины ноября. Из усонгих раков стабильную биомассу давал *Balanus crenatus*, а биомасса *A. improvisus* была здесь весьма незначительна.

В летне-осенний период 2001 г. в эпибиозах экспериментальных пластин, экспонировавшихся в бухтах Золотой Рог и Сухопутная, были обнаружены 72 вида и внутривидовых таксона отдела Bacillariophyta (табл. 2). Впервые в российских водах Японского моря отмечены виды *Ardissonaea crystallina* (Agardh) Grunov (Fragilariophyceae), *Gyrosigma tenuissimum* (W. Sm.) Griff. et Henfr. и *Nitzschia hybrida* f. *hyalina* Proschk.-Lavr. (Bacillariophyceae).

Диатомовые водоросли, найденные в эпибиозах макрообрастания, представлены подвижными (58,6 %), прикрепленными (28,5 %) и прикрепленно-подвижными (12,9 %) формами, которые, в свою очередь, являются свободноживущими (51 %) и колониальными (49 %). По отношению к местообитанию 66 % всех видов относится к микрофитобентосным формам, 23 % — бентосно-планктонным (тихопелагическим) и 11 % — фитопланктонным (рис. 2, табл. 2). По отношению к солености преобладают эвригалитные виды, из них морские составляют 63 %, солоноватоводно-морские — 32 %; в незначительной степени представлены солоноватоводные и пресноводные — соответственно 3 и 2 %. По отношению к pH доминируют алкалофильные виды (98 %).

Из всех встреченных видов 48 % являются космополитами, а 24 % — аркто-бореально-тропическими. Заметна роль бореально-тропических, бореальных и аркто-бореальных видов (14, 6 и 8 %). К индикаторам органического загрязнения относятся 29 видов, среди них 63 % занимают β -мезосапробионты — индикаторы умеренно загрязненных органикой вод, и по 17 % — α -мезосапробионты и о-сапробионты — индикаторы соответственно значительно и слабо загрязненных вод (рис. 2, табл. 2).

Средняя плотность микроводорослей в эпибиозах в период исследования составила $20,3 \pm 4,6$ млн кл./м², биомасса — $52,8 \pm 11,6$ мг/м². Чаше других встречались *Grammatophora marina* и *Licmophora abbreviata* (79,2 %), *Amphora angusta* и *Pleurosigma naviculaceum* (75,0 %), *Nitzschia* sp. и *Parlibellus delognei* (70,8 %). В численном отношении преобладал *Skeletonema costatum* ($9,1 \pm 4,6$ млн кл./м², или 44,6 %, встречаемость 54,2 %), *Nitzschia* sp. занимал субдоминантное положение ($4,7 \pm 1,9$, или 23,1 %). Вклад остальных видов не превышал 7,5 %. По биомассе примерно равный вклад вносили *Ditylum brightwellii* и *Bacillaria paxillifer* (соответственно $8,6 \pm 4,2$ и $8,1 \pm 7,0$ мг/м², 16,3 и 15,3 %, встречаемость 33,3 и 12,5 %), следующий за ними *S. costatum* по этому показателю заметно им уступал ($6,4 \pm 2,7$, или 12,0 %). В целом видовое разнообразие исследованных акваторий было весьма низким на фоне слабой выравненности распределения видов по рангам ($H = 1,09 \pm 0,11$ и $e = 0,38 \pm 0,04$ бит/м²).

Таблица 1
 Доминантные и субдоминантные виды диатомовых водорослей эпифизов и животных макробрастания на экспериментальных пластинах с нарастающим сроком экспозиции в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в летне-осенний период 2001 г.

Table 1
 Dominant and subdominant species of diatoms and macrofouling animals on experimental plates with different exposition mounted in the Sukhoputnaya Bay and Golden Horn Bay in summer-autumn 2001

Дата	Вид	Диатомовые водоросли			Животные макробрастания				
		М_лн кл./м ²	Плотность %	Биомасса Мг/м ²	Вид	Плотность Экз./м ²	Биомасса Г/м ²		
Бухта Сухопутная									
15.06	<i>Fragilaria striatula</i>	12,9	52,4	9,3	21,3	500	42,9	1,0	23,8
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	6,0	24,3	—	—	533	45,7	0,10	2,4
	<i>Parlibellus delognei</i>	4,9	20,0	23,7	54,3	133	11,4	—	—
	<i>Coccinodiscus oculus-iridis</i>	—	—	3,5	8,1	—	—	—	—
	<i>Licmophora abbreviata</i>	—	—	2,3	5,2	—	—	3,0	23,8
	<i>Navicula</i> sp.	1,2	43,5	0,4	11,6	—	—	—	—
02.07	<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,60	21,5	—	—	1133	29,6	0,04	1,36
	<i>Fragilaria striatula</i>	0,45	16,3	0,3	8,7	1233	32,2	0,80	27,20
	<i>Cocconeis costata</i>	0,23	8,1	—	—	633	16,5	0,03	1,02
	<i>Grammatophora marina</i>	—	—	0,8	21,3	—	—	—	—
	<i>Odontella aurita</i>	—	—	0,6	16,6	—	—	—	—
	<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	—	—	0,2	9,5	—	—	—	—
	<i>Bacillaria paxillifer</i>	4,30	32,3	13,5	36,4	—	—	—	—
16.07	<i>Cocconeis costata</i>	1,50	11,6	—	—	6766	19,5	—	—
	<i>Nitzschia</i> sp.	5,90	44,4	2,2	5,8	20333	58,6	663	88,6
	<i>Coccinodiscus oculus-iridis</i>	—	—	14,1	38,3	1633	4,7	46	6,1
	<i>Grammatophora marina</i>	—	—	2,1	5,7	—	—	—	—
	<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	—	—	1,9	5,2	5667	16,3	—	—
	<i>Nitzschia</i> sp.	0,28	42,1	0,1	9,9	—	—	—	—
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,14	22,5	—	—	—	—	—	—
02.08	<i>Tabularia fasciculata</i>	0,09	14,70	0,120	11,60	12500	47,3	140	27,0
	<i>Cocconeis costata</i>	0,03	5,02	—	—	11000	41,7	260	50,1
	<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	—	—	0,270	26,70	1200	4,5	70	13,5
	<i>Grammatophora marina</i>	—	—	0,230	23,07	—	—	—	—
	<i>Gyrosigma tenuissimum</i>	—	—	0,105	10,50	—	—	—	—
	<i>Nitzschia</i> sp.	4,90	44,90	—	—	—	—	—	—
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	2,30	20,90	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 1
Table 1 continued

Дата	Диатомовые водоросли		Животные макрообрастания		Биомасса Г/м ²	%
	Вид	Плотность Млн кл./ м ²	Вид	Плотность Экз./ м ²		
15.08	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	0,78	7,3	23,8	26,7	7,3
	<i>Bacillaria paxillifer</i>	0,61	5,7	4,4	4,9	5,7
	<i>Ditylum brightwellii</i>	0,62	5,8	35,7	40,0	5,8
	<i>Rhizosolenia setigera</i>	—	—	17,2	19,3	—
	<i>Nitzschia</i> sp.	8,80	72,8	3,2	12,1	72,8
	<i>Cocconeis costata</i>	0,92	7,6	—	—	7,6
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,76	6,9	—	—	6,9
31.08	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	—	—	8,50	32,4	—
	<i>Ditylum brightwellii</i>	—	—	2,70	10,4	—
	<i>Pleurosigma intermedium</i>	—	—	4,90	18,8	—
	<i>Donkinia recta</i>	—	—	1,73	6,6	—
	<i>Nitzschia</i> sp.	3,50	57,4	—	—	57,4
	<i>Psammodyction panduriforme</i>	0,77	12,6	7,40	13,5	12,6
15.09	<i>Parlibellus delognei</i>	0,3	4,9	—	—	4,9
	<i>Coccinodiscus oculus-iridis</i>	—	—	24,10	43,7	—
	<i>Odontella aurita</i>	—	—	4,50	8,2	—
	<i>Grammatophora marina</i>	—	—	3,06	5,5	—
	<i>Nitzschia</i> sp.	28,6	87,4	13,70	33,2	87,4
02.10.	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	—	—	9,7	23,4	—
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	—	—	6,8	16,5	—
	<i>Grammatophora marina</i>	7,2	59,8	2,7	6,6	59,8
	<i>Cocconeis</i> sp.	1,7	14,6	2,1	13,4	14,6
16.10	<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,8	6,6	—	—	6,6
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	—	—	3,4	21,6	—
	<i>Donkinia recta</i>	—	—	1,7	10,7	—
	<i>Navicula</i> sp.	14,4	42,8	—	—	42,8
	<i>Bacillaria paxillifer</i>	13,3	39,2	163,9	64,8	39,2
13.11	<i>Cylindrotheca closterium</i>	2,08	6,2	—	—	6,2
	<i>Skeletonema costatum</i>	—	—	48,4	19,09	—
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	—	—	18,4	7,30	—

Бухта Золотой Рог

15.06	<i>Fragilaria striatula</i>	2,5	34,8	3,9	21,0	<i>Polydora limicola</i>	9200	35,2	460	28,4
	<i>Tabularia fasciculata</i>	3,9	53,0	8,4	53,6	<i>Balanus crenatus</i>	14900	57,0	1160	71,5
	<i>Licmophora abbreviata</i>	—	—	3,8	24,0					
02.07	<i>Skeletonema costatum</i>	15,2	88,7	6,3	56,1	<i>Polydora limicola</i>	8733	33,4	437	42,8
	<i>Tabularia fasciculata</i>	—	—	4,2	37,3	<i>Balanus crenatus</i>	8433	32,2	370	36,2
						<i>Mytilus trossulus</i>	8966	34,3	210	20,6
						<i>Polydora limicola</i>	26267	31,0	1313	32,0
16.07	<i>Skeletonema costatum</i>	100,0	95,9	41,7	84,3	<i>Balanus crenatus</i>	13166	15,5	2003	48,9
						<i>Mytilus trossulus</i>	43666	51,5	757	18,5
						<i>Polydora limicola</i>	23600	37,6	1180	19,3
02.08	<i>Skeletonema costatum</i>	14,7	97,0	6,8	40,0	<i>Balanus crenatus</i>	4500	7,1	1420	23,2
	<i>Ditylum brightwellii</i>	—	—	9,3	55,0	<i>Mytilus trossulus</i>	32000	51,0	2950	48,3
						<i>Hydroïdes ezoensis</i>	4000	7,6	—	—
15.08	<i>Skeletonema costatum</i>	22,0	84,9	9,2	8,0	<i>Polydora limicola</i>	17400	33,0	870,0	12,5
	<i>Ditylum brightwellii</i>	1,4	5,4	79,7	69,6	<i>Balanus crenatus</i>	3800	7,2	1730,0	24,9
						<i>Mytilus trossulus</i>	24000	45,6	6958,3	50,9
31.08	<i>Amphora angusta</i>	2,0	38,5	2,88	8,8	<i>Mytilus trossulus</i>	13000	61,9	2850	50,7
	<i>Nitzschia</i> sp.	2,07	39,9	—	—	<i>Polydora limicola</i>	2800	13,3	—	—
	<i>Eucampia zodiacus</i>	0,74	14,3	—	—	<i>Balanus crenatus</i>	2600	12,3	1920	34,1
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,27	5,2	—	—					
	<i>Ditylum brightwellii</i>	—	—	14,90	45,5					
	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	—	—	4,06	12,4					
	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	—	—	8,50	26,0					
15.09	<i>Nitzschia</i> sp.	0,15	69,2	0,05	14,5	<i>Balanus crenatus</i>	2200	10,0	2200	32,3
	<i>Parlibellus delognei</i>	0,02	9,4	—	—	<i>Amphibalanus improvisus</i>	1900	8,6	720	10,7
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,01	6,9	0,08	21,5	<i>Mytilus trossulus</i>	16200	73,7	3670	54,5
02.10	<i>Nitzschia</i> sp.	40,8	86,1	—	—	<i>Mytilus trossulus</i>	14300	82,6	6150	62,20
	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	—	—	27,1	26,3	<i>Balanus crenatus</i>	1200	6,9	2850	28,80
	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	—	—	31,9	32,0	<i>Amphibalanus improvisus</i>	1800	10,4	890	8,99
16.10	<i>Nitzschia</i> sp.	5,90	74,3	2,10	20,4	<i>Mytilus trossulus</i>	17300	77,2	7050	69,7
	<i>Undatella lineolata</i>	1,20	15,5	5,70	54,9	<i>Balanus crenatus</i>	1900	8,5	2150	21,2
	<i>Amphora angusta</i>	0,45	5,7	0,65	6,3	<i>Amphibalanus improvisus</i>	1500	6,7	690	6,8
	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	—	—	0,92	8,9					
	<i>Skeletonema costatum</i>	3,80	53,9	1,59	5,7					

Дата	Диатомовые водоросли		Животные макрообрастания		Биомасса	
	Вид	Плотность Млн кл./м ² %	Вид	Плотность Экз./м ² %	Г/м ²	%
29.10	<i>Melosira lineata</i>	0,96 13,6	<i>Mytilus trossulus</i>	19500	80,6	11000
	<i>Melosira moniliformis</i>	0,53 7,6	<i>Balanus crenatus</i>	1400	5,8	1760
	<i>Nitzschia</i> sp.	0,76 10,8				
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	-				
	<i>Skeletonema costatum</i>	44,80 94,3				
13.11	<i>Melosira lineata</i>	-	<i>Mytilus trossulus</i>	11200	74,7	12500
	<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	-	<i>Balanus crenatus</i>	1900	12,7	1820
	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	-				
	<i>Ditylum brightwellii</i>	-				

Примечание. Прочерк — вид не доминирует.

Таблица 2
Список диатомовых водорослей в эпibiозах экспериментальных пластин в бухтах Сухопутная и Золотой Рог (Японское море)
в июне-ноябре 2001 г.

Вид	Экологическая характеристика		Фитогеогра- фическая		Встречаемость	
	Место- обитание	Соленость	Сапробность	характеристика	Бухта	Золотой Рог
<i>Achnanthes brevipes</i> C. Agardh	МФБ	СМ	β	К	+	+
<i>A. brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kütz.) Cleve	МФБ	СМ	β	К	+	-
<i>Actinopterychus senarius</i> (Ehrenb.) Ehrenb.	БП	-	-	-	+	+
<i>Amphora angusta</i> Greg.	МФБ	СМ	β	К	+	+
<i>A. hyalina</i> Kütz.	МФБ	М	β	К	+	+
<i>A. proteus</i> Greg.	МФБ	М	β	К	+	+
<i>Ardissonaea crystallina</i> (Agardh) Grunov	МФБ	М	β	БТ	+	-
<i>Asterionella formosa</i>	ФП	П	o	К	-	+
<i>Bacillaria paxillifer</i> (O.F. Müll.) Hendeby	БП	СМ	o	К	+	-
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenb.	ФП	М	-	К	+	-
<i>Cocconeis costata</i> Greg.	МФБ	М	β	К	+	-

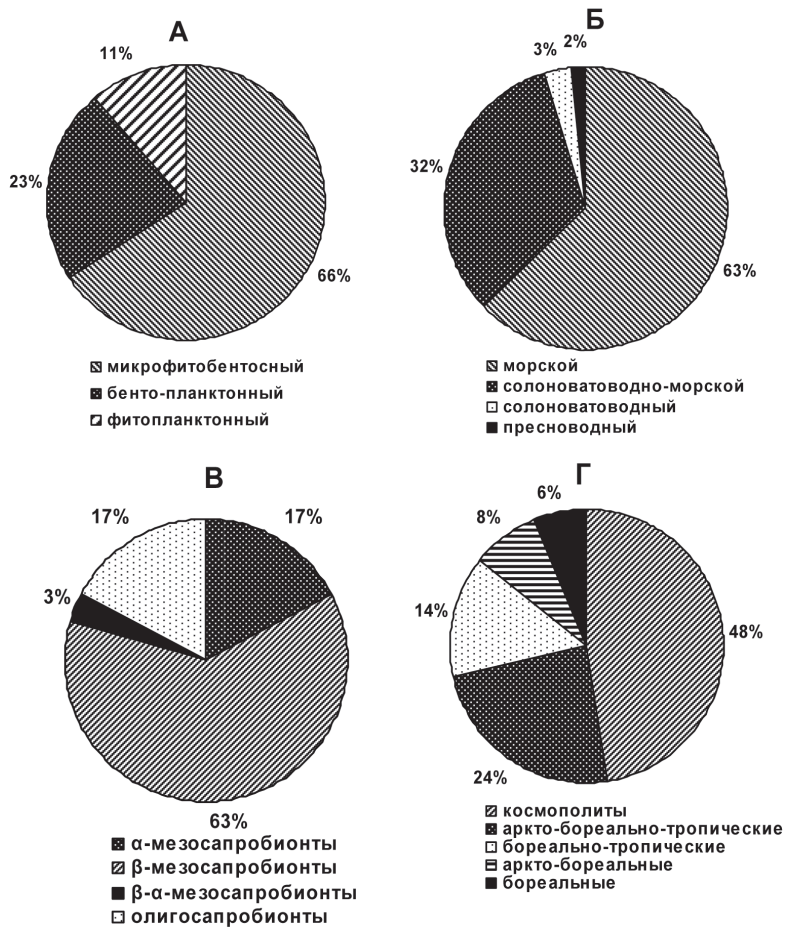
<i>C. scutellum</i> Ehrenb.	МФБ	СМ	β	К	+	-
<i>C. scutellum</i> var. <i>adjuncta</i> A. Schmidt	МФБ	М	β	Б	+	-
<i>Cocconeis</i> sp.	МФБ	-	-	-	+	-
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough	БП	М	-	К	+	-
<i>C. oculus-iridis</i> Ehrenb.	БП	М	β	К	+	-
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenb.) Reim. et Lewin	БП	СМ	β	АБ	+	-
<i>Cymbella ventricosa</i> C. Agardh	МФБ	-	-	-	+	-
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenb.) Cleve	МФБ	М	-	АБТ	+	-
<i>D. interrupta</i> (Kütz.) Cleve	МФБ	СМ	o	АБТ	+	-
<i>D. smithii</i> (Bréb.) Cleve	МФБ	СМ	-	К	+	-
<i>D. subincta</i> (A. Schmidt) Cleve	МФБ	М	-	АБТ	+	-
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunov	ФП	М	-	БТ	+	-
<i>Donkinia recta</i> (Donkin) Grunov	БП	М	-	БТ	+	-
<i>Eutomoneis alata</i> (Ehrenb.) Ehrenb.	БП	С	-	АБТ	+	-
<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenb.	БП	М	-	К	+	-
<i>Eunotia acus</i> D. Metz. & Lange-Bert.	МФБ	-	-	-	+	-
<i>Fragilaria striatula</i> Lyngb.	БП	М	-	К	+	-
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngb.) Kütz.	МФБ	М	β	К	+	-
<i>Gyrosigma tenuissimum</i> (W. Sm.) Griff. et Henfr.	МФБ	М	-	АБТ	+	-
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunov	ФП	М	-	БТ	+	-
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (H. Perag.) Hasle	ФП	М	-	К	+	-
<i>Limnophora abbreviata</i> Agardh	МФБ	М	β	АБ	+	-
<i>L. flabellata</i> Agardh	МФБ	М	β	БТ	+	-
<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenb.) N.I. Kar.	МФБ	-	-	-	+	-
<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müll.) Agardh	БП	СМ	α	К	+	-
<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> Grunov	БП	СМ	α	АБ	+	-
<i>Navicula amophila</i> var. <i>intermedia</i> Grunov	МФБ	М	-	Б	+	-
<i>N. directa</i> (W. Sm.) Ralls ex Pritch.	МФБ	М	-	К	+	-
<i>N. distans</i> (W. Sm.) Ralls.	МФБ	М	-	БТ	+	-
<i>N. perhombus</i> Hustedt	МФБ	М	-	БТ	+	-
<i>N. retusa</i> var. <i>cancellata</i> (Bréb.) Cleve	МФБ	СМ	-	Б	+	-
<i>Navicula</i> sp.	МФБ	-	-	-	+	-
<i>Nitzschia angularis</i> W. Sm.	МФБ	М	α	К	+	-
<i>N. hybrida</i> f. <i>hyalina</i> Proschk.-Lavr.	МФБ	С	β	Б	+	-
<i>N. longissima</i> (Bréb. ex Kütz.) Ralls ex Pritch.	БП	СМ	-	АБТ	+	-
<i>N. sigma</i> (Kütz.) W. Sm.	МФБ	СМ	β-α	К	+	-

Вид	Экологическая характеристика		Сапробность	Фитогеографическая характеристика	Встречаемость	
	Место-обитание	Соленость			Бухта	Золотой Рог
<i>N. sigmoidea</i> (Ehrenb.) W. Sm.	МФБ	СМ	0	К	+	-
<i>N. vermicularis</i> (Kütz.) Hantzsch ex Rabenh.	МФБ	СМ	0	К	+	-
<i>Nitzschia</i> sp.	МФБ	-	-	-	+	+
<i>Odontella aurita</i> (Lyngb.) Agardh	БП	М	-	К	+	+
<i>Parlibellus delognei</i> (V.H.) E.J. Cox	МФБ	М	-	АБТ	+	+
<i>P. rhombica</i> (Greg.) L.I. Ryab.	МФБ	СМ	-	Б	+	-
<i>Pleurosigma clevei</i> Grunov	МФБ	М	-	АБ	+	-
<i>P. elongatum</i> W. Sm.	МФБ	М	-	БТ	+	-
<i>P. intermedium</i> W. Sm.	МФБ	СМ	-	Б	+	+
<i>P. naviculaceum</i> Bréb.	МФБ	М	-	АБТ	+	+
<i>Psammodyction panduriforme</i> (Greg.) D.G. Mann	МФБ	М	-	АБТ	+	+
<i>P. constrictum</i> (Greg.) D.G. Mann	МФБ	СМ	-	АБТ	+	+
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunov ex Cleve) Hasle	ФП	М	-	К	-	+
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngb.) Kütz.	БП	М	-	К	+	-
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightw.	ФП	М	-	К	+	+
<i>Rhoicosphenia marina</i> (W. Sm.) M. Schmidt	МФБ	М	β	АБ	+	+
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	ФП	М	α	К	+	+
<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngb.) Agardh	БП	М	-	БТ	+	-
<i>Surirella fastuosa</i> Ehrenb.	МФБ	М	-	АБТ	+	+
<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams et Round	МФБ	СМ	α	К	+	+
<i>Tabularia tabulata</i> (A. Agardh) Snoeijis	МФБ	-	-	-	+	-
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunov	БП	СМ	-	АБТ	+	+
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenb.) Cleve	МФБ	М	β	АБТ	+	-
<i>Trigonium arcticum</i> f. <i>baleanum</i> (Ehrenb.) Meunier	МФБ	М	-	АБТ	+	-
<i>Undatella lineolata</i> (Ehrenb.) L.I. Ryab.	МФБ	СМ	β	АБТ	+	+

Примечания. Приуроченность к местообитанию: МФБ — микрофитобентосный, БП — бенто-планктонный, ФП — фитопланктонный. Отношение к солености: М — морской, СМ — солоноватоводно-морской, С — солоноватоводный, П — пресноводный. Сапробиологическая приуроченность: α — альфа-мезосапробионт, β — бета-мезосапробионт, β-α — бета-альфа-мезосапробионт, 0 — олигосапробионт. Фитогеографическая характеристика: К — космополит, Б — бореальный, АБ — аркто-бореальный, АБТ — аркто-бореально-тропический, БТ — бореально-тропический. Прочерк — вид или данные отсутствуют.

Рис. 2. Эколого-географическая характеристика диатомовых водорослей эпибиозов экспериментальных пластин в бухтах Золотой Рог и Сухопутная в летне-осенний период 2001 г.: **А** — приуроченность к местообитанию; **Б** — приуроченность к солености; **В** — сапробиологическая характеристика; **Г** — фитогеографическая характеристика

Fig. 2. Ecological and geographical characteristic of diatoms in epibioses on experimental plates mounted in the Golden Horn Bay and Sukhoputnaya Bay in summer-autumn 2001: **A** — confinement to habitat; **B** — confinement to salinity; **B** — saprobiological status; **Г** — phytogeographical belonging



Минимальная изменчивость плотности поселения микроводорослей была характерна главным образом для тех видов, которые на период отбора проб были доминантными. Причем чем выше у таких видов относительная плотность, тем меньше вариабельность ее абсолютных величин (табл. 3). Следует подчеркнуть, что вариации общих показателей — биомассы и плотности, а также экологических индексов — также весьма невелики: стандартная ошибка не превысила 14 %, изменяясь главным образом в пределах 0,8–1,5 % (табл. 4).

В эпибиозах бухты Золотой Рог найдено 42 вида микроводорослей, в бухте Сухопутной — 65. Общими для этих акваторий оказались 35 видов (сходство 48,6 %), преимущественно широко распространенных эврибионтных диатомей родов *Coscinodiscus*, *Melosira*, *Ditylum* и др. В целом микроводоросли эпибиозов бухты Золотой Рог по своему составу выглядят как обедненная микрофлора бухты Сухопутной, за исключением 7 видов, обнаруженных только на ее акватории (см. табл. 2).

В бухте Золотой Рог средняя плотность β-мезосапробионтов составила 0,95 млн кл./м² с максимумом в августе (8,9 млн кл./м², или 99,8 % плотности всех групп индикаторов сапробиности), в то время как у α-мезосапробионтов она была 0,68 млн кл./м², достигая наибольшей величины в ноябре (4,6 млн кл./м², или 93,4 %) (рис. 3). В бухте Сухопутной в течение большей части исследуемого периода также преобладали β-мезосапробионты (1,7 млн кл./м² с максимумом в октябре — 6,7 млн кл./м², или 97,4 %). Средние показатели α-мезосапробионтов были почти на порядок ниже, чем в бухте Золотой Рог (0,52 млн кл./м², максимум в июле — 2,21 млн кл./м², или 23,7 %). Только в бухте Сухопутной были найдены о-сапробионты; их наибольшие плотности наблюдались в июле (2,8 млн кл./м², или 29,9 %) и ноябре (2,6 млн кл./м², или 42,5 %).

Таблица 3

Пример вариаций плотности диатомовых водорослей эпibiозов на экспериментальных пластинах, экспонированных в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в июне 2001 г.

Table 3

Example of density variation for diatoms in epibioses on experimental plates exposed in the Sukhoputnaya Bay and Golden Horn Bay in June 2001

Вид	Плотность, кл./м ²			\bar{X} , кл./м ²	SE	Δ , %
	Проба 1	Проба 2	Проба 3			
Бухта Сухопутная						
<i>Amphora hyalina</i>	1600	1400	1600	1533	67	4
<i>Cocconeis scutellum</i>	800	1200	400	800	231	29
<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>adjuncta</i>	200	200	200	200	0	0
<i>Cocconeis costata</i>	200000	240000	200000	213333	13333	6
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	3600	3400	2400	3133	371	12
<i>Cylindrotheca closterium</i>	6000000	6000000	6000000	6000000	0	0
<i>Fragilaria striatula</i>	13200000	12000000	13600000	12933333	480740	4
<i>Grammatophora marina</i>	52000	48000	48000	49333	1333	3
<i>Licmophora abbreviata</i>	400000	400000	440000	413333	13333	3
<i>L. flabellata</i>	2400	2400	2000	2267	133	6
<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i>	200	200	176	192	8	4
<i>Melosira moniliformis</i>	1600	1640	1760	1667	48	3
<i>Nitzschia longissima</i>	800	800	600	733	67	9
<i>Parlibellus rhombica</i>	8000	7600	6800	7467	353	5
<i>Odontella aurita</i>	48000	44000	48000	46667	1333	3
<i>Parlibellus delognei</i>	4800000	5200000	4800000	4933333	133333	3
<i>Pleurosigma elongatum</i>	12800	12000	13200	12667	353	3
<i>P. naviculaceum</i>	2400	2000	3200	2533	353	14
<i>Psammodyction panduriforme</i>	400	400	200	333	67	20
<i>Rhoicosphenia marina</i>	400	200	400	333	67	20
<i>Tabularia fasciculata</i>	32000	28000	28000	29333	1333	5
<i>Trigonium arcticum</i> f. <i>baleanum</i>	1200	400	600	733	240	33
Бухта Золотой Рог						
<i>Fragilaria striatula</i>	2800000	2400000	2400000	2533333	133333	5
<i>Licmophora abbreviata</i>	800000	720000	760000	760000	23094	3
<i>Melosira moniliformis</i>	120000	120000	120000	120000	0	0
<i>Parlibellus delognei</i>	4000	3600	3600	3733	133	4
<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	400	200	400	333	67	20
<i>Tabularia fasciculata</i>	4000000	4000000	3600000	3866666	133333	3

Примечание. Здесь и далее: \bar{X} — средняя численность, SE — стандартная ошибка, $\Delta = (SE/\bar{X}) \cdot 100$.

Абсолютная и относительная плотность фитопланктонных форм диатомовых водорослей и их покоящихся стадий в бухте Золотой Рог была в 20 раз выше в среднем за весь период, чем в бухте Сухопутной (соответственно 21,40 и 1,05 млн кл./м²). В бухте Сухопутной преобладали бентосные и бентосно-планктонные формы диатомей, характерные для обрастания твердых природных и антропогенных субстратов. В бухте Золотой Рог на протяжении значительной части исследуемого периода доминировали фитопланктонные формы, преимущественно *S. costatum* (максимум отмечен в июле — более 100 млн кл./м²), что было приурочено к “цветению” этих водорослей в фитопланктоне и их массовому оседанию.

В бухте Сухопутной отмечено 25 видов, имевших встречаемость 50 % и более, среди которых *G. marina* и *P. delognei* обнаружены в 100 % проб. В бухте Золотой Рог видов со встречаемостью более 50 % оказалось только 8, а со

Таблица 4

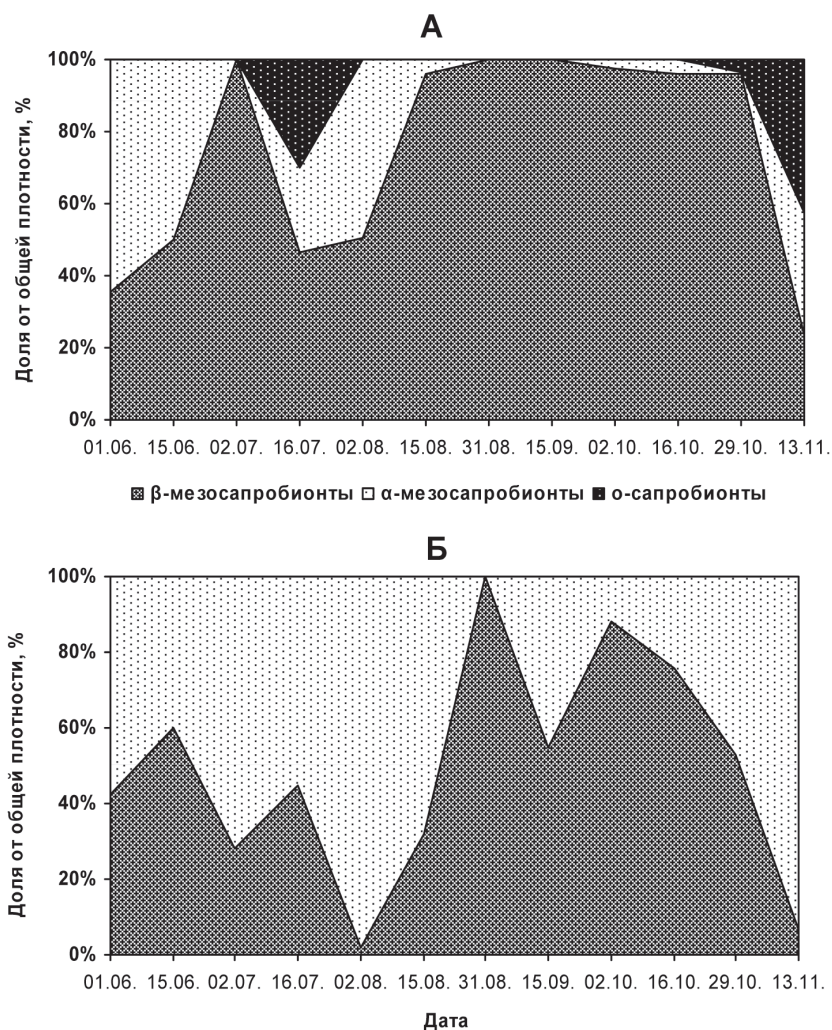
Изменчивость некоторых общих характеристик поселений диатомовых водорослей эпибиозов на экспериментальных пластинах, экспонировавшихся в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в июне 2001 г.

Table 4

Variability of some general characteristics of diatoms in epibioses on experimental plates, exposed in certain areas of the Sukhoputnaya Bay and Golden Horn Bay in June 2001

Показатель	Проба 1	Проба 2	Проба 3	\bar{X}	SE	Δ , %
Уссурийский залив, бухта Сухопутная						
Плотность, млн кл./м ²	24,8	24,0	25,2	24,7	0,4	1,4
Биомасса, мг/м ²	43,7	44,2	42,9	43,6	0,4	0,9
Индекс Шеннона-Винера, бит/м ²	1,657	1,706	1,648	1,670	0,018	1,086
Индекс Пиелу, бит/м ²	0,372	0,383	0,370	0,375	0,004	1,086
Бухта Золотой Рог						
Плотность, млн кл./м ²	7,7	7,2	6,9	7,3	0,2	3,3
Биомасса, мг/м ²	18,3	17,3	11,5	15,7	2,1	13,5
Индекс Шеннона-Винера, бит/м ²	1,461	1,436	1,478	1,458	0,012	0,843
Индекс Пиелу, бит/м ²	0,565	0,556	0,572	0,564	0,005	0,843

Рис. 3. Динамика плотности различных сапробиологических группировок диатомовых водорослей эпибиозов экспериментальных пластин в бухтах Сухопутная (А) и Золотой Рог (Б) в летне-осенний период 2001 г.



100 %-ной — найдено не было. При этом лишь встречаемость *S. costatum* достигала 75 %. Средняя плотность микроводорослей в бухте Золотой Рог была заметно выше, чем в бухте Сухопутной (соответственно $24,0 \pm 8,4$ и $16,7 \pm 9,0$ млн кл./м²).

Наоборот, их средняя биомасса в бухте Сухопутной была существенно больше, чем в бухте Золотой Рог ($61,3 \pm 19,8$ и $39,3 \pm 10,0$ мг/м²). Значения индексов Шеннона-Винера и Пиелу исследованных районов были невысокими, причем для эпибиозов бухты Золотой Рог разнообразие и выравненность распределения видов по рангам оказались существенно ниже, чем в бухте Сухопутной (соответственно $H = 0,80 \pm 0,10$ и $1,38 \pm 0,09$, $e = 0,33 \pm 0,04$ и $0,43 \pm 0,03$ бит/м²).

В численном отношении в бухте Сухопутной преобладали мелкие диатомеи *Nitzschia* sp. ($5,0 \pm 2,3$ млн кл./м², или 30,5 %), а *Fragilaria striatula* ($2,8 \pm 1,1$ млн кл./м², или 16,7 %) и *Cylindrotheca closterium* ($1,9 \pm 0,9$ млн кл./м², или 11,5 %) занимали субдоминантное положение. По биомассе абсолютно доминировал *B. paxillifer* ($16,5 \pm 13,5$ мг/м², или 27,0 %), следующие за ним *P. delognei* ($8,3 \pm 5,3$ мг/м², или 13,6 %) и *S. costatum* ($5,0 \pm 4,0$ мг/м², или 8,1 %, встречаемость 33,3 %) по этому показателю существенно ему уступали. В бухте Золотой Рог по плотности доминировал *S. costatum* ($17,4 \pm 8,2$ млн кл./м², или 72,6 %), а плотность следующего за ним *Nitzschia* sp. составила $4,3 \pm 3,0$ млн кл./м² (17,9 %); доля каждого из остальных видов — менее 3 %. По биомассе абсолютное превосходство показали крупные диатомеи *D. brightwellii* ($8,9 \pm 6,5$ мг/м², или 22,8 %), за ними следовал все тот же *S. costatum* ($8,0 \pm 3,5$ мг/м², или 20,5 %), далее — *Leptocylindrus mediterraneus* ($4,4 \pm 2,5$ мг/м², или 11,3 %); доля каждого из остальных видов была менее 9 %.

В бухте Золотой Рог летом-осенью 2001 г. общая плотность микроводорослей в эпибиозах изменялась в пределах 0,2–104,2 млн кл./м², биомасса — от 0,37 до 114,60 мг/м² (рис. 4). Основной максимум плотности пришелся на июль и был связан с массовым оседанием *S. costatum* на макрообрастание *P. limicola*, *M. trossulus* и *B. crenatus* (см. табл. 1). Это было сопряжено с резким снижением индексов Шеннона-Винера и Пиелу (рис. 5). Помимо основного максимума были отмечены два дополнительных, почти равных ему по величине: в первой половине октября (за счет диатомеи *Nitzschia* sp. на *M. trossulus*, *A. improvisus* и *B. crenatus*) и во второй половине ноября (*S. costatum* на *M. trossulus* и *B. crenatus*). Последний пик также сопровождался уменьшением видового разнообразия и выравненности распределения видов по рангам.

В это же время в бухте Сухопутной общая плотность диатомей варьировала от 0,66 до 33,60 млн кл./м², биомасса — от 1 до 253 мг/м² (см. рис. 4). В сезонной динамике плотности прослеживалось два основных почти равных максимума. Первый пик был отмечен в первой половине октября (за счет доминирования *Nitzschia* sp. на *M. trossulus* и *A. improvisus*) на фоне резкого снижения индексов Шеннона-Винера и Пиелу, второй — во второй половине ноября (*S. costatum* на *M. trossulus* и *B. crenatus*) (см. рис. 4, табл. 1). Дополнительный пик был отмечен во второй половине июня (*F. striatula*, *C. closterium* и *P. delognei* на *M. trossulus*).

Сходство видового состава ассоциаций (сообществ) диатомовых водорослей эпибиозов макрообрастания, сформировавшихся на пластинах в течение разного времени экспозиции, как и перифитона на пластинах с 15-суточным сроком экспозиции, обычно было невелико (рис. 6). Для эпибиозов бухты Сухопутной отчетливо проявлялась тенденция к увеличению уровня сходства сообществ “соседних” сроков опробования (рис. 6, а). В бухте Золотой Рог эта тенденция явно нарушена, и относительно высокое сходство наблюдалось у “случайно” взятых сообществ, например середины июля и конца октября — начала ноября, середины августа и начала ноября (рис. 6, б). При этом сообщества диатомовых водорослей одного и того же срока развития, но разных акваторий в целом были похожи меньше, чем ассоциации “соседних” сроков в бухте Сухопутной или “случайно взятых” — в бухте Золотой Рог (рис. 6, в).

Плотности видов диатомей, найденных в бухтах Золотой Рог и Сухопутной, можно представить в виде 11 факторов, которые в сумме объясняют около 100 %

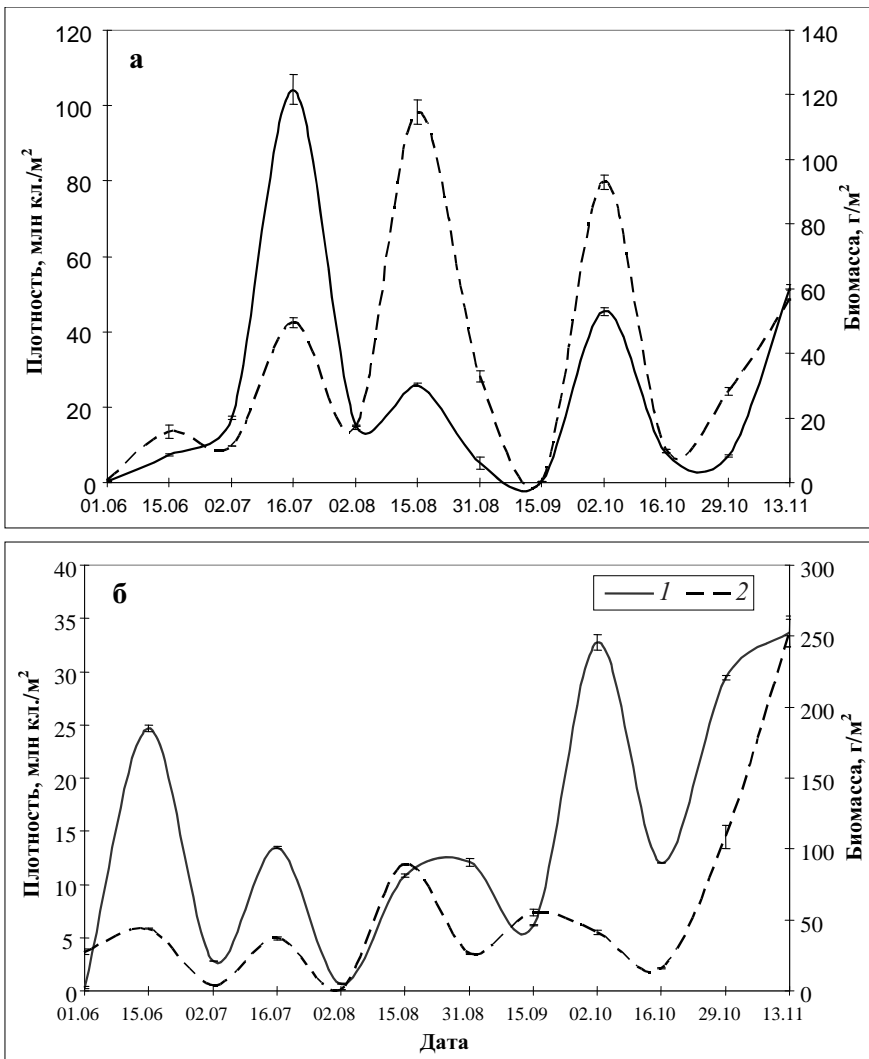


Рис. 4. Динамика плотности (1) и биомассы (2) диатомовых водорослей эпибиозов на экспериментальных пластинах в бухтах Золотой Рог (а) и Сухопутная (б) в летне-осенний период 2001 г.

Fig. 4. Density (1) and biomass (2) dynamics for diatoms in epibioses on experimental plates mounted in the Golden Horn Bay (a) and the Sukhoputnaya Bay (b) in summer-autumn 2001

дисперсии плотностей поселения этих организмов (табл. 5, 6). Для бухты Золотой Рог такое решение основано прежде всего на результатах теста “каменистой осыпи”: именно после экстракции этого числа факторов происходит резкое выполаживание кривой зависимости величины собственного числа от собственного номера (рис. 7). Для бухты Сухопутной 11-факторная модель определяется как выполаживанием кривой, так и критерием Кайзера.

Другим доказательством таких решений служат результаты иерархического анализа. Максимальный коэффициент корреляции первичных кластеров переменных для обоих полигонов составил всего 0,264 (табл. 7). Следовательно, такие количества независимых групп видов объективно существовали в нашей выборке данных еще до выполнения процедуры факторного анализа (рис. 8).

Внутригодное изменение величин полученных факторов в бухте Сухопутной характеризуется наличием у каждого из них одного единственного максимума на фоне примерно равных значений в остальное время (рис. 9). Для бухты

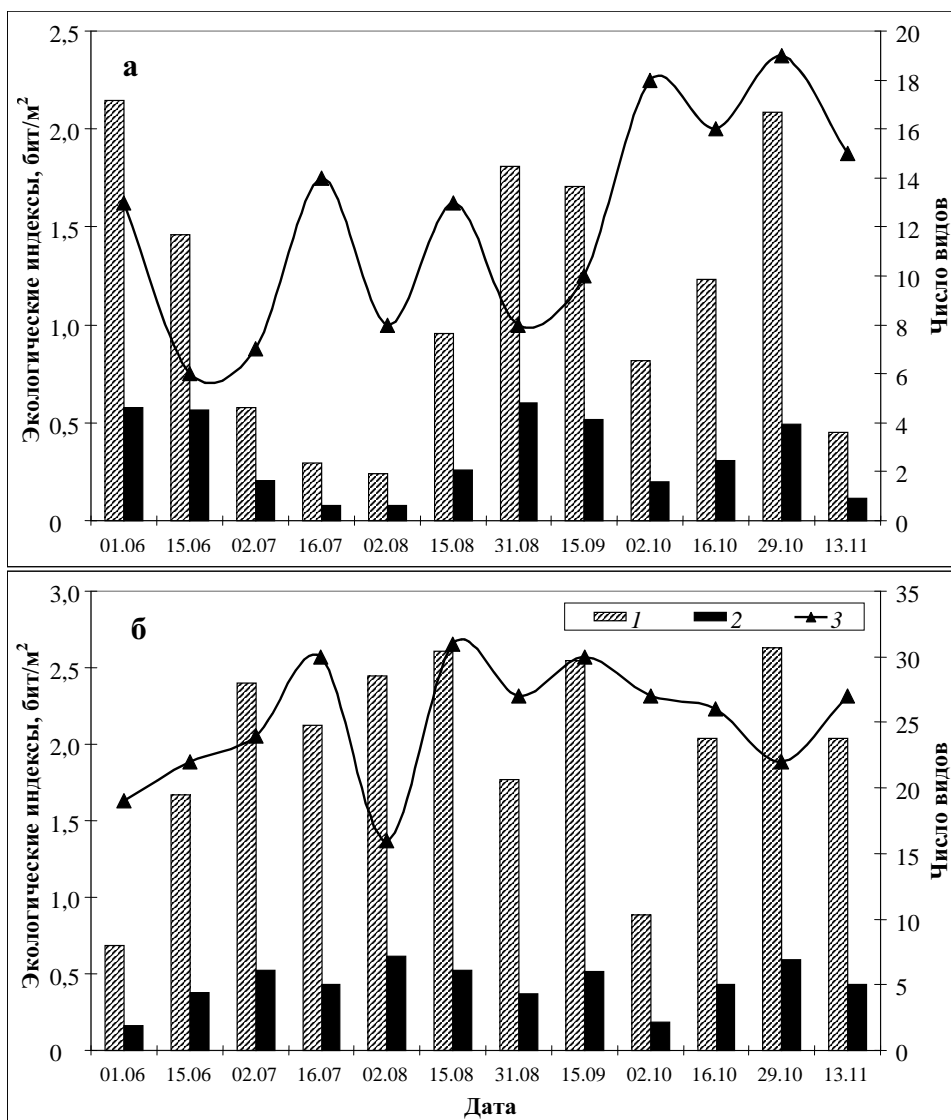


Рис. 5. Динамика индексов Шеннона-Винера (1), Пиелу (2) и числа видов (3) диатомовых водорослей эпибиозов на экспериментальных пластинах в бухтах Золотой Рог (а) и Сухопутная (б) в летне-осенний период 2001 г.

Fig. 5. Dynamics of Shannon-Weiner (1) and Pielou (2) indices and species number (3) for diatoms in epibioses on experimental plates mounted in the Golden Horn Bay (a) and the Sukhoputnaya Bay (b) in summer-autumn 2001

Золотой Рог флюктуации некоторых факторов носят заметно иной характер. Так, внутригодовые колебания факторов 4 и 10 отчетливо полимодальные, причем почти у всех факторов максимумы и значения в остальное время различаются в меньшей степени, чем в бухте Сухопутной.

Видовой состав диатомовых водорослей эпибиозов макрообрастания бухт Золотой Рог и Сухопутной имеет большое сходство с бентосной флорой других районов зал. Петра Великого — бухты Витязь, заливов Посыета и Восток, что проявляется в доминировании видов *Melosira moniliformis*, *G. marina*, *L. abbreviata*, *P. delognei*, *P. naviculaceum* и др. (Николаев, 1970; Рябушко, 1990). Кроме того, наблюдается сходство доминирующих видов диатомовых эпибиозов с эпифитными и эпибионтными диатомеями Охотского, Белого, Черного и других морей северных и умеренных широт (Короткевич, 1960; Кашина, 1975; Бондарчук и др., 1985; Неврова, 1999; Рябушко, 2009).

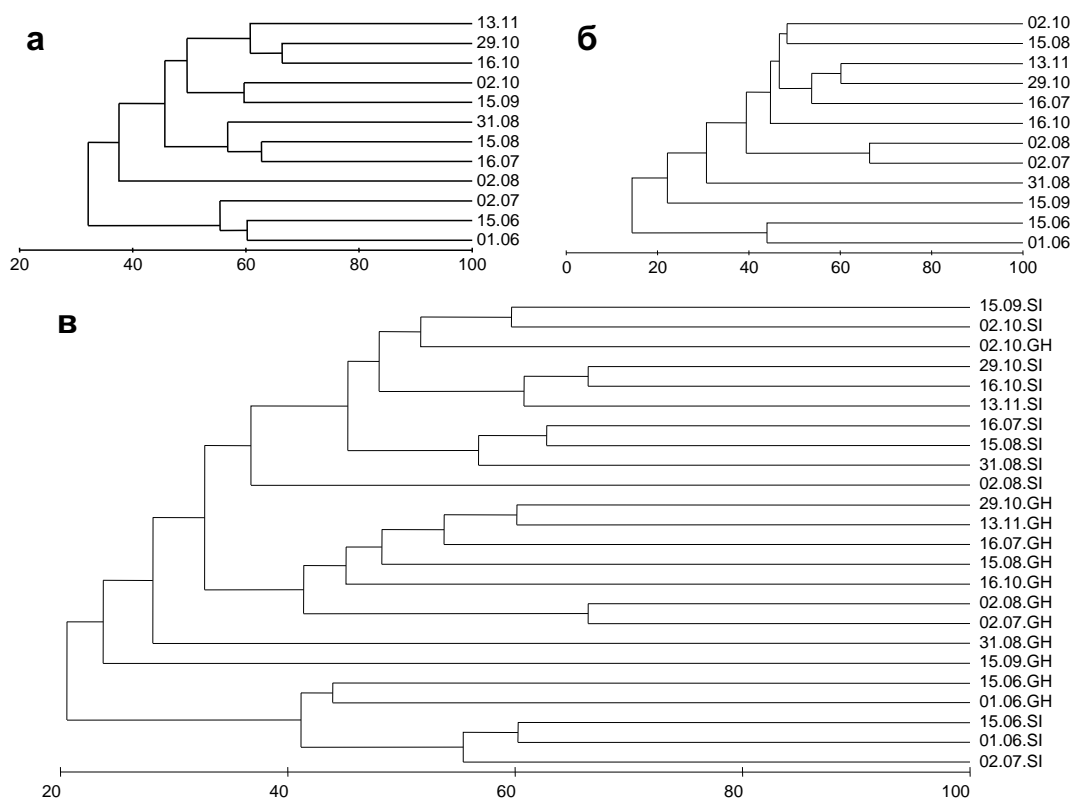


Рис. 6. Дендрограммы сходства видового состава диатомовых водорослей эпилбиозов на экспериментальных пластинах разных сроков отбора проб, полученные методом средней связи (метрика — коэффициент видового сходства Брея-Кертиса), для бухт Сухопутная (**а**), Золотой Рог (**б**) и обеих акваторий вместе (**в**): SI и GH — соответственно бухты Сухопутная и Золотой Рог

Fig. 6. Dendrograms of similarity for species compositions of diatoms in epibioses on experimental plates for different sampling terms obtained by average linkage method (metrics — Bray-Curtis coefficient of similarity) for the Sukhoputnaya Bay (**a**), Golden Horn Bay (**b**) and both these bays (**v**). Legend: SI and GH — Sukhoputnaya Bay and Golden Horn Bay, correspondingly

Виды *A. crystallina*, *G. tenuissimum* и *N. hybrida* f. *hyalina* могут рассматриваться как потенциальные вселенцы в российские воды Японского моря, попавшие в бухту Золотой Рог с балластными водами судов дальнего плавания. На это указывает прежде всего находка их лишь в этой бухте, где происходит постоянный сброс таких вод (Звягинцев, 2005). Высокая вероятность вселения новых видов именно в бухту Золотой Рог обусловлена не только большими объемами сброса вод судами, но и утратой “биологического иммунитета” самими водами этой акватории. Последнее связано с высокими уровнями эвтрофирования и загрязнения, при которых снижается видовое разнообразие и появляется большое количество свободных экологических ниш (Александров, 2002). Несомненна здесь и роль термального загрязнения: в результате сбросов вод, прошедших систему охлаждения ВТЭЦ-2, воды в кутовой части бухты на несколько градусов теплее, чем воды соседних акваторий (Лучин и др., 2007).

Большая средняя плотность диатомовых водорослей в эпилбиозах бухты Золотой Рог по сравнению с бухтой Сухопутной и, наоборот, меньшая биомасса объясняются в первую очередь доминированием в течение большей части исследуемого периода (июль-август и октябрь-ноябрь) мелкоклеточной фитопланктонной диатомеи *S. costatum*, оседающей на макрообрастание в периоды своего “цветения” в фитопланктоне.

Нагрузки факторов, полученных методом главных компонент и вращением квартимакс при анализе плотностей диатомовых водорослей эпифилов на экспериментальных пластинах, экспонировавшихся в бухте Зологой Fog в летне-осенний период 2001 г.

Loadings of factors revealed by principle component method and quartimax axis rotation for densities of diatoms in epibioses on experimental plates exposed in the Golden Horn Bay in summer-autumn of 2001

Вид	Фактор (дата максимума фактора)										
	1 (01.06)	2 (15.06)	3 (02.07)	4 (16.07)	5 (15.08)	6 (31.08)	7 (15.09)	8 (02.10)	9 (16.10)	10 (29.10)	11 (13.11)
<i>Chaetoceros decipiens</i>	-0,986	0,045	0,036	0,046	0,039	0,045	0,055	0,079	0,020	0,082	0,053
<i>Cocconeis costata</i>	-0,986	0,045	0,036	0,046	0,039	0,045	0,055	0,079	0,020	0,082	0,053
<i>Navicula retusa</i> var. <i>cancellata</i>	-0,986	0,045	0,036	0,046	0,039	0,045	0,055	0,079	0,020	0,082	0,053
<i>Navicula</i> sp.	-0,986	0,045	0,036	0,046	0,039	0,045	0,055	0,079	0,020	0,082	0,053
<i>Pleurosigma elongatum</i>	-0,986	0,045	0,036	0,046	0,039	0,045	0,055	0,079	0,020	0,082	0,053
<i>Fragilaria striatula</i>	0,053	-0,970	0,041	0,065	0,058	0,112	0,079	0,101	0,008	0,117	0,060
<i>Licmophora abbreviata</i>	0,096	-0,967	0,063	0,081	0,071	0,128	0,089	0,087	0,029	0,039	0,079
<i>Tabularia fasciculata</i>	0,194	-0,771	0,256	0,185	0,179	-0,193	0,206	0,187	0,222	0,220	0,155
<i>Amphora angusta</i>	0,195	0,226	-0,852	-0,168	0,194	0,178	0,198	0,179	-0,004	0,013	0,131
<i>Eucampia zodiacus</i>	0,118	0,134	-0,800	0,184	0,103	0,136	0,130	-0,443	0,164	0,119	0,104
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	0,073	0,070	-0,007	-0,980	0,082	0,044	0,071	0,043	0,032	0,072	0,082
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0,073	0,070	-0,007	-0,980	0,082	0,044	0,071	0,043	0,032	0,072	0,082
<i>Ditylum brightwellii</i>	0,090	0,086	0,004	-0,978	-0,029	0,059	0,089	-0,009	0,042	0,053	0,106
<i>Gyrosigma tenuissimum</i>	0,116	0,119	0,102	0,082	-0,954	0,096	0,118	-0,063	0,071	0,115	0,007
<i>Cocconeis scutellum</i>	0,104	0,109	0,092	0,066	-0,947	0,080	0,106	0,136	0,064	0,116	0,121
<i>Amphora proteus</i>	0,010	0,024	0,038	0,081	0,066	-0,985	0,064	0,060	0,021	0,069	0,059
<i>Asterionella formosa</i>	0,072	0,021	0,035	0,077	0,063	-0,984	0,060	0,055	0,019	0,063	0,055
<i>Skeletonema costatum</i>	0,153	0,099	0,126	-0,064	0,009	-0,872	0,152	0,121	0,111	-0,343	0,135
<i>Diploneis smithii</i>	0,065	0,058	0,045	0,053	0,045	0,061	-0,982	0,068	0,053	0,072	0,074
<i>Diploneis subinecta</i>	0,065	0,058	0,045	0,053	0,045	0,061	-0,982	0,068	0,053	0,072	0,074
<i>Nitzschia vermicularis</i>	0,065	0,058	0,045	0,053	0,045	0,061	-0,982	0,068	0,053	0,072	0,074
<i>Donkinia recta</i>	0,085	0,083	0,060	0,073	0,068	0,081	-0,968	0,082	-0,072	0,093	0,091
<i>Psammodictyon panduriforme</i>	0,026	0,013	0,016	0,062	-0,019	0,051	0,039	-0,994	0,029	-0,002	0,040
<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	0,024	0,012	0,015	0,062	-0,019	0,050	0,038	-0,993	0,028	-0,001	0,062
<i>Odontella aurita</i>	0,028	0,023	0,026	0,071	-0,014	-0,003	0,049	-0,989	0,032	0,002	-0,104
<i>Nitzschia</i> sp.	0,059	0,051	-0,013	0,082	0,019	0,022	0,066	-0,983	-0,097	0,024	0,072
<i>Parlibellus delognei</i>	0,056	-0,003	0,028	-0,052	0,008	0,018	-0,161	-0,977	0,046	0,032	0,095
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	0,061	0,051	-0,069	-0,203	0,022	0,078	0,074	-0,961	0,026	0,036	0,096

<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	0,065	0,053	-0,137	-0,104	0,023	0,088	0,081	-0,959	0,065	-0,111	0,109
<i>Grammatophora marina</i>	0,082	0,066	0,070	0,125	0,041	-0,090	0,098	-0,941	-0,073	-0,242	-0,006
<i>Udatella lineolata</i>	0,138	0,182	0,109	0,140	0,164	0,143	0,119	0,098	-0,900	0,142	0,121
<i>Amphora hyalina</i>	0,040	0,017	0,015	0,057	0,024	0,062	0,054	-0,040	0,010	-0,985	0,124
<i>Rhoicosphenia marina</i>	0,035	0,015	0,012	0,047	0,026	0,054	0,048	0,108	0,010	-0,983	0,114
<i>Pleurosigma intermedium</i>	0,062	0,040	0,028	-0,024	0,034	0,083	0,073	-0,095	0,002	-0,982	-0,080
<i>Licmophora flabellata</i>	0,069	0,036	0,034	0,086	-0,039	-0,063	-0,096	-0,118	0,030	-0,976	0,047
<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	0,076	0,035	0,032	-0,013	0,011	-0,179	0,087	-0,095	0,020	-0,965	0,106
<i>Achnanthes brevipes</i>	0,110	0,088	-0,105	0,005	0,071	-0,101	0,119	-0,075	0,032	-0,901	-0,348
<i>Melosira lineata</i>	0,060	0,044	0,039	0,055	0,024	0,075	0,061	0,117	0,011	-0,873	-0,452
<i>Entomoneis atata</i>	0,051	0,054	0,049	0,022	0,000	0,049	0,033	0,038	0,010	-0,010	-0,993
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0,051	0,054	0,049	0,022	0,000	0,049	0,033	0,038	0,010	-0,010	-0,993
<i>Surirella fastuosa</i>	0,051	0,054	0,049	0,022	0,000	0,049	0,033	0,038	0,010	-0,010	-0,993
<i>Nitzschia longissima</i>	0,071	0,065	0,061	0,044	0,019	-0,147	0,050	0,053	-0,020	0,008	-0,978
<i>Melosira moniliformis</i>	-0,079	-0,145	0,085	0,054	0,034	0,091	0,070	0,080	0,033	0,037	-0,969
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,102	0,107	-0,260	0,096	0,052	0,107	0,070	0,110	0,071	-0,270	-0,890
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,099	0,064	0,068	0,083	0,057	-0,714	0,076	0,074	-0,023	0,048	-0,669
Объясняемая дисперсия	5,168	2,731	1,639	3,186	1,984	3,539	4,167	8,090	0,963	6,831	6,701
Доля объясняемой дисперсии	0,115	0,061	0,036	0,071	0,044	0,079	0,093	0,180	0,021	0,152	0,149

Примечание. Здесь и в табл. 7 жирным шрифтом выделены нагрузки > 0,7 (49 % и более дисперсии переменной объясняется действием данного фактора), жирным курсивом — нагрузки > 0,5 (> 25 %).

Таблица 6
Нагрузки факторов, полученных методом главных компонент и вращением квартимакс при анализе плотностей диатомовых водорослей эпибиозов на экспериментальных пластинах, экспонировавшихся в бухте Сухопутная в летне-осенний период 2001 г.

Table 6
Loadings of factors revealed by principle component method and quartimax axis rotation for densities of diatoms in epibioses on experimental plates exposed in the Sukhoputnaya Bay in summer-autumn of 2001

Вид	Фактор (дата максимума фактора)										
	1 (01.06)	2 (15.06)	3 (02.07)	4 (16.07)	5 (15.08)	6 (31.08)	7 (15.09)	8 (02.10)	9 (16.10)	10 (29.10)	11 (13.11)
<i>Navicula amorphila</i> var. <i>intermedia</i>	-0,953	0,218	0,048	0,067	0,076	0,072	0,111	0,064	0,044	0,074	0,049
<i>Tabularia fasciculata</i>	-0,925	0,225	0,096	0,057	0,090	0,110	0,143	0,104	0,093	0,115	0,091
<i>Pleurosigma elongatum</i>	-0,897	-0,226	-0,077	0,091	0,149	0,136	0,165	0,130	0,101	0,153	0,111
<i>Fragilaria striatula</i>	-0,873	-0,362	0,034	0,076	0,126	0,119	0,153	0,107	0,075	0,139	0,098
<i>Licmophora abbreviata</i>	-0,829	-0,449	0,029	0,137	0,167	0,154	0,118	0,146	0,042	0,042	-0,036

Вид	Фактор (дата максимума фактора)										
	1 (01.06)	2 (15.06)	3 (02.07)	4 (16.07)	5 (15.08)	6 (31.08)	7 (15.09)	8 (02.10)	9 (16.10)	10 (29.10)	11 (13.11)
<i>Parlibellus delognei</i>	-0,053	-0,967	0,017	0,065	0,115	0,075	0,064	0,082	0,075	-0,134	0,073
<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>adjuncta</i>	-0,074	-0,966	0,015	0,058	0,094	0,087	0,092	0,082	0,054	0,120	0,091
<i>Parlibellus rhombica</i>	-0,074	-0,966	0,015	0,058	0,094	0,087	0,092	0,082	0,054	0,120	0,091
<i>Nitzschia angularis</i>	0,190	0,182	-0,835	0,157	0,205	0,152	0,108	0,198	0,217	0,158	0,144
<i>Trachyneis aspera</i>	-0,004	0,307	0,620	0,249	0,256	0,207	0,210	0,252	0,331	0,236	0,280
<i>Pleurosigma clevei</i>	0,071	0,065	0,028	-0,980	0,041	0,128	0,051	0,018	0,048	0,076	0,011
<i>Tabularia tabulata</i>	0,071	0,065	0,028	-0,980	0,041	0,128	0,051	0,018	0,048	0,076	0,011
<i>Cocconeis costata</i>	0,117	-0,005	-0,072	-0,869	-0,093	-0,372	0,136	0,090	0,114	0,180	0,086
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0,062	0,039	-0,011	0,081	-0,978	0,068	0,061	0,085	0,044	0,062	0,104
<i>Ditylum brightwellii</i>	0,066	0,043	-0,007	0,086	-0,977	-0,006	-0,043	0,097	0,049	0,074	0,108
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	0,110	0,071	-0,005	0,125	-0,892	-0,233	-0,054	-0,276	0,050	0,114	0,147
<i>Gyrosigma tenuissimum</i>	0,164	0,119	0,061	-0,534	-0,789	-0,028	-0,005	0,135	0,006	0,162	-0,049
<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	0,211	0,133	0,099	-0,561	-0,705	-0,154	0,193	0,014	0,074	0,100	-0,197
<i>Navicula directa</i>	0,064	0,040	0,010	-0,003	0,056	-0,988	0,048	0,034	-0,027	0,106	0,009
<i>Actinocyclus senarius</i>	0,053	0,032	0,004	-0,014	0,046	-0,987	0,081	0,025	0,030	0,099	0,031
<i>Pleurosigma intermedium</i>	0,064	0,040	0,005	0,005	0,056	-0,979	0,036	-0,127	0,044	0,107	0,045
<i>Surirella fastuosa</i>	0,074	0,046	0,000	0,018	-0,344	-0,916	0,101	0,058	0,048	0,119	0,071
<i>Ardissonea crystallina</i>	0,081	0,050	-0,003	0,034	-0,526	-0,819	0,105	0,071	0,054	0,122	0,087
<i>Licmophora flabellata</i>	0,102	0,032	0,015	0,077	0,110	-0,757	-0,491	0,102	0,032	-0,368	-0,099
<i>Melosira moniliformis</i>	0,098	0,073	0,002	-0,711	0,011	-0,657	-0,113	0,067	0,070	0,155	0,050
<i>Diploneis smithii</i>	0,018	0,035	0,016	0,065	0,061	0,038	-0,993	0,003	0,011	0,047	-0,027
<i>Eucampia zodiacus</i>	0,005	0,022	0,038	0,052	0,048	0,019	-0,992	0,083	-0,006	0,035	0,012
<i>Psammodyctyon panduriforme</i>	0,014	0,024	0,040	0,062	0,057	0,025	-0,992	0,050	-0,001	-0,059	0,017
<i>Rhoicosphenia marina</i>	0,037	0,042	0,042	-0,025	0,039	-0,074	-0,987	-0,089	-0,003	0,066	0,039
<i>Entomoneis alata</i>	0,040	0,044	0,050	0,094	0,059	0,054	-0,978	-0,125	-0,046	0,054	-0,025
<i>Nitzschia vermicularis</i>	0,036	0,034	0,044	0,089	0,074	0,045	-0,970	-0,101	0,014	-0,169	0,001
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	0,055	0,066	-0,131	0,100	-0,106	0,063	-0,958	0,140	0,046	0,079	0,061
<i>Lyrella lyra</i>	0,070	0,079	-0,126	-0,097	-0,099	0,089	-0,953	0,144	0,056	0,095	0,064
<i>Cocconeis scutellum</i>	0,062	0,067	-0,076	0,055	0,101	-0,072	-0,952	-0,214	0,061	0,088	0,064
<i>Trigonium arcticum</i> f. <i>baleanum</i>	0,011	-0,352	0,047	-0,161	-0,200	0,108	-0,867	0,143	0,043	0,122	0,083
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	0,059	-0,062	0,069	-0,430	0,067	0,124	-0,829	0,112	0,039	0,105	-0,267
<i>Undatella lineolata</i>	0,049	0,043	0,038	0,053	0,082	-0,567	-0,812	-0,014	0,031	-0,020	0,046
<i>Amphora proteus</i>	0,133	0,102	0,004	0,116	-0,425	-0,023	-0,782	-0,339	0,108	0,137	-0,141
<i>Nitzschia sigma</i>	0,059	0,049	0,021	0,119	0,068	0,080	-0,648	-0,732	0,067	0,052	0,073
<i>Grammatophora marina</i>	0,203	0,042	-0,039	-0,256	0,228	0,129	-0,567	-0,471	0,004	-0,223	-0,478

<i>Diploneis interrupta</i>	0,070	0,042	-0,006	0,105	0,045	0,084	0,022	-0,978	0,088	0,035	0,080
<i>Navicula perthombus</i>	0,070	0,042	-0,006	0,105	0,045	0,084	0,022	-0,978	0,088	0,035	0,080
<i>Nitzschia</i> sp.	0,155	0,104	0,020	-0,055	-0,064	-0,154	-0,018	-0,948	-0,122	0,087	0,115
<i>Amphora angusta</i>	0,290	0,190	0,171	-0,155	0,097	0,143	-0,281	-0,668	0,036	-0,019	-0,519
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0,124	0,090	0,027	0,092	0,101	0,096	0,121	0,056	-0,956	0,058	0,115
<i>Chaetoceros didymus</i>	0,124	0,090	0,027	0,092	0,101	0,096	0,121	0,056	-0,956	0,058	0,115
<i>Amphora hyalina</i>	0,212	0,076	0,051	0,182	-0,557	-0,116	0,236	0,167	-0,563	-0,216	-0,377
<i>Skeletonema costatum</i>	0,064	0,011	0,020	0,047	0,066	0,023	0,086	0,090	-0,021	-0,985	0,053
<i>Achnanthes brevipes</i>	0,108	0,046	0,030	0,035	-0,008	0,058	0,114	0,129	0,005	-0,967	0,124
<i>Donkinia recta</i>	0,103	0,039	0,029	0,075	0,103	-0,070	0,067	0,056	-0,221	-0,951	0,067
<i>Navicula distans</i>	0,071	0,029	-0,044	-0,005	0,097	0,040	-0,272	0,129	0,094	-0,935	0,085
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,118	0,040	0,035	0,117	0,097	0,078	0,125	-0,207	-0,040	-0,924	-0,199
<i>Thalassia hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	0,107	0,054	-0,092	0,056	-0,044	0,084	0,104	-0,305	0,149	-0,906	0,136
<i>Odontella aurita</i>	-0,366	0,060	0,029	0,090	0,119	0,073	-0,051	0,078	0,111	-0,901	-0,012
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,062	-0,492	-0,004	0,120	-0,065	0,036	0,170	0,169	0,065	-0,819	-0,028
<i>Nitzschia longissima</i>	0,138	0,060	0,034	-0,174	-0,618	0,127	0,148	0,108	0,086	-0,702	-0,121
<i>Cocconeis</i> sp.	0,167	0,089	0,033	0,159	0,137	0,129	0,154	-0,458	-0,525	-0,626	0,047
<i>Striatella unipunctata</i>	0,120	0,065	0,029	-0,409	0,072	-0,690	0,147	0,091	-0,008	-0,542	0,091
<i>Navicula</i> sp.	0,095	0,055	-0,013	0,131	0,046	0,089	0,110	0,067	0,055	0,066	-0,968
<i>Bacillaria paxillifer</i>	0,117	0,057	0,064	-0,199	-0,005	0,126	0,115	0,057	0,052	0,077	-0,948
<i>Rhabdonema arcuatum</i>	0,125	0,081	-0,101	0,165	0,092	0,116	-0,431	0,130	0,073	0,096	-0,838
<i>Melosira moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i>	-0,484	0,175	0,073	0,119	0,092	-0,425	0,184	0,089	0,069	0,136	-0,679
Объясняемая дисперсия	5,032	4,027	1,254	4,782	5,640	7,087	13,174	5,155	2,845	8,801	4,202
Доля объясняемой дисперсии	0,081	0,065	0,020	0,077	0,091	0,114	0,212	0,083	0,046	0,142	0,068

Снижение количественных характеристик бентосных диатомей в эпибиозах бухты Золотой Рог относительно бухты Сухопутной и увеличение здесь соответствующих показателей у фитопланктонных видов может быть обусловлено разными причинами. Во-первых, это отсутствие макрофитного звена в кутовой части бухты, служащего природным субстратом для колониальных и свободноживущих бентосных форм диатомей, во-вторых — резкие скачки концентраций загрязнителей в водах р. Объяснения, выпадающей в бухту. Например, во второй половине сентября в период повышенной концентрации нефтеуглеводородов в воде (8,07 мг/дм³) в эпибиозах бухты Золотой Рог были зафиксированы самые низкие показатели плотности (0,21 млн кл./м²) и биомассы (0,37 мг/м²) диатомовых водорослей на фоне смены доминирующего вида макрообрастания — полихет *P. limicola* на усоногих раков *A. improvisus*.

В бухте Золотой Рог по сравнению с фоновой акваторией отмечены более низкая прозрачность воды, высокая концентрация органических веществ и нефтепродуктов, вдвое меньшее содержание растворенного кислорода и карбонат-ионов, повышенный уровень токсических соединений (ПХБ, ХЭБ, тяжелых металлов) (Корякова и др., 2002, 2003). Численность сапрофитов, гнилостных анаэробов и нефтеокисляющих бактерий здесь в два раза превышает такую в бухте Сухопутной.

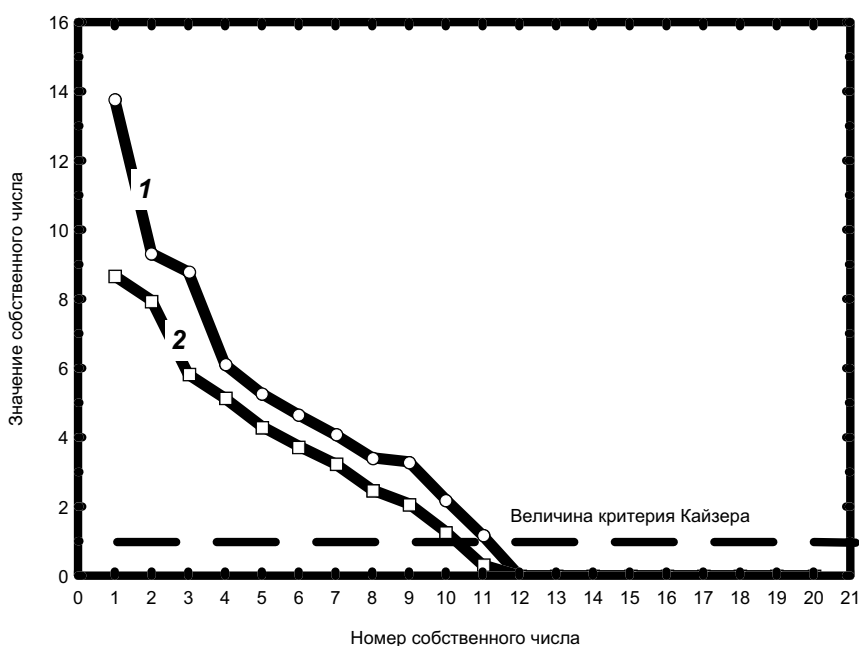


Рис. 7. Результаты теста “каменистой осыпи” для факторных решений, полученных при анализе структуры взаимосвязей плотностей поселения видов диатомовых водорослей эпibiозов на экспериментальных пластинах в бухтах Сухопутная (1) и Золотой Рог (2)

Fig. 7. Results of “scree-plot” test for factor solutions revealed for interrelation structure of settlement densities of diatoms in epibioses on experimental plates mounted in the Sukhoputnaya Bay (1) and Golden Horn Bay (2)

Таблица 7

Матрица коэффициентов корреляции первичных кластеров переменных (плотность поселения микроводорослей эпibiозов) для экспериментальных пластин в бухтах Сухопутная (над диагональю) и Золотой Рог (под диагональю)

Table 7

Matrix of correlation coefficients between primary clusters of variables (settlement densities of diatoms in epibioses) for experimental plates mounted in the Sukhoputnaya Bay (above the diagonal) and Golden Horn Bay (below the diagonal)

Клас-тер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	<u>1,000</u>	-0,099	0,002	-0,015	0,264	-0,004	0,046	-0,211	-0,108	-0,147	0,077
2	0,066	<u>1,000</u>	-0,005	-0,105	-0,022	-0,195	-0,130	-0,151	-0,021	0,002	0,044
3	-0,099	0,122	<u>1,000</u>	0,180	-0,082	0,260	-0,017	-0,225	-0,141	-0,115	0,035
4	-0,124	-0,146	-0,084	<u>1,000</u>	-0,033	0,225	-0,074	-0,262	-0,197	-0,127	0,012
5	-0,098	-0,124	-0,114	-0,094	<u>1,000</u>	-0,068	-0,041	-0,267	-0,187	-0,074	0,009
6	-0,091	0,090	-0,096	-0,104	-0,133	<u>1,000</u>	-0,069	-0,176	-0,115	-0,144	0,058
7	-0,017	-0,090	-0,122	-0,098	-0,102	-0,053	<u>1,000</u>	0,000	-0,158	-0,155	0,049
8	-0,148	-0,154	-0,108	-0,110	-0,130	-0,008	-0,134	<u>1,000</u>	0,250	-0,127	-0,184
9	-0,029	-0,132	-0,062	-0,107	-0,111	-0,094	-0,069	-0,127	<u>1,000</u>	-0,104	0,024
10	-0,080	-0,136	-0,106	-0,091	-0,056	-0,127	-0,098	-0,127	-0,107	<u>1,000</u>	<u>0,018</u>
11	0,181	-0,049	-0,110	-0,164	-0,166	-0,180	0,067	-0,218	-0,147	-0,032	<u>1,000</u>

Примечание. Жирным шрифтом выделены максимальные коэффициенты корреляции.

Рост содержания органических веществ и детрита ведет к дефициту кислорода в придонном слое воды, что угнетает развитие донных форм диатомовых водорослей, чувствительных также и к снижению прозрачности воды. Некоторые тяжелые металлы, такие как кадмий, свинец, цинк и марганец, вызывают у диатомей морфофизиологические изменения, проявляющиеся в потере способности клетки к прикреплению, движению, склеиванию в колонии, снижению темпа деления, изменению формы и цвета хлоропластов, наступлению плазмолиза (Ковальчук и др.,

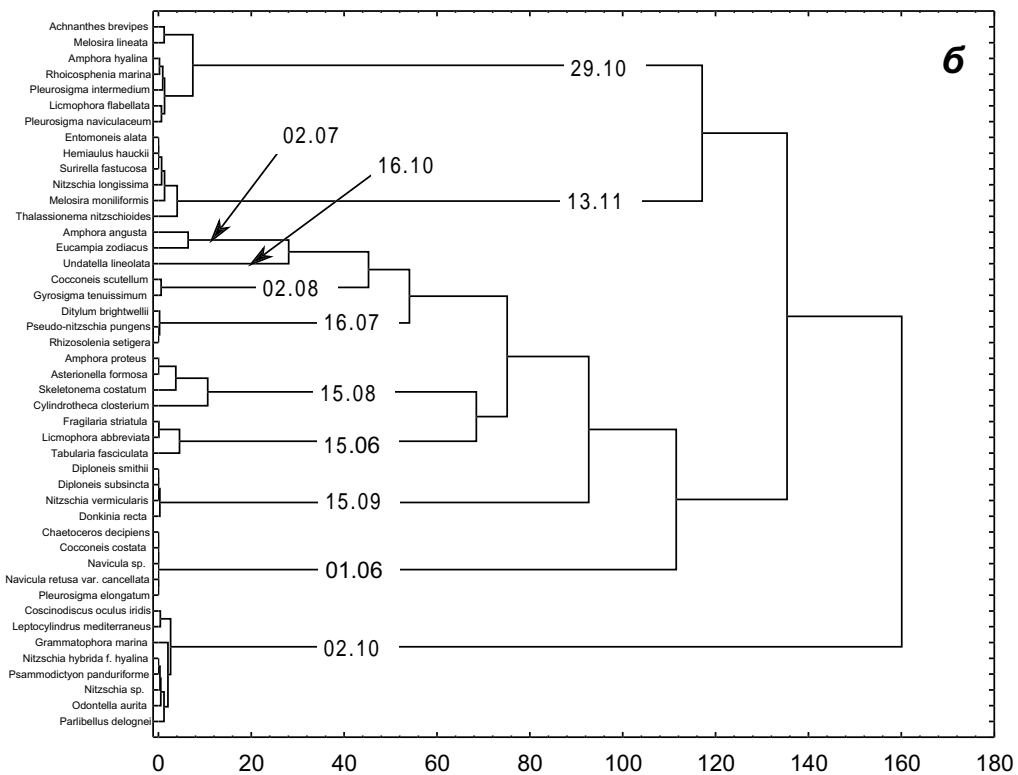
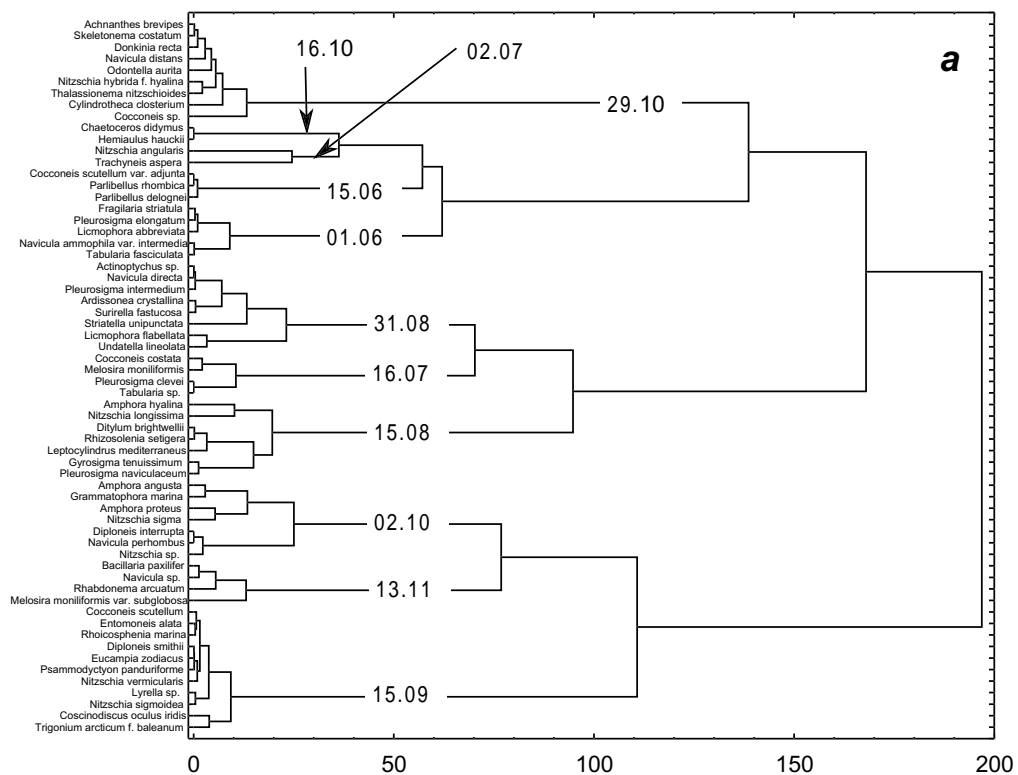


Рис. 8. Дендрогаммы сходства видов диатомовых водорослей эпибиозов по срокам оседания на экспериментальные пластины в бухтах Сухопутная (а) и Золотой Рог (б), полученные методом Уорда (метрика — квадрат евклидова расстояния)

Fig. 8. Dendrograms of similarity for species composition of diatoms in epibioses on experimental plates with different exposition mounted in the Sukhoputnaya Bay (a) and Golden Horn Bay (b) obtained by Ward's method (metrics — squared Euclidian distance)

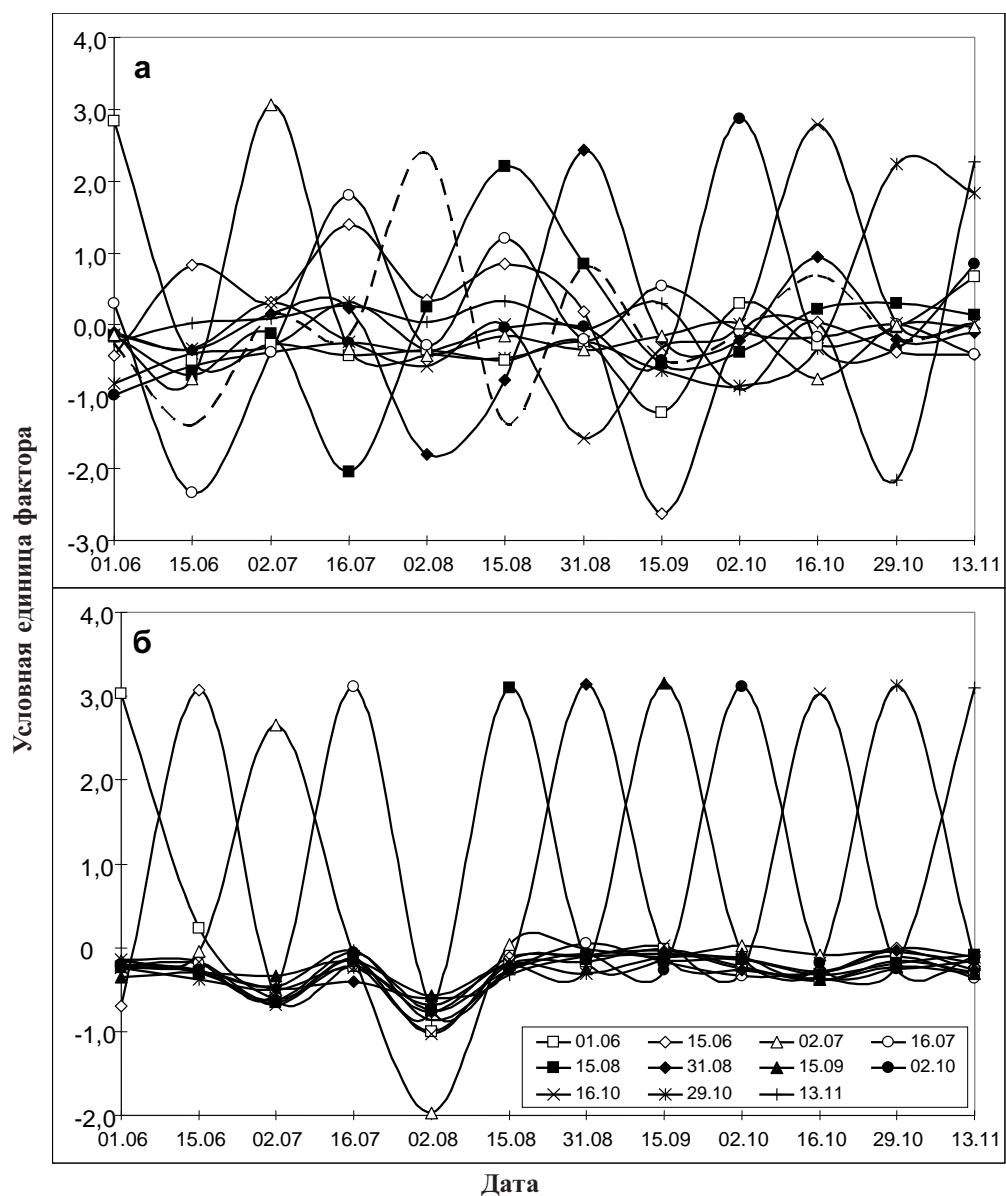


Рис. 9. Изменения значений факторов, полученных при анализе плотностей поселения диатомовых водорослей эпибиозов на экспериментальных пластинах в бухтах Золотой Рог (а) и Сухопутная (б)

Fig. 9. Fluctuations of scores of factors revealed for densities of diatoms in epibioses on experimental plates exposed in the Golden Horn Bay (а) and Sukhoputnaya Bay (б)

2008). В бухте Золотой Рог морфологические аномалии в форме и структуре панциря были характерны для диатомовых водорослей родов *Cocconeis*, *Melosira* и *Licmorhoga* из перифитона экспериментальных пластин с 15-суточным сроком экспозиции (Бегун, Рябушко, 2008; Бегун и др., 2009а, б; Бегун, Звягинцев, 2010).

Диатомовые водоросли *Amphora caroliniana*, *Tabularia fasciculata*, *S. costatum* и *M. moniliformis* — индикаторы значительного органического загрязнения (α -мезосапробионты), многочисленные в бухте Золотой Рог, — предпочитают воду, обогащенную растворенным органическим веществом, и способны переходить от автотрофного к гетеротрофному или смешанному типу питания. Мелкоклеточные виды родов *Navicula* и *Nitzschia*, достигающие в отдельные месяцы высоких количественных показателей, способны расти и развиваться в воде с высоким содержанием токсинов и нефтепродуктов (Андреева и др., 2002). В бухте Сухопутной хотя

и наблюдались два мощных максимума *o*-сапробионтов — индикаторов условно чистых морских вод, но в течение большей части исследуемого периода преобладали индикаторы умеренного загрязнения вод — β -мезосапробионты. Скорее всего, это обусловлено природным эвтрофированием вод в результате элиминации макрофитов и их минерализации в теплое время года. Другая возможная причина — подток загрязненных вод из бухты Горностаи, на берегах которой расположена городская свалка, а также поступление собственных промышленных и бытовых стоков этого района Владивостока (Belan et al., 2003; Белан и др., 2007).

Максимальные значения плотности и биомассы диатомовых водорослей перифитона экспериментальных пластин с 15-суточным сроком экспозиции в бухтах Золотой Рог и Сухопутная, выявленные ранее (Бегун и др., 2009а, б), были на 2–3 порядка ниже, чем соответствующие показатели у эпибиозов макрообрастания, анализируемых в данной работе. Такая закономерность уже была отмечена в море на пластмассовых модулях и стеклянных пластинах при разных сроках экспозиции (Рябушко, Завалко, 1992; Рябушко, 2009). Ее можно объяснить появлением на субстратах макроформ обрастания из мейо- и макробентоса, которые, в свою очередь, являются привлекательными субстратами для адгезии и поселения диатомовых водорослей. При этом сообщества микроперифитона приобретают некоторые черты стабилизации только на втором-третьем месяце после начала экспозиции, когда выявляются тенденции накопления биомассы обрастания.

Основным субстратом для поселения эпибионтных диатомей в летне-осенний период в бухтах Золотой Рог и Сухопутная были сообщества мидий *M. trossulus*, полихет *P. limicola*, колониальных асцидий, усоногих раков *B. crenatus* и *A. improvisus*. Известно, что при мозаичной колонизации стальных пластин баланусами, домики которых обладают защитным эффектом известкового слоя, интенсивность локальной коррозии поверхности экспериментальных пластин выше, чем при сплошном их поселении. Состав коррозионных агрегатов содержит вещества, оказывающие стимулирующее воздействие на биохимические реакции и обеспечивающие прикрепление определенных видов диатомовых водорослей к субстрату (Звягинцев, 2005).

Многие колониальные диатомей, развивающиеся в эпибиозах мидий, по способу питания — миксотрофы и в значительной степени могут питаться за счет экзометаболитов моллюсков и размножаться при недостатке света в присутствии органических веществ (Рябушко, 2002; Сапожников, 2003). Моллюски-фильтраторы выделяют в воду большое количество продуктов метаболизма, в результате чего диатомовая флора адаптирована к условиям высокой концентрации растворенного органического вещества (Андреева и др., 2008). Интересно, что при ослаблении освещенности и высокой концентрации взвешенных веществ в клетках эпибионтных диатомовых водорослей отсутствовали хроматофоры (Wuchter et al., 2003; Спетницкая и др., 2007). Согласно литературным данным, высокие концентрации взвеси и органики — характерные черты гиперэвтрофных вод бухты Золотой Рог (Корякова и др., 2002, 2003).

Снижение видового разнообразия и степени выравненности распределения видов по рангам, наблюдавшееся у диатомовых водорослей эпибиозов в бухте Золотой Рог по сравнению с бухтой Сухопутной, — отражение хорошо известной закономерности, отмеченной для ассоциаций многих организмов под воздействием стрессов. В частности, подобное явление отмечено у фитопланктона этих же акваторий (Бегун, 2004, 2006). В то же время у микроводорослей перифитона (15-суточные пластины) экологические индексы сравниваемых акваторий имеют сходные величины (Бегун и др., 2009а, б).

Известно, что видовое разнообразие — функция видового богатства и выравненности распределения особей по видам, а загрязнение приводит к изменению соотношения этих компонент (Pearson, 1987). Под его влиянием в сообществе начинают доминировать несколько толерантных видов, которые достигают аномально высокой плотности (в нашем случае в бухте Золотой Рог — *S. costatum*), а более чувствительные становятся редкими и исчезают. С ростом эвтрофикации

признаки метаболического прогресса — высокие продукция и биомасса отдельных видов — сохраняются на фоне экологического регресса — снижения числа видов и разнообразия. Эти закономерности характерны и для диатомовых водорослей — при увеличении содержания органики и усилении антропогенного пресса на фоне общего снижения плотности “аборигенные” виды замещаются “антропогенными” (Рябушко и др., 2004; Теренько, 2004; Рябушко, 2009). Однако такие изменения вдоль градиента стрессового фактора не монотонны и имеют несколько экстремумов (Тальских, 1991; Протасов, Павлюк, 2004). Так, изменение индекса Шеннона-Винера носит бимодальный характер с тремя минимумами — в области чистых вод (по степени эвтрофикации — *прим. авторов*), на границе умеренно загрязненных и загрязненных вод и в области грязных вод. Вероятно, в бухте Золотой Рог загрязнение вод (в донных отложениях другая ситуация) не достигло уровня “грязных” в терминах В.Н. Тальских (1991), А.А. Протасова и Т.Е. Павлюк (2004).

Выделенные факторы объединяют неких имеющих сходную встречаемость диатомей, так называемые рекуррентные виды, под которыми понимаются повторяющиеся в пространстве и времени группы совместно (в статистическом смысле слова) обитающих видов (Fager, 1963; Mills, 1969; Несис, 1977). Следовательно, каждый из этих факторов соответствует некоему сообществу или ассоциации диатомовых водорослей эпибиозов макрообрастания, развивающихся за период экспозиции, а его максимальные значения приходится на период расцвета или максимальной степени развития такого сообщества. Этот вывод правомочен даже с учетом изменчивости плотности микроводорослей: высокая вариабельность характерна для второстепенных видов, тогда как у доминантов и даже субдоминантов она невелика. А именно эти виды — основа того, что мы имеем в виду под терминами сообщество или ассоциация, и того, что находит свое математическое выражение в величинах факторов.

Динамика факторов однозначно свидетельствует о последовательной смене сообществ: в период исследований у каждого из них наблюдался лишь один максимум, а остальное время их значения в большинстве случаев были ничтожны. Таким образом, сообщества диатомовых водорослей, возникающие и развивающиеся в эпибиозах в течение 15 сут, по видовому составу были очень мало похожи друг на друга, и в период почти каждого нового срока экспозиции появлялась новая оригинальная “композиция” диатомовых водорослей. Следовательно, на двух исследованных акваториях немногим менее чем за полгода в эпибиозах макрообрастания визуализированы 22 комбинации (сообщества, ассоциации) видов этих организмов.

В то же время такая последовательная смена ассоциаций диатомей была характерна в большей степени для относительно чистой акватории — бухты Сухопутной. В откровенно грязной бухте Золотой Рог эта закономерность нарушена, что выражается в присутствии некоторых ассоциаций диатомей в течение более длительного срока или их сопряженности с другими комплексами этих организмов. Возможно, это отражает результат стрессового воздействия единого фактора — антропогенного загрязнения (химического, термального и органического).

На инициальной стадии развития — стадии более или менее быстрого поселения на оголенную поверхность некоторого числа видов — большую роль играют случайности рассеивания молоди и миграции животных (Леме, 1976). Затем в результате воздействия различных факторов возникают более или менее стабильные и длительно существующие сообщества, обычно все большей и большей структурной сложности, сменяющие друг друга до тех пор, пока не будет достигнуто равновесие между условиями среды и сообществом.

В нашем случае после полугодовой экспозиции мы не наблюдали каких-либо черт стабилизации диатомового комплекса в эпибиозах макрообрастателей, хотя вправе были ожидать их проявления на второй-третий месяц после начала эксперимента, в соответствии с утверждениями Л.И. Рябушко (2009). Наоборот, происходящее выглядело как случайный процесс появления и исчезновения различных видов диатомей, исключая, естественно, те из них, которые были на данный момент времени “фонообразующими” и задерживались в эпибиозах на более долгий, чем 15 сут,

срок. В бухте Золотой Рог это *S. costatum* и *Nitzschia* sp., в бухте Сухопутной — та же *Nitzschia* sp., *C. closterium*, *G. marina* и некоторые другие.

Как показывает повседневный опыт, для многих систем малые изменения начальных условий приводят к малым изменениям результата. Но есть ситуации, для которых справедливо противоположное, причем в последние годы стало ясно, что это типичное свойство многих систем (Шустер, 1988). В нашем случае, довольно незначительные изменения внешних условий — сильно ли меняется морская среда в середине гидрологического лета за две недели? — приводят к “катастрофическим” последствиям — один комплекс диатомей исчезает, а на его место приходит другой. Ранее нами (Moshchenko, Zvyagintsev, 2001) показано, что сообщества макрообрастания судов дальнего плавания даже одной конструкции, курсирующих вдоль одной и той же транспортной линии, причем в сходные сроки, крайне мало похожи друг на друга. Очевидно, это несходство — во многом результат тех же латентных факторов (процессов, слабых колебаний, воздействий), что и при развитии диатомовой пленки на эпибиозах макрообрастания.

Заключение

Впервые для дальневосточных морей России применен методологический подход в исследовании морских диатомовых водорослей с использованием эпибиозов экспериментальных пластин с нарастающим сроком экспозиции. В бухте Золотой Рог наблюдается снижение видового богатства диатомовых водорослей и показателей видового разнообразия Шеннона и выравненности Пиелу. Основными субстратами для развития эпибионтных диатомовых водорослей в исследуемых акваториях были сообщества мидий *M. trossulus*, усногих раков *A. improvisus* и *B. crenatus*, многощетинковых червей *P. limicola* и *H. ezoensis*, а также колониальных асцидий. В бухте Золотой Рог отмечено доминирование видов-индикаторов органического загрязнения вод α -мезосапробионтов, в то время как в бухте Сухопутной количественно преобладали виды-индикаторы соответственно умеренного и слабого уровня загрязнения — β -мезосапробионты и σ -сапробионты.

Общие плотность и биомасса бентосных форм диатомовых водорослей в бухте Золотой Рог значительно ниже, чем в бухте Сухопутной, на фоне высокой плотности осевших фитопланктонных форм, что является следствием угнетающего воздействия со стороны антропогенного загрязнения, выраженного в эвтрофикации, термальном и химическом загрязнении. Другое проявление влияния этих факторов — нарушение хода последовательной смены диатомовых комплексов. Зарегистрировано снижение показателей плотности диатомовых водорослей в бухте Золотой Рог в период резкого скачка концентрации нефтеуглеводородов в р. Объяснения, влияющей на экологию кутовой части бухты. Таким образом, можно сделать вывод о правомочности использования диатомовых водорослей эпибиозов макрообрастания в качестве экспериментальных модулей для оценки качества морских вод наряду с традиционными гидрохимическими и микробиологическими методами.

Работа выполнена при поддержке ФЦП “Мировой океан” на 2008–2012 гг. госконтракт № 01.420.1.2.0003 от 07 ноября 2008 г.; грантов ДВО-1 № 06-1-11-034 “Биологическая безопасность дальневосточных морей России” (2009–2011 гг.), ДВО-1 № 09-1-ОБН-08 “Оценка состояния морской среды методом биоиндикации по диатомовым сообществам обрастаний на природных и антропогенных субстратах” (2009–2011 гг.); ДВО-1 № 09-1-1123-01 и ДВО-1 № 09-1-1115-03, Целевой комплексной программы ДВО РАН “Биологическая безопасность Дальневосточных морей Российской Федерации”, гранта фонда APN ARCP2006-FP14-Adrianov, гранта РФФИ 09-04-00087-а.

Список литературы

Александров Б.Г. Гидробиологические основы управления состоянием прибрежных экосистем Черного моря : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Севастополь : ИНБЮМ, 2002. — 36 с.

Андреева Н.А., Смирнова Л.Л., Антонова Л.С. Альгофлора морских донных отложений, загрязненных химическими токсикантами (Керченский пролив, Черное море) // Современные проблемы альгологии : мат-лы Междунар. науч. конф. и VII Школы по морской биологии. — Ростов н/Д, 2008 — С. 14–16.

Андреева Н.А., Смирнова Л.Л., Хомич Т.В. Оценка состояния морской среды в прибрежных вольерах с дельфинами (*Tursiopsis truncatus ponticus* Barabasch, 1940) // Экология моря. — 2002. — Вып. 62. — С. 73–75.

Афифи А., Эйзен К. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ : монография. — М. : Мир, 1982. — 488 с.

Бегун А.А. Летне-осенний фитопланктон бухты Золотой Рог (Японское море) в условиях антропогенного загрязнения // Альгология. — 2006. — Т. 16, № 4. — С. 417–434.

Бегун А.А. Фитопланктон бухты Золотой Рог и Уссурийского залива (Японское море) в условиях антропогенного загрязнения // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 138. — С. 320–344.

Бегун А.А., Звягинцев А.Ю. Биоиндикация качества морской среды по диатомовым водорослям в обрастании антропогенных субстратов // Изв. ТИНРО. — 2010. — Т. 161. — С. 177–198.

Бегун А.А., Звягинцев А.Ю., Мощенко А.В. Состав, обилие и динамика сообществ микроводорослей перифитона в прибрежных водах некоторых акваторий залива Петра Великого Японского моря // Изв. ТИНРО. — 2009а. — Т. 157. — С. 50–79.

Бегун А.А., Рябушко Л.И., Звягинцев А.Ю. Состав и количественные характеристики микроводорослей перифитона экспериментальных пластин из разных по степени трофности акваторий залива Петра Великого (Японское море) // Альгология. — 2009б. — Т. 19, № 3. — С. 257–272.

Бегун А.А., Рябушко Л.И. Отклик микроводорослей планктона и перифитона на загрязнение морских вод // Современные проблемы регионального развития : мат-лы 2-й Междунар. науч. конф. — Биробиджан, 2008. — С. 101–102.

Белан Т.А., Мощенко А.В., Лишавская Т.С. Долговременные изменения уровня загрязнения морской среды и состава бентоса в заливе Петра Великого // Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России. — Владивосток : Дальнаука, 2007. — С. 50–74.

Бондарчук Л.Л., Возжинская В.В., Кейлис-Борок И.В. Эпифитные синузии объектов марикультуры Белого моря // Экология фауны и флоры прибрежных зон океана. — М. : ИОАН СССР, 1985. — С. 100–103.

Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA® — Статистический анализ и обработка данных в среде Windows® : монография. — М. : Информ.-издат. дом “Филинь”, 1998. — 608 с.

Звягинцев А.Ю. Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана : монография. — Владивосток : Дальнаука, 2005. — 432 с.

Кашина В.А. Диатомовые водоросли обрастания экспериментальных пластин Тауйской губы Охотского моря (предварительное сообщение) // Обрастание в Японском и Охотском морях. — Владивосток, 1975. — С. 180–183.

Ким Дж., Клекка У.Р., Мьюлер К.У. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ : монография. — М. : Финансы и статистика, 1989. — 312 с.

Ковальчук Ю.Л., Неврова Е.Л., Шалаева Е.А. Диатомовые обрастания твердых субстратов : монография. — М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2008. — 174 с.

Короткевич О.С. Диатомовая флора литорали Баренцева моря // Тр. Мурман. мор. биол. ин-та. — 1960. — Вып. 1. — С. 68–338.

Корякова М.Д., Никитин В.М., Звягинцев А.Ю., Белогурова Л.С. Влияние загрязненных портовых вод на обрастание и коррозию высоколегированной стали // Биол. моря. — 2002. — Т. 28, № 2. — С. 138–142.

Корякова М.Д., Супонина А.П., Звягинцев А.Ю. О возможности оценки загрязнения портовых вод по минеральному составу сообщества обрастания // Океанол. — 2003. — Т. 43, № 2. — С. 203–208.

Кулаичев А.П. STADIA 6.0. Методы анализа и средства анализа данных в среде Windows : монография. — М. : НПО “Информатика и компьютеры”, 1996. — 256 с.

Леме Ж. Основы биогеографии : монография. — М. : Прогресс, 1976. — 309 с.

Лучин В.А., Соколов О.В., Плотников В.В. Межгодовая изменчивость температуры воды в деятельном слое Японского моря и возможность ее прогноза // Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала России. — Владивосток : Дальнаука, 2007. — С. 14–32.

Неврова Е.Л. Антропогенное влияние на микрофитобентос Севастопольской бухты // Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу. — Севастополь : Аквавита, 1999. — С. 168–175.

Несис К.Н. Общие экологические понятия в приложении к морским сообществам. Сообщество как континуум // Биология океана. Т. 2 : Биологическая продуктивность океана. — М. : Наука, 1977. — С. 5–13.

Николаев В.А. Сообщества диатомовых водорослей бентоса бух. Троицкой Японского моря // Ботан. журн. — 1970. — Т. 55, № 6. — С. 859–864.

Протасов А.А., Павлюк Т.Е. Использование показателей биоразнообразия для оценки состояния водных объектов и качества воды // Гидробиол. журн. — 2004. — Т. 40, № 6. — С. 3–17.

Рябушко Л.И. Видовой состав, сезонная динамика плотности и биомассы диатомовых водорослей твердых грунтов верхней сублиторали залива Восток Японского моря // Биол. моря. — 1990. — Т. 2, № 5. — С. 3–11.

Рябушко Л.И. Диатомовые обрастания мидии, культивируемой в Японском море // Сырьев. ресурсы и биол. основы рац. использ. промысл. беспозвон. : тез. докл. Всесоюз. совещ. — Владивосток, 1988. — С. 120–122.

Рябушко Л.И. Микроводоросли кожных покровов черноморских дельфинов-афалин и мест их обитания // Морські біотехнічні системи : зб. наук. статей. — Севастополь, 2002. — Вип. 2. — С. 188–203.

Рябушко Л.И. Микрофитобентос Черного моря : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Севастополь : ИнБЮМ НАНУ, 2009. — 44 с.

Рябушко Л.И., Бабич И.Н., Рябушко В.И., Смирнова Л.Л. Седиментация фитопланктона в бухте Казачья Черного моря (Украина) // Альгология. — 2004. — Т. 14, № 1. — С. 48–61.

Рябушко Л.И., Завалко С.Е. Микрофитообрастания искусственных и природных субстратов в Черном море // Ботан. журн. — 1992. — Т. 77, № 5. — С. 33–39.

Рябушко Л.И., Рябушко В.И. Сообщества диатомовых водорослей на раковинах моллюсков рода *Mytilus* L. // Альгология. — 1998. — Т. 8, № 3. — С. 254–259.

Сапожников Ф.В. Колониальные диатомеи — спутники моллюсков-фильтраторов // Экология моря. — 2003. — Вып. 64. — С. 309–312.

Спетницкая Н.А., Гогорев Р.М., Иванов М.В. К оценке питания беломорских культивируемых мидий фитопланктоном // Тез. докл. 8-й науч. сессии МБС СПбГУ. — СПб., 2007.

Тальских В.Н. Использование концепции инвариантных состояний биоценозов в экологическом мониторинге и нормировании загрязнения рек Средней Азии // Экологические модификации и критерии экологического нормирования : тр. Международ. симпоз. — Л. : Гидрометеиздат, 1991. — С. 163–184.

Теренько Г.В. Современное состояние прибрежного фитопланктона северо-западной части Черного моря и роль в нем динофитовых водорослей : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 2004. — 21 с.

Шустер Г. Детерминированный хаос : монография. — М. : Мир, 1988. — 240 с.

Belan T.A., Tkalin A.V., Lishavskaya T.S. The present status of bottom ecosystems of Peter the Great Bay (the Sea of Japan) // Pacific Oceanography. — 2003. — Vol. 1, № 2. — P. 158–167.

Fager E.W. Communities of organisms // In the sea. Vol. 2 : Interscience Publ. — 1963. — P. 415–437.

Mills E.I. The community concept in marine zoology, with comments on continua and instability in some marine communities: a review // J. Fish. Res. Bd Canada. — 1969. — Vol. 26. — P. 1415–1428.

Moshchenko A.V., Zvyagintsev A.Yu. Composition and structure of macrofouling communities on ocean-going ships of Far East Sea Basin // Ocean and Polar Research. — 2001. — Vol. 23, № 2. — P. 63–75.

Pearson T.H. Benthic ecology in an accumulating sludge-disposal site // Oceanic Processes in Marine pollution. Vol. 1 : Biological Processes and Wastes in the Ocean. — Malabar, Florida : R.E. Krieger Publ. Co., 1987. — P. 194–200.

Ryabushko L.I., Ryabushko V.I. Microphytocolony of Bivalve mollusks cultivated in the Sea of Japan // 9 Congr. National Soc. Franc. de Malacologie et Sympos. Inter. "Malacologie et Environnement Res.". — La Rochelle, 1993. — P. 47.

UNEP. Statistical Analysis and Interpretation of Marine Community Data. UNEP Reference Methods for Marine Pollution Studies. — 1995. — № 64. — 75 p.

Wuchter C., Marquardt J., Krumbein W.E. The epizoic diatom community on four bryozoan species from Helgoland (German Bight, North Sea) // Helgol. Mar. Res. — 2003. — Vol. 57. — P. 13–19.

Поступила в редакцию 16.09.10 г.