

**А.А. БЕГУН<sup>1</sup>, Л.И. РЯБУШКО<sup>2</sup>, А.Ю. ЗВЯГИНЦЕВ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Ин-т биологии моря им. А.В. Жирмунского ДО РАН,

ул. Пальчевского, 17, Владивосток 690041, Россия

[andrejbegun@yandex.ru](mailto:andrejbegun@yandex.ru); [ayzvyagin@gmail.org](mailto:ayzvyagin@gmail.org)

<sup>2</sup>Ин-т биологии южных морей им. А.О. Ковалевского,

пр. Нахимова, 2, Севастополь 299011, Крым

[larisa.ryabushko@yandex.ru](mailto:larisa.ryabushko@yandex.ru)

### **VACILLARIOPHYTA ПЕРИФИТОНА НАВИГАЦИОННЫХ БУЕВ В АКВАТОРИЯХ ЗАЛИВА ПОСЬЕТА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ, РОССИЯ)**

Исследован видовой состав диатомовых водорослей перифитона навигационных буюв в акваториях зал. Посьета, прилегающих к Дальневосточному морскому государственному природному биосферному заповеднику. Зарегистрировано 93 вида и внутривидовых таксона, относящихся к *Bacillariophyceae* (61), *Coscinodiscophyceae* (22) и *Fragilariophyceae* (10). Впервые для морского заповедника указано 43 вида *Bacillariophyta*. Для большинства фоновых буюв залива характерно высокое видовое разнообразие (73 вида) и доминирование видов  $\beta$ -мезосапробионтов – индикаторов умеренного органического загрязнения вод. В импактной буюв. Троицы отмечено низкое видовое разнообразие (24) и преобладание  $\alpha$ -мезосапробионтов – индикаторов значительного органического загрязнения, во многом обусловленное влиянием антропогенного загрязнения порта Зарубино и рыбокомбината.

**Ключевые слова:** *Bacillariophyta*, перифитон навигационных буюв, сапробионт, морской заповедник, залив Посьета, Японское море.

#### **Введение**

Видовой состав диатомовых водорослей микрофитобентоса акваторий, прилегающих к Дальневосточному морскому государственному природному биосферному заповеднику (ДВМГПБЗ) (о. Большой Пелис, архипелаг Римского Корсакова, буюв зал. Посьета: Рейд Паллада, Троицы и Витязь), созданного на юге Дальнего Востока России в 1978 г., впервые исследован в 70–80 гг. XX ст. (Николаев, 1970а, б, 1976; Рябушко, 1986). Изучение биоты в акваториях, подверженных влиянию судового балласта, к которым относятся некоторые акватории зал. Посьета, было проведено учеными Института биологии моря ДВО РАН. Целью этих исследований была оценка экологических рисков, а также мониторинг видов-вселенцев на шельфе Дальневосточных морей России (Звягинцев и др., 2012). Согласно последней сводке по инвентаризации

биоты морского заповедника, проведенной в 1984–2003 гг. (Дальневосточный ..., 2004), в ее состав входило более 5000 видов растений и животных. Из альгофлоры здесь основное внимание было уделено морскому фитопланктону (260 видов), пресноводным водорослям (1032) и макрофитам (170), в то время как флора морского микрофитобентоса зал. Посъета (Николаев, 1970б) не вошла в сводку биоты, а диатомовые водоросли перифитона искусственных субстратов практически не исследованы.

Цель работы – изучение видового состава *Bacillariophyta* перифитона навигационных биев в бухтах зал. Посъета, прилегающих к ДВМГПБЗ.

### Материалы и методы

Материалом для исследований послужили качественные пробы микроводорослей с 10 биев плавучего навигационного ограждения, выставленных в апреле 2011 г. перед открытием навигации маломерного флота в акваториях зал. Посъета, прилегающих к западному и восточному участкам ДВМГПБЗ на глубине 0,5–2,0 м и демонтированных в ноябре 2011 г. (рис. 1). Пробы отбирали 22 ноября с борта гидрографического судна тихоокеанского флота "ГС-84" (рис. 2). Описание координат навигационных биев и названия исследуемых акваторий приведены в табл. 1. Буй № 1–6 и 10 располагались в бухтах Рейд Паллада, Экспедиции, Новгородская, Портовая, Порт-Посъет, Витязь, не испытывающих влияния неочищенных сточных вод и иных источников антропогенного загрязнения, и рассматривались в качестве фоновых, а буй № 7–9 – в бухте Троицы, испытывающей хроническое антропогенное загрязнение в результате деятельности морского порта Зарубино и рыбокомбината (Белан, 2001; Кобзарь, Христофорова, 2012).

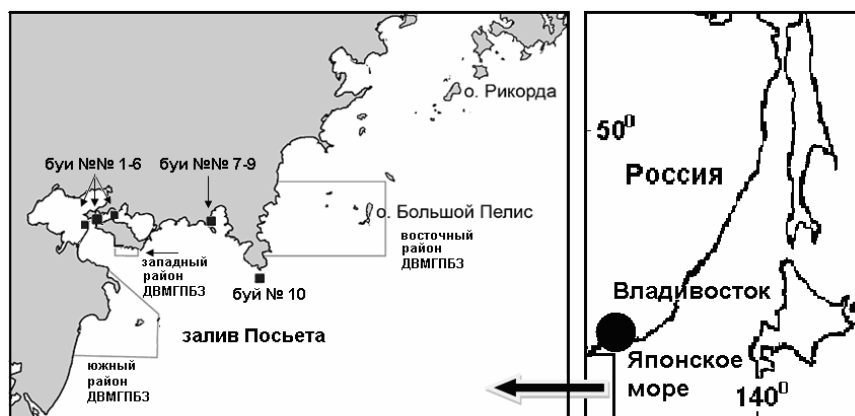


Рис. 1. Карта-схема района и станций исследования перифитона биев плавучего навигационного ограждения в акваториях зал. Посъета Японского моря, прилегающих к ДВМГПБЗ

Пробы всего комплекса макрообрастания [макрофиты с доминированием *Ulva linza* L., различные беспозвоночные — мидия *Mytilus trossulus* Gould, 1850, полихеты *Hydroides ezoensis* Okuda, 1934, *Nereiphylla hera* Kato & Mawatari, 1999, баянусы *Chthamalus challengeri* Hoek, 1883, *Amphibalanus reticulatus* (Utinomi, 1967), гидроиды *Turritopsis nutricula* (Mc Grady, 1856), *Sertularella inabai* Stechow, 1913, а также колониальные асцидии *Asciaceae* gen. sp.] металлических поверхностей навигационных буйев отбирали специальным скребком-сачком с режущим краем длиной 10 см и острым углом наклона к исследуемой поверхности площадью 50×50 мм<sup>2</sup>.



Рис. 2. Общий вид обросших буйев плавучего навигационного ограждения в акваториях, прилегающих к ДВМГПБЗ, в период их демонтажа в ноябре 2011 г.

С каждого буя с помощью синтетической щетки отбирали по 4 качественные пробы перифитона зеленых водорослей-макрофитов, обрастающих верхнюю часть буя, со средней части самой бочки буя и ее трубы и с якорной цепи (см. рис. 2). Полученные суспензии со смывами микроводорослей пропускали через капроновые фильтры «Nitex» («Sefar», Швейцария) с диаметром пор 20 и 80 микрон соответственно. Полученные фракции концентрировали методом осаждения до 4–5 мл. Пробы фиксировали 4 % раствором формалина и Утермёлем до бледно-желтого цвета. Постоянные препараты исследовали при помощи светового микроскопа «Olympus BX41» (объективы UPLanF1 100x/1/.30) с применением иммерсии (Бегун и др., 2009). Для оценки сходства качественного состава микроводорослей использовали коэффициент Сёренсена-Чекановского (Sørensen, 1948):  $K_S = 2N_{(A+B)} / (N_A + N_B)$ , где  $N_{A+B}$  — общее число видов в описаниях А и В;  $N_A$  и  $N_B$  — число видов. При анализе таксономической характеристики диатомовых водорослей опирались на классификационную систему Ф. Раунда с соавт. (Round et al., 1990) с дополнениями (Levkov, 2009). В работе использованы определители: Прошкина-Лавренко, 1963; Smith, 1853, 1856; Van Heurck, 1899; Cleve-Euler, 1953; Hendeу, 1964; и др.

Таблица 1

**Характеристика районов исследования буев плавучего навигационного ограждения в акваториях зал. Посъета Японского моря, прилегающих к ДВМГПБЗ**

Номер буя	Координаты	Наименование районов исследования	Уровень антропогенной нагрузки в акваториях
1	42°37,801 N 130°47,950 E	Коса Назимова, отделяющая бух. Рейд Паллада от бух. Экспедиции, прилегает к западному участку ДВМГПБЗ	Фоновая
4	42°38,04 N 130°47,95 E		
2	42°37,94 N 130°48,04 E	Остров Черкасского, бух. Рейд Паллада, прилегают к западному участку ДВМГПБЗ	Фоновая
3	42°38,82 N 130°48,78 E	Риф бух. Новгородской прилегает к западному участку ДВМГПБЗ	Фоновая
5	42°38,70 N 130°48,053 E	Мыс Рязанова, разделяющий бух. Портовую и Порт-Посъет, прилегает к западному участку ДВМГПБЗ	Фоновая
6	42°33,82 N 130°54,89 E	Банка Клыкова у входа в бух. Рейд Паллада, прилегает к западному участку ДВМГПБЗ	Фоновая
7	42°38,1 N 131°05,7 E	Остров Браузера, бух. Троицы	Импактная
8	42° 38,5 N 131°05,4 E		
9	42°38,325 N 131°05,13 E		
10	42°38,6 N 131°05,1 E	Мыс Шульца, вход в бух. Витязь, прилегает к восточному участку ДВМГПБЗ	Фоновая

### Результаты и обсуждение

В перифитоне обрастания навигационных буев зарегистрировано 93 вида и внутривидовых таксона (ввт) диатомовых водорослей (табл. 2), принадлежащих *Bacillariophyceae* (59 % общего числа видов), *Coscinodiscophyceae* (25 %) и *Fragilariophyceae* (16 %). Высоким видовым обилием отличался род *Nitzschia* Hassall (10 видов). Из найденных видов 59 % относятся к бентосным формам, 24 % – к бентопланктонным и 17 % – к планктонным, попавшим на субстрат в период взмучивания вод (рис. 3, А). В акватории зал. Посъета впервые зарегистрировано 43 вида и ввт *Bacillariophyta* (см. табл. 2).

Таблица 2

Видовой состав и эколого-фитогеографическая характеристика *Bacillariophyta* перифитона навигационных буев в зал. Посъета Японского моря, 2011 г.

Таксон	Экологическая характеристика			Фитогеографическая характеристика
	Жизненная форма	Отношение к солёности	Сапробность	
1	2	3	4	5
<b>BACILLARIOPHYTA</b>				
<i>Coscinodiscophyceae</i>				
<i>Coscinodiscales</i>				
<i>Coscinodiscaceae</i>				
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough*	П	М	—	Б
<i>C. oculus-iridis</i> Ehrenb.*	П	М	β	БТ
<i>C. radiatus</i> Ehrenb.	П	М	—	К
<i>Chaetocerotales</i>				
<i>Chaetocerotaceae</i>				
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	П	М	—	БТ
<i>C. curvisetus</i> Cleve	П	М		БТ
<i>Rhizoleniales</i>				
<i>Rhizoleniaceae</i>				
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle*	П	М	—	К
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle*	П	М	—	К
<i>Rhizolenia setigera</i> Brightw.*	П	М	—	К
<i>Aulacoseirales</i>				
<i>Aulacoseiraceae</i>				
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenb.) Simonsen	П	П	β	К
<i>Leptocylindrales</i>				
<i>Leptocylindraceae</i>				
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	П	М	—	К
<i>Arachnoidiscales</i>				
<i>Arachnoidiscaceae</i>				
<i>Arachnodiscus ehrenbergii</i> Bail.	БП	М	—	К
<i>Heliopeltaceae</i>				
<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenb.) Ehrenb.	БП	М	—	К
<i>Thalassiosirales</i>				

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
<b>Skeletonemaceae</b>				
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	П	МС	α	К
<b>Thalassiosiraceae</b>				
<i>Thalassiosira gravida</i> Cleve	П	М	–	К
<b>Stephanodiscaceae</b>				
<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i> Prasad*	П	С	–	БТ
<b>Biddulphiales</b>				
<b>Biddulphiaceae</b>				
<i>Biddulphia arctica</i> f. <i>balaena</i> (Ehrenb.) E.H. Jörg.*	П	М	–	АБ
<i>B. biddulphiana</i> (J.E. Smith) Boyer*	БП	М	–	Б
<i>Neohuttonia reichardtii</i> (Grunow) Hust.*	БП	М	–	БТ
<b>Triceratiales</b>				
<b>Triceratiaceae</b>				
<i>Auliscus sculptus</i> (W. Sm.) Ralfs ex Pritch.	П	М	–	БТ
<i>Odontella aurita</i> (Lyngb.) Agardh	БП	М	–	К
<i>O. granulata</i> (Roper) R. Ross*	БП	М	–	Б
<b>Plagiogrammaceae</b>				
<i>Dimeregramma minor</i> (Greg.) Ralfs ex Pritch.*	Б	М	–	АБТ
<i>Plagiogramma staurophorum</i> (Greg.) Heiberg	БП	М	–	К
<b>Cymatosirales</b>				
<b>Cymatosiraceae</b>				
<i>Plagiogrammopsis vanheurckii</i> (Grunow) Hasle, von Stosch & Syvertsen*	БП	М	–	Б
<b>Melosirales</b>				
<b>Melosiraceae</b>				
<i>Melosira lineata</i> (Dillw.) Agardh	БП	МС	α	АБТ
<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> (Grunow) Hust.*	БП	МС	α	Б
<b>Fragilariophyceae</b>				
<b>Fragilariales</b>				
<b>Fragilariaceae</b>				
<i>Diatoma tenuis</i> C. Agardh*	П	ПС	χ-ο	Б
<i>Falcula media</i> Voigt var. <i>subsalina</i> Proschk.-Lavr.*	БП	М	–	Б
<i>Fragilaria capucina</i> Desm.*	БП	ПС	ο-β	К
<i>F. crotonensis</i> Kitton *	БП	П	–	АБ
<i>Neosynedra provincialis</i> (Grunow) Williams et Round*	Б	М	–	Б
<i>Synedra toxoneides</i> Castrac.*	БП	М	–	Б
<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams et Round	Б	МС	α	К

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
<b>Licmophorales</b>				
<b>Licmophoraceae</b>				
<i>Licmophora abbreviata</i> Agardh*	Б	М	β	АБ
<i>L. flabellata</i> Agardh	Б	М	β	БТ
<b>Bacillariophyceae</b>				
<b>Achnanthes</b>				
<b>Achnantheaceae</b>				
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kütz.) Cleve*	Б	МС	β	К
<i>A. groenlandica</i> (Cl.) Grunow	Б	М	—	АБ
<i>A. longipes</i> C. Agardh	Б	М	β	АБТ
<b>Cocconeidaceae</b>				
<i>Cocconeis costata</i> Greg.	Б	М	β	К
<i>C. placentula</i> Ehrenb.	Б	ПС	о	К
<i>C. scutellum</i> Ehrenb.	Б	МС	β	К
<b>Naviculales</b>				
<b>Berkeleyaceae</b>				
<i>Berkeleya rutilans</i> (Trent. ex Roth) Grunow	Б	МС	—	АБ
<i>Parlibellus delognei</i> (V.H.) E.J. Cox	Б	М	—	АБТ
<i>P. rhombicus</i> (Greg.) E.J. Cox *	Б	МС	—	БТ
<b>Diploneidaceae</b>				
<i>Diploneis chersonensis</i> (Grunow) Cleve	Б	М	—	АБТ
<i>D. interrupta</i> (Kütz.) Cleve*	Б	МС	о	АБТ
<i>D. lineata</i> (Donkin) Cleve	Б	М	—	БТ
<i>D. smithii</i> (Bréb.) Cleve	Б	МС	—	К
<i>D. splendida</i> (Greg.) Cleve	Б	М	—	АБТ
<b>Amphipleuraceae</b>				
<i>Halamphora cymbifera</i> (Greg.) Levkov*	Б	М	α	БТ
<b>Naviculaceae</b>				
<i>Caloneis liber</i> (W. Smith) Cleve	Б	М	—	К
<i>Haslea subagnita</i> (Proschk.-Lavr.) I.V. Makarova et N.I. Karaeva*	Б	МС	—	Б
<i>Navicula cancellata</i> var. <i>retusa</i> (Bréb.) Cleve*	Б	ПС	—	АБ
<i>N. cryptocephala</i> Kütz.*	Б	ПС	α	АБТ
<i>Seminavis ventricosa</i> (Greg.) M. Garcia-Baptista	Б	М	β	К
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenb.) Cleve	Б	М	β	АБТ
<b>Lyrellales</b>				
<b>Lyrellaceae</b>				
<i>Lyrella clavata</i> (Greg.) D.G. Mann*	Б	М	—	БТ
<i>L. hennedyii</i> (W. Sm.) Stick. et D.G. Mann	Б	М	—	АБТ
<b>Plagiotropidaceae</b>				
<i>Plagiotropis elegans</i> (W. Sm.) Grunow*	Б	М	о	Б

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
<i>P. lepidoptera</i> (Greg.) Kütz.	Б	М	о	АБТ
<b>Pleurosigmataceae</b>				
<i>Carinasigma rectum</i> (Donkin) C. Reid*	БП	М	—	БТ
<i>Gyrosigma tenuissimum</i> (W. Sm.) Griff. et Henfr.	Б	МС	—	БТ
<i>Pleurosigma intermedium</i> W. Sm.*	Б	МС	—	АБТ
<i>P. naviculaceum</i> Bréb.*	Б	М	—	БТ
<b>Thalassiophysales</b>				
<b>Catenulaceae</b>				
<i>Amphora crassa</i> Greg.	Б	М	—	БТ
<i>Amphora hyalina</i> Kütz.	Б	М	β	АБТ
<i>A. proteus</i> Greg.	Б	М	β	К
<i>Undatella lineolata</i> (Ehrenb.) L.I. Ryab.*	Б	МС	β	АБТ
<b>Thalassiophysaceae</b>				
<i>Thalassiophysa hyalina</i> (Grev.) Paddock et P.A. Sims*	БП	М	—	БТ
<b>Bacillariales</b>				
<b>Bacillariaceae</b>				
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenb.) Reim. et Lewin	БП	МС	β	К
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenb.) Grunow	Б	ПС	α	АБТ
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Sm.*	П	П	α	Б
<i>N. angularis</i> W. Sm.	Б	М	α	К
<i>N. hybrida</i> f. <i>hyalina</i> Proschk.-Lavr.*	Б	МС	β	Б
<i>N. lanceolata</i> W. Sm.	Б	С	—	БТ
<i>N. longissima</i> (Bréb. ex Kütz.) Ralfs ex Pritch.	БП	МС	—	К
<i>N. palea</i> (Kütz.) W. Sm.*	Б	ПС	α	К
<i>N. scapelliformis</i> (Grunow) Grunow*	Б	С	—	БТ
<i>N. sigma</i> (Kütz.) W. Sm.	Б	С	о	АБТ
<i>N. spathulata</i> W. Sm.*	Б	М	—	БТ
<i>N. vermicularis</i> (Kütz.) Hantz. ex Rabenh.*	Б	МС	о	БТ
<i>Tryblionella apiculata</i> Greg.	Б	ПС	α	-
<i>T. hungarica</i> (Grunow) D.G. Mann*	Б	С	α	К
<b>Rhopalodiales</b>				
<b>Rhopalodiaceae</b>				
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenb.) O.F. Müll.	Б	С	—	АБТ
<b>Surirellales</b>				
<b>Surirellaceae</b>				
<i>Campylodiscus fastuosus</i> Ehrenb.*	Б	М	—	АБТ
<i>Surirella fastuosa</i> Ehrenb.	Б	М	—	АБТ
<b>Entomoneidaceae</b>				
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenb.) Ehrenb.	БП	С	—	АБТ
<b>Tabellariales</b>				
<b>Tabellariaceae</b>				



Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.*	БП	П	β	К
<b>Anaulales</b>				
<b>Anaulaceae</b>				
<i>Anaulus vallis</i> Nikolaev	Б	М	—	Б
<b>Ardissoneales</b>				
<b>Ardissoneaceae</b>				
<i>Ardissonea crystallina</i> (Agardh) Grunow	Б	МС	β	БТ
<b>Striatellales</b>				
<b>Striatellaceae</b>				
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngb.) Kütz.	Б	М	β	К
<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngb.) Agardh	БП	М	—	БТ
<b>Rhabdonematales</b>				
<b>Rhabdonemataceae</b>				
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngb.) Kütz.	БП	М	—	К
<b>Thalassionematales</b>				
<b>Thalassionemataceae</b>				
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow	БП	МС	—	АБТ

Условные обозначения. Приуроченность к местообитанию: Б — бентосный, БП — бентопланктонный, П — планктонный; отношение видов к солености воды: М — морской, МС — морской и солоноватоводный, С — солоноватоводный, ПС — пресноводно-солоноватоводный, П — пресноводный; сапробиологическая характеристика: α — альфа-мезосапробионт, β — бета-мезосапробионт, γ-о — ксено-олигосапробионт, о — олигосапробионт; фитогеографические элементы флоры: К — космополит, Б — бореальный, АБ — аркто-бореальный, АБТ — аркто-бореально-тропический, БТ — бореально-тропический вид; \* — новые виды для зал. Посьета.

Ранее в микрофитобентосе различных типов природных субстратов (макрофиты, камни и рыхлые грунты) зал. Посьета было зарегистрировано 295 видов и ввт диатомовых водорослей (Николаев, 1970б), однако после ревизии списка видов их количество сократилось до 280 (Рябушко 1986, 2013). Сравнение состава видов *Bacillariophyta*, обнаруженных в перифитоне макрообрастания навигационных буев, с данными микрофитобентоса природных субстратов зал. Посьета (Николаев, 1970а, б, 1976; Рябушко, 1986), показало, что около 30 видов для них являются общими. Кроме того, сравнение списков видов, обнаруженных в бухтах Троицы (Николаев, 1970а) и Витязь (Рябушко, 1986), показало их различие, но отмечено около десятка общих видов. Однако из 70 видов и ввт диатомовых водорослей, встреченных в микрослое донных осадков на поверхности природных субстратов бух. Витязь на глубине от 4 до 27 м, 29 видов были общими с перифитоном навигационных буев зал. Посьета.

Анализ флоры диатомовых перифитона навигационных буев в зал. Посьета по отношению к солености воды показал, что 58 % составляют

морские и 20 % – морские и солоноватоводные виды (рис. 3, Б). По данным В.А. Николаева (1970б), морские виды диатомовых в зал. Посыета достигали 62 % с примесью пресноводных и пресноводно-солоноватоводных (10 %), т. е. большинство видов принадлежит к морской флоре. В целом, видовой состав *Bacillariophyta* зал. Посыета имеет сходные черты с микрофитобентосом зал. Петра Великого Японского моря. Большинство видов ранее отмечалось в перифитоне экспериментальных пластин из различных материалов (Бегун и др., 2009, 2010) и в эпифитоне макрофитов (Бегун, 2013). В свою очередь, диатомовая флора микрофитобентоса Японского моря имеет много общих черт с морями умеренных широт: Черным (Рябушко, 2013), Азовским (Рябушко, Бондаренко, 2011), Белым (Бондарчук и др., 2001) и Охотским (Кашина, 1975), что выражается в наличии общих видов и сходстве некоторых эколого-фитогеографических элементов. Некоторые виды диатомовых водорослей зал. Посыета являются эвритермными, встречаются круглогодично, независимо от температуры воды, которая подвержена значительным изменениям в течение года за счет конвективного перемешивания вод и штормов.

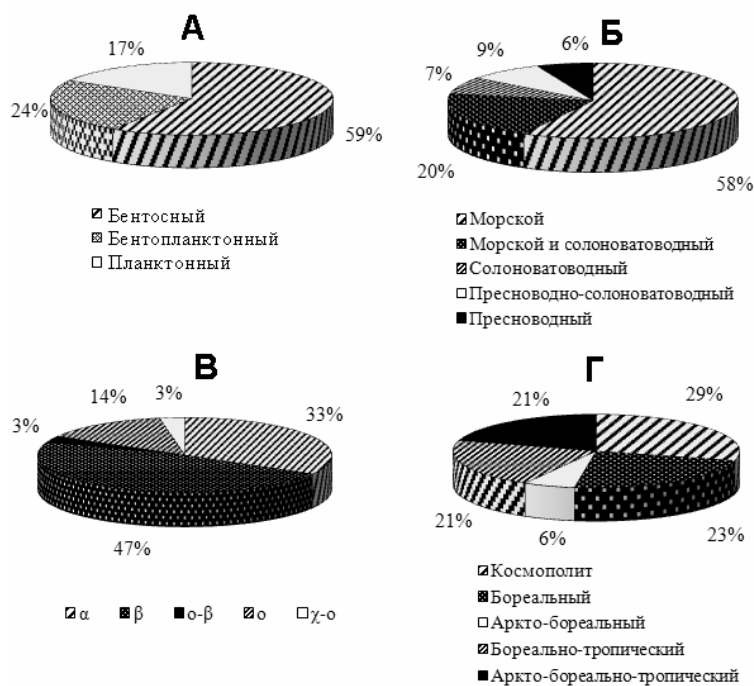


Рис. 3. Эколого-фитогеографическая характеристика *Bacillariophyta* перифитона навигационных буйев в акваториях, прилегающих к ДВМГПБЗ: А – жизненная форма; Б – отношение видов к солености воды; В – сапробиологическая характеристика ( $\alpha$  – альфа-мезосапробионт,  $\beta$  – бета-мезосапробионт,  $\alpha$ - $\beta$  – олиго-бета-мезосапробионт,  $\alpha$  – олигосапробионт,  $\chi$ - $\alpha$  – ксено-олигосапробионт); Г – фитогеографическая принадлежность

В перифитоне навигационных буев в зал. Посъета (бухты Рейд Паллада, Экспедиции, Новгородская, Портовая, Порт-Посъет, Витязь) наблюдалось высокое видовое богатство (73 вида) *Bacillariophyta*. Многие из них имеют высокую толерантность по отношению к галобности и температуре воды, позволяющим обитать им в широком диапазоне факторов среды. В осенний период в большинстве мелководных бухт зал. Посъета отмечены максимальные концентрации нитритов, нитратов, фосфатов и кремния, являющиеся важнейшими биогенными элементами, лимитирующими развитие диатомовых водорослей (Вышкварцев, 1984). Исследования различных групп макробентоса также свидетельствуют о том, что многие акватории зал. Посъета характеризуются преобладанием индикаторов загрязнения с высоким видовым разнообразием бентофауны и являются на сегодняшний день эталоном фоновых акваторий (Belan et al., 2003).

В зал. Посъета выявлено 36 видов-индикаторов органического загрязнения вод. Среди них 47 % занимают виды  $\beta$ -мезосапробионты – индикаторы умеренного органического загрязнения вод и индикаторы «условно чистых» вод –  $\alpha$ -сапробионты (14 %),  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробионты (3 %) и  $\chi$ - $\alpha$ -сапробионты (3 %) (рис. 3, В). В импактной бух. Троицы видовое богатство (24 вида) *Bacillariophyta* было почти в 3 раза ниже, чем в фоновых акваториях (см. табл. 1), а по числу видов преобладали индикаторы значительного органического загрязнения вод  $\alpha$ -мезосапробионты (33 %), что в значительной степени обусловлено хроническим воздействием антропогенного фактора со стороны морского порта Зарубино и рыбокомбината, находящегося на его территории. Среди  $\alpha$ -мезосапробионтов виды *Halamphora cymbifera*, *Tabularia fasciculata* и *Melosira moniliformis* доминируют в наиболее загрязненных органикой бухтах зал. Петра Великого Японского моря (Бегун и др., 2009, 2010).

Неочищенные сточные воды, поступающие в бухту, а также нефтепродукты, попадающие в акваторию из морского порта, определяют количественное развитие толерантных таксонов микроводорослей. Кроме того, в бух. Троицы эпизодически происходит выброс в воду различных токсикантов, в т.ч. тяжелых металлов, значительно превышающих минимально допустимую их концентрацию (Кобзарь, Христофорова, 2012) и оказывающих ингибирующее влияние на развитие большинства видов микроводорослей. В результате этого экологическая структура сообщества водорослей значительно упрощается, «аборигенные» виды замещаются «антропогенными», обладающими высокой толерантностью к загрязнению среды. Кроме того, соседство крупного морского порта, в акватории которого происходит постоянный слив большого объема неочищенного балласта с судов дальнего плавания (Белан, 2001), может оказать негативное влияние на биоту ДВМГПБЗ.

В результате деятельности морского транспорта (балластные воды и обрастание судов) следует также учитывать возможность переноса морских организмов и тот факт, что в зал. Петра Великого Японского моря действуют 2 вектора переноса видов – приазиатский и транс-тихоокеанский, представляющие собой потенциальную возможность переноса экзотических видов в акватории ДВМГПБЗ (Звягинцев и др., 2012).

Распространение диатомовых водорослей во многом связано с факторами течений и циркуляцией вод, оказывающих существенное влияние на проникновение тепловодной фауны и флоры в заливы и бухты Приморья. Как было показано ранее, диатомовые водоросли северо-западной части Японского моря принадлежат в основном к бореальному комплексу с космополитическими элементами флоры (Николаев, 1970б; Рябушко, 1986), что характерно для морей умеренных широт. В перифитоне навигационных буев зал. Посьета преобладают космополиты (29 %), бореальные (23 %), аркто-бореально-тропические и бореально-тропические (по 21 % соответственно) элементы диатомовой флоры (рис. 3, Л), что заметно выше, чем в близлежащих бухтах Сухопутная (6 %) (Бегун и др., 2009) или Рында (10 %) (Бегун и др., 2010).

В летне-осенний период воды зал. Посьета подвержены влиянию теплой ветви Восточно-Корейского течения (Вышкварцев, 1984). Это во многом определяет более значительную долю тепловодных видов диатомей по сравнению с зал. Восток, находящегося под существенным влиянием холодного Приморского течения, в микрофитобентосе каменистых грунтов которого отмечена меньшая доля тепловодных видов (Рябушко, 1986).

### **Заключение**

В акваториях зал. Посьета Японского моря на буях плавучего навигационного ограждения зарегистрировано 93 вида и ввт диатомовых водорослей, среди которых 43 приводятся впервые для залива и заповедника. В исследованных бухтах (Рейд Паллада, Экспедиции, Новгородская, Портовая, Порт-Посьет, Витязь) в перифитоне обрастания навигационных буев отмечено высокое видовое богатство (73 вида) и преобладание видов  $\beta$ -мезосапробионтов (47 %), указывающих на умеренный уровень органического загрязнения вод. Для импактной бух. Троицы выявлено низкое видовое богатство перифитона (24 вида) и преобладание  $\alpha$ -мезосапробионтов (33 %), свидетельствующие о высоком уровне органического загрязнения вод со стороны порта Зарубино и рыбокомбината, находящегося на его территории. Уровень

видового сходства диатомовых водорослей перифитона навигационных бух между фоновыми акваториями зал. Посьета и его импактной бух. Троицы составляет 15 %.

Для осуществления мониторинга биоты в морском заповеднике и прилегающих к нему акваторий на начальном этапе необходимо создать базу данных о видовом составе и количественном его распределении. Учитывая малую изученность микрофитобентоса этих акваторий, в дальнейшем следует расширить флористические и гидробиологические исследования, включая мониторинг не только видового состава, но и данные о сезонной динамике количественных показателей микро-водорослей.

*Работа выполнена при поддержке Проекта программы развития ООН и Глобального экологического фонда «Укрепление морских и прибрежных особо охраняемых территорий России», грантов РФФИ № 10-04-01438-а, РФФИ № 11-04-00618-а и ДВО № 12-1-ОБН-09, № 12-1-П4-02, № 12-1-П30-09, "ДВО-3 № 15-П-6-002", Работа проведена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 14-34-50597 и РФФИ № 15-04-05643.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бегун А.А. Видовой состав *Vacillariophyta* эпифитона макрофитов в заливе Петра Великого (российское побережье Японского моря) // Альгология. — 2013. — 23(3). — С. 1–23.
- 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) // Там же. — 2009. — 19(3). — С. 257–272.
- Бегун А.А., Рябушко Л.И., Звягинцев А.Ю. *Vacillariophyta* перифитона экспериментальных пластин в бухте Золотой Рог (российское побережье Японского моря) в условиях антропогенного загрязнения // Там же. — 2010. — 20(4). — С. 449–470.
- Белан Т.А. Особенности обилия и видового состава бентоса в условиях загрязнения: Залив Петра Великого, Японское море: Автореф. дис ... канд. биол. наук. — Владивосток, 2001. — 24 с.
- Бондарчук Л.Л., Кулаковский Э.Е., Халаман В.В. Начальные стадии колонизации искусственных субстратов микроводорослями в условиях марикультуры мидий (Белое море) // Исследования фитопланктона в системе мониторинга Балтийского моря и других морей СССР. — М.: Наука, 2001. — С. 256–266.
- Вышковарцев Д.И. Физико-географическая и гидрохимическая характеристики мелководных бухт залива Посьета // Гидробиологические исследования заливов и бухт Приморья. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. — С. 4–11.
- Дальневосточный морской биосферный заповедник. Биота. Т. II. / Отв. ред. А.Н. Тюрин, А.Л. Дроздов. — Владивосток: Дальнаука, 2004. — Т. 2. — 848 с.

- Звягинцев А.Ю., Ивин В.В., Кашин И.А., Бегун А.А., Городков А.Н. Чужеродные виды в Дальневосточном морском государственном биосферном заповеднике // Изв. ТИНРО. – 2012. – 170. – С. 60–81.
- Кашина В.А. Диатомовые водоросли обрастания экспериментальных пластин Тауйской губы Охотского моря (предварительное сообщение) // Обрастание в Японском и Охотском морях. – Владивосток: АН СССР ДВНЦ ИБМ, 1975. – № 3. – С. 180–183.
- Кобзарь А.Д., Христофорова Н.К. Оценка загрязнения вод залива Петра Великого тяжелыми металлами по их содержанию в бурых водорослях-макрофитах // Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря. – Владивосток: Изд. дом Дальневост. федерал. ун-та, 2012. – С. 362–381.
- Николаев В.А. Сообщества диатомовых водорослей бентоса бухты Троицкой Японского моря // Ботан. журн. – 1970а. – 55(6). – С. 859–864.
- Николаев В.А. Диатомовые водоросли бентоса залива Посыет Японского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ленинград, 1970б. – 17 с.
- Николаев В.А. Вертикальное распределение бентосных диатомовых водорослей в заливе Посыета // Прибреж. сообщ. дальневосточ. морей. – 1976. – (6). – С. 94–98.
- Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли бентоса Чёрного моря. – М.; Л.: Наука, 1963. – 243 с.
- Рябушко Л.И. Диатомовые водоросли верхней сублиторали северо-западной части Японского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 1986. – 24 с.
- Рябушко Л.И. Микрофитобентос Черного моря. – Севастополь: ЭКОСИ–Гидрофизика, 2013. – 416 с.
- Рябушко Л.И., Бондаренко А.В. Микроводоросли планктона и бентоса Азовского моря (Чек-лист, синонимика, комментарий). – Севастополь: ЭКОСИ–Гидрофизика, 2011. – 211 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 Oceanogr. – 2003. – 1(2). – P. 158–167.
- Cleve-Euler A. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. – Stockholm: Almqvist & Wiksells Boktryck. AB, 1953a. – Teil II. – 158 S; 1953b. – Teil III. – 255 S.
- Hendey N.I. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Pt 5. *Bacillariophyceae* (Diatoms). – London, 1964. – 740 p.
- Levkov Z. *Amphora* sensu lato. – Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. – A.R.G. Gantner Verlag K.-G., 2009. – P. 5–916.
- Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. The Diatoms. Biology and morphology of the genera. – Cambridge: Cambridge Univ., 1990. – 747 p.
- Smith W.F. A Synopsis of the British Diatomaceae. – London, 1853. – Vol. 1. – 89 p.
- Smith W.F. A Synopsis of the British Diatomaceae. – London, 1856. – Vol. 2. – 107 p.

*Sørensen T.* A new method of establishing group of equal amplitude in plant sociology based on similarity of a species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons // Kgl. Dan. Videnskab. selskab. Biol. Skr. – 1948. – 5(4). – S. 1–34.

*Van Heurck H.* Traité Des Diatomées. – Anvers: Éd. Trais de l'Auteur, 1899. – 574 s.

Поступила 3 июня 2013 г.

Подписала в печать А.В. Лищук-Курейшевич

ISSN 0868-8540. *Algologia*. 2015, 25(1): 41–55 <http://dx.doi.org/10.15407/alg25.01.041>

*A.A. Begun*<sup>1</sup>, *L.I. Ryabushko*<sup>2</sup>, *A.Yu. Zvyaginsev*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology of the Far Eastern Branch of the RAS,  
17, Palchevsky St., Vladivostok 690041, Russia

<sup>2</sup>A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas,  
2, Nakhimov Ave., Sevastopol 299011, Crimea

#### **BACILLARIOPHYTA OF PERIPHYTON OF NAVIGATION BUOYS IN THE POSYET BAY AREA (THE SEA OF JAPAN, RUSSIA)**

Species composition of diatoms overgrowing navigation buoys in water areas of Posyet Bay of the Sea of Japan adjacent to the Far East Marine State Nature Biosphere Reserve is studied. Totally 93 species and intraspecies taxa of diatoms from *Bacillariophyceae* (61), *Coscinodiscophyceae* (22) and *Fragilariophyceae* (10) are registered. 43 taxa are first cited for the reserve. Most of the coves of the Bay are characterized by high species diversity (73 species) of periphyton *Bacillariophyta* and the dominance of  $\beta$ -mezosaprobionts, indicators of moderate organic pollution. In the cove of Trinity low species diversity (24) and the predominance of  $\alpha$ -mezosaprobionts were recorded, largely due to the influence of anthropogenic pollution caused by port of Zarubino and fish factory.

**К e y w o r d s:** *Bacillariophyta*, periphyton, navigation buoys, saprobiont, Posyet Bay, Sea of Japan.