

ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

УДК 574.5:551.468

**МОНИТОРИНГ ФИТОПЛАНКТОНА НА АКВАТОРИИ
МАРИКУЛЬТУРНОГО ХОЗЯЙСТВА В БУХТЕ РИФОВАЯ
(ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

© 2014 г. О. Г. Шевченко^{1,2}, А. А. Пономарева², С. И. Масленников¹

¹Институт биологии моря им. А. В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток, 690041

²Научно-образовательный комплекс «Приморский океанариум» ДВО РАН,

Владивосток, остров Русский, 690091

E-mail: 713553@mail.ru

Исследованы качественные и количественные характеристики фитопланктона на акватории марикультурного хозяйства в бухте Рифовая Японского моря с октября 2011 г. по сентябрь 2012 г. Численность микроводорослей изменялась от 1,2 тыс. до 2,9 млн кл/л, биомасса — от 2,0 мг/м³ до 7,6 г/м³. Пик численности был обусловлен массовым развитием *Skeletonema costatum* в октябре; максимум биомассы, в которой преобладала *Thalassiosira nordenskiöldii*, наблюдали зимой. Обнаружено семь потенциально токсичных видов микроводорослей.

Ключевые слова: фитопланктон, марикультура, токсичные виды, бухта Рифовая.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование состояния фитопланктона на акватории марикультурного хозяйства позволяет, во-первых, оценить степень воздействия деятельности хозяйства на акваторию, во-вторых, выявить присутствие вредоносных и токсичных микроводорослей, а также прогнозировать тренд их развития. В странах с развитой марикультурой мониторинг фитопланктона на акватории хозяйств является обязательным и регламентирован законодательными документами (Hallegraeff et al., 2003). На территории Российской Федерации согласно СанПиН 2.3.4.050–96 (Санитарные правила ..., 1996) хозяйствам необходимо производить проверку возможного присутствия токсинопроизводящего планктона на акватории. Также должна быть создана система контроля для проверки уровня морских биотоксинов в продукции. В настоящее время одной из немногих организаций, осуществляющей мониторинг фитопланктона на своей акватории, стало хозяйство марикультуры компании «Южморрыбфлот», расположенное в б. Рифовая (зал. Петра Вели-

кого, Японское море). На акватории бухты более 25 лет выращивают морскую капусту *Saccharina japonica*. Ламинариевая плантация является основой для формирования поселений серого ежа и подходящим субстратом для оседания личинок гребешка, мидий, устриц и трепанга. Изучение фитопланктона на данной акватории было необходимо для оценки риска заражения продукции биотоксинами в случае организации в б. Рифовая хозяйства по выращиванию двустворчатых моллюсков. Исследование фитопланктона на этой акватории проведено впервые.

Цель работы — определить видовой состав и количественные характеристики фитопланктона, вредоносные и токсичные виды в его составе, а также выявить доминирующие виды и изучить сезонную динамику микроводорослей в б. Рифовая.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследование фитопланктона проводили в б. Рифовая с октября 2011 г. по сентябрь 2012 г. (рис. 1). Бухта Рифовая

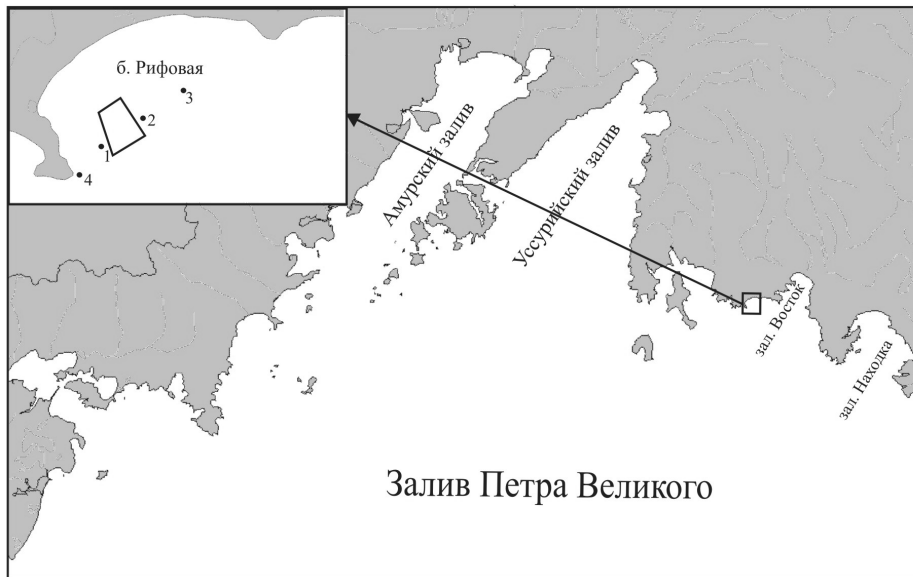


Рис. 1. Карта-схема расположения станций (1–4) и района плантаций марикультуры в бухте Рифовая.

расположена в восточной части залива Петра Великого (Японское море) между мысами Де-Ливрон и Рифовый ($42^{\circ}51,3'$ с.ш., $132^{\circ}38,5'$ в.д.) (Лоция ..., 2005). Берега бухты низменные, окаймлены песчаными пляжами. Уклон дна небольшой, глубина в месте расположения плантаций 15–20 м. Грунт песчаный, илесто-песчаный, вблизи берега — каменистый. Бухта относится к водоемам открытого типа с сильным вдольбереговым течением. Климат в районе исследования, как и на всей северо-западной части Японского моря, муссонный (Юрасов, 2002). Гидрологический режим б. Рифовая характеризуется значительными сезонными колебаниями температуры и солености воды. Устойчивые северные ветры и низкая температура воздуха способствуют интенсивному льдообразованию на акватории исследования. С декабря по март в б. Рифовая устанавливается гомотермия при отрицательной температуре воды ($-1,8^{\circ}\text{C}$); соленость воды практически неизменна — в пределах $34,0\text{--}34,2\text{‰}$ (рис. 2). С марта наблюдается сезонное повышение температуры поверхностного слоя воды с максимальным прогревом в августе

до $20,6^{\circ}\text{C}$. Резкие колебания солености в весенне-летний период обусловлены материковым стоком и выпадением атмосферных осадков. Наиболее низкие значения солености в районе исследования зарегистрированы летом в приповерхностном слое воды; в июне соленость снижалась до $26,3\text{‰}$ (рис. 2).

Сбор проб фитопланктона проводили 5-литровым батометром Нискина у поверхности воды 1–3 раза в месяц на четырех станциях (рис. 1). Станции 1 и 2 были расположены в районе установок марикультуры, ст. 3 находилась в открытой части бухты, ст. 4 — наиболее близко от берега. Периодичность сбора проб фитопланктона проводили согласно СанПиН 2.3.4.050–96 (Санитарные правила ..., 1996). Одновременно с отбором материала измеряли температуру и соленость воды. Пробы объемом 1 л фиксировали раствором Утермеля до бледно-желтого цвета и концентрировали методом осаждения (Utermöhl, 1958). Определение численности клеток нанопланктона проводили в камере типа Нажжота объемом 0,05 мл, микропланктона — в камере Наумана объемом 1 мл (Федоров, 1979). Биомассу микро-

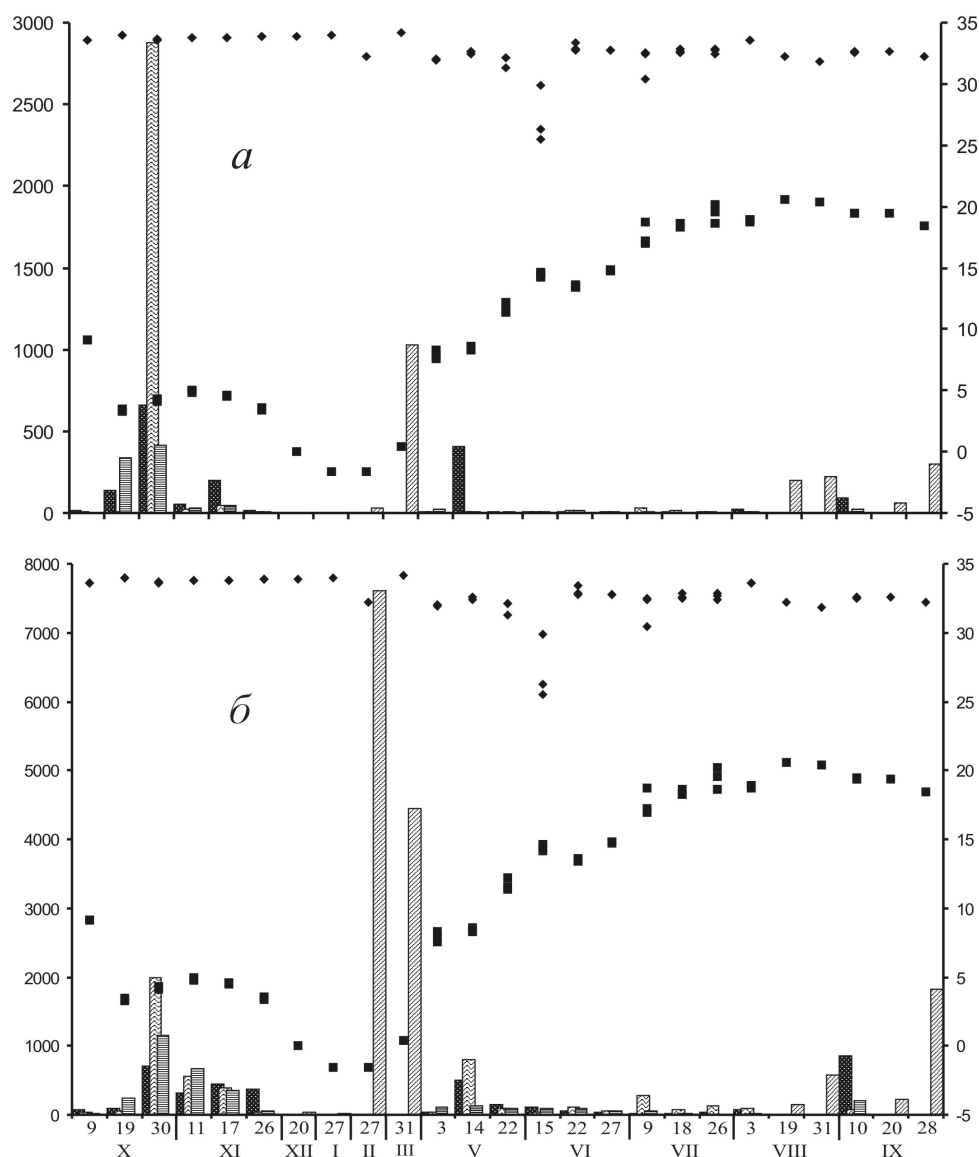


Рис. 2. Зависимость численности (а) (по оси ординат слева, тыс. кл./л) и биомассы (б) (по оси ординат слева, мг/м³) фитопланктона от температуры (■) и солености (◆) (по оси ординат справа; °С, ‰) в бухте Рифовая в период исследований на станциях: (▨) — 1, (▤) — 2, (▥) — 3, (▧) — 4.

водорослей оценивали объемным методом, используя оригинальные и литературные данные измерений объема клеток каждого вида (Коновалова, 1972; Sun, Liu, 2003; Olenina et al., 2006).

Микроскопические исследования выполняли с использованием светового микроскопа Olympus VX41 (Япония) по тради-

ционной методике (Селина, Коновалова, 1994). Всего собрано и обработано 59 проб фитопланктона.

Доминирующими считали виды, численность которых составляла не менее 20% от общей численности фитопланктона (Коновалова, 1984). «Цветение» диатомовых и динофитовых водорослей рассматривали как

их массовое развитие, при котором численность клеток вида превышала 10^6 и 10^5 кл/л соответственно (Colijn, 1992). К группе «мелкие жгутиковые водоросли» относили неидентифицированные пигментированные клетки, чаще флагаеллы, размером менее 10 мкм.

Уровень трофности вод оценивали по классификации Ямада с соавторами (Yamada et al., 1980), используя следующую шкалу общей численности фитопланктона: $< 3 \times 10^4$ — олиготрофный район, $3 \times 10^4 - 3 \times 10^6$ — эвтрофный район, $> 3 \times 10^6$ кл/л — экстремально-эвтрофный район.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В районе исследования с октября 2011 г. по сентябрь 2012 г. было обнаружено 132 вида микроводорослей из 6 отделов. По числу видов преобладали диатомовые (69 видов), на втором месте по видовому разнообразию были динофлагеллы (51), меньшее число видов отмечали среди золотистых (4), криптофитовых (4), эвгленовых (1) и сине-зеленых (1) водорослей. Анализ количественных параметров показал, что численность фитопланктона изменялась от 1,2 тыс. до 2,9 млн кл/л, биомасса варьировала в пределах $2,0 \text{ мг/м}^3 - 7,6 \text{ г/м}^3$. Температура поверхностного слоя воды изменялась от $-1,8^\circ\text{C}$ в зимний период до $26,3^\circ\text{C}$ — в летний. Соленость варьировала в пределах $26,3 - 34,2\text{‰}$. Максимум численности микроводорослей отмечали в конце октября на ст. 2, расположенной в районе плантации (рис. 2, а), в планктоне доминировала диатомея *Skeletonema costatum*. Пик биомассы наблюдали в конце февраля на прибрежной ст. 4 (рис. 2, б), он был обусловлен массовым развитием диатомовой водоросли *Thalassiosira nordenskioeldii*.

В процессе исследования в фитопланктоне б. Рифовая отмечено 24 вида, доминировавших по численности (табл. 1), а по биомассе преобладали 30 видов (табл. 2); виды-доминанты относились к пяти отделам — диатомовые, динофлагеллы, золотистые,

криптомоновые и сине-зеленые. Анализ видового состава и степени доминирования показал, что с сентября по март на акватории бухты существенную долю сообщества составляли диатомовые водоросли. Осенью в планктоне преобладала водоросль *S. costatum*, на ее долю приходилось 99% от общей численности фитопланктона и 79% от общей биомассы. В этот период доминировали по численности и биомассе *Thalassionema frauenfeldii* и *Pseudo-nitzschia pungens*. В октябре на станциях, удаленных от берега, по биомассе преобладали динофлагеллы *Dinophysis acuminata* (50%), *Dissodinium pseudolunula* (29%) и *Protoperidinium* sp. (32%).

Весной основу сообщества формировали динофлагеллы рода *Protoperidinium*. Доля видов рода *Protoperidinium* достигала 63% от общей численности фитопланктона и 74% — от общей биомассы. В середине мая на ст. 1, расположенной близко к марикультурным установкам, преобладали золотистая водоросль *Dinobryon balticum* (45 и 20% от общей численности и биомассы соответственно) и криптофитовая *Cryptomonas* sp. (54% от общей численности микроводорослей). Летом на всей акватории исследования наиболее многочисленными были диатомея *Thalassionema nitzschioides* (до 86%) и мелкие жгутиковые водоросли (52%). По биомассе в летний период доминировали динофитовые родов *Protoperidinium* и *Gonyaulax*. В августе на ст. 3, наиболее удаленной от плантаций, существенную часть фитопланктона составляла сине-зеленая водоросль *Oscillatoria* sp. (69% от общей численности микроводорослей) (табл. 1).

В фитопланктоне б. Рифовая с октября 2011 г. по сентябрь 2012 г. обнаружено 7 потенциально токсичных видов микроводорослей: диатомовые *Pseudo-nitzschia delicatissima* и *P. pungens*, динофлагеллы *Dinophysis rotundata*, *D. acuminata*, *Alexandrium tamarense*, *Protoceratium reticulatum* и *Gonyaulax spinifera* (табл. 3). Потенциально токсичные диатомовые водоросли отмечали с августа по ноябрь при температуре воды $5 - 20^\circ\text{C}$. Наибольшего развития

МОНИТОРИНГ ФИТОПЛАНКТОНА НА АКВАТОРИИ

Таблица 1. Виды фитопланктона, доминировавшие по численности в бухте Рифовая в период исследования, %

Вид	Год, месяц										
	2011			2012							
	X	XI	XII	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX
Диатомовые											
<i>Chaetoceros debilis</i>	—	23	—	—	44	—	—	—	—	—	—
<i>C. didymus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	44	48	23
<i>C. sp. (споры)</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	27	—	—
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	27	—	—
<i>Guinardia delicatula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	72
<i>Licmophora abbreviata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Melosira moniliformis</i>	26	—	—	70	—	—	—	—	—	—	—
<i>Navicula sp.</i>	—	—	—	—	—	53	—	—	—	—	—
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	49
<i>Rhizosolenia setigera</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	20	—	—
<i>Skeletonema costatum</i>	99	65	—	—	—	—	—	—	—	99	62
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>T. nitzschoides</i>	36	—	—	—	—	—	—	86	59	—	—
<i>Thalassiosira nordenskioldii</i>	—	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—
Динофлагелляты											
<i>Diplopsalis lenticula</i>	—	—	—	—	—	—	24	—	—	—	—
<i>Gonyaulax digitale</i>	—	—	—	—	—	—	—	23	—	—	—
<i>G. scrippsae</i>	—	—	—	—	—	—	—	38	—	—	—
<i>G. spinifera</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	42	—	—
<i>Heterocapsa triquetra</i>	—	—	—	—	—	—	83	—	—	—	—
<i>Katodinium rotundatum</i>	—	—	—	—	—	—	42	—	—	—	—
<i>Oblea rotunda</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	33	—	—
<i>Protoperidinium brevipes</i>	—	—	—	—	—	—	63	—	—	—	—
<i>P. depressum</i>	—	—	—	—	—	—	20	—	—	—	—
<i>P. pellucidum</i>	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>P. pyriforme</i>	—	—	—	—	—	—	39	—	—	—	—
Криптофитовые											
<i>Cryptomonas sp.</i>	—	—	—	—	—	—	54	—	—	—	—
Золотистые											
<i>Dinobryon balticum</i>	—	—	—	—	—	—	45	—	—	—	—
Сине-зеленые											
<i>Oscillatoria sp.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	69	—

Примечание: «—» — вид в фитопланктоне не доминировал.

Таблица 2. Виды фитопланктона, доминировавшие по биомассе в бухте Рифовая в период исследования, %

Вид	Год, месяц										
	2011			2012							
	X	XI	XII	I	II	III	V	VI	VII	VIII	IX
Диатомовые											
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	—	89	—	—	99	64	—	—	—	—	32
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	65	—	—
<i>Ditylum brightwellii</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50
<i>Guinardia delicatula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
<i>Melosira moniliformis</i>	40	—	—	88	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	73
<i>Rhizosolenia setigera</i>	—	66	—	—	—	—	—	—	90	—	—
<i>Skeletonema costatum</i>	83	—	—	—	—	—	—	—	—	72	—
<i>Tubularia fasciculata</i>	—	—	—	—	—	—	—	42	—	32	—
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	31	20	—	—	—	—	—	—	37	—	—
<i>T. nitzschoides</i>	40	—	—	—	—	—	—	62	57	—	16
<i>Thalassiosira nordenskioeldii</i>	—	19	96	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Thalassiosira</i> sp.	60	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Динофлагелляты											
<i>Alexandrium tamarense</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35	—
<i>Dinophysis acuminata</i>	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Diplopsalis lenticula</i>	—	—	—	—	—	—	22	—	—	—	—
<i>Dissodinium pseudolunula</i>	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Gonyaulax digitale</i>	—	—	—	—	—	—	—	44	29	—	—
<i>G. scrippsae</i>	—	—	—	—	—	—	—	85	—	—	—
<i>G. verior</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	65	—	—
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	38	—	—	—	—	—	—	—	—	26	—
<i>G. spirale</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	63	—
<i>Heterocapsa triquetra</i>	—	—	—	—	—	—	66	—	—	—	—
<i>Oblea rotunda</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	57	—	—
<i>Protoperidinium brevipes</i>	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	—
<i>P. depressum</i>	—	—	—	—	—	—	74	—	—	—	—
<i>P. leonis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	65	—	—
<i>P. pallidum</i>	—	60	—	—	—	—	45	—	—	—	—
<i>P. pellucidum</i>	—	—	—	—	—	—	57	—	—	—	—
<i>P. pyriforme</i>	—	—	—	—	—	—	48	29	48	—	—
<i>P. reticulatum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31	—
<i>P. steinii</i>	—	—	—	—	—	—	—	51	—	—	—
<i>Protoperidinium</i> sp.	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Золотистые											
<i>Dinobryon balticum</i>	—	—	—	—	—	—	20	—	—	—	—

Таблица 3. Численность потенциально токсичных видов фитопланктона в бухте Рифовая в 2011–2012 гг., тыс. кл/л

Вид	Тип отравления	Год, месяц						
		2011		2012				
		X	XI	V	VI	VII	VIII	IX
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	ASP	0,51	1,11	—	—	—	1,43	149,10
<i>P. pungens</i>	ASP	0,21	2,51	—	—	—	2,86	89,10
<i>Alexandrium tamarense</i>	PSP	—	—	—	—	0,29	0,55	0,45
<i>Dinophysis acuminata</i>	DSP	—	—	0,34	0,06	—	—	—
<i>D. rotundata</i>	DSP	0,64	—	—	—	—	—	0,06
<i>Gonyaulax spinifera</i>	YTX	—	—	0,23	0,80	0,52	1,07	—
<i>Protoceratium reticulatum</i>	YTX	—	—	—	—	—	1,29	—

Примечание: ASP — амнестическое отравление моллюсками, PSP — паралитическое отравление моллюсками, DSP — диаретическое отравление моллюсками, YTX — отравление йессотоксином.

виды достигали в конце августа—сентябре, численность *P. delicatissima* изменялась от 0,21 до 149,1 тыс. кл/л, *P. pungens* — 0,21–89,1 тыс. кл/л. Динофлагелляты присутствовали в планктоне в теплый период наблюдений при температуре от 11 до 20°C. Представителей рода *Dinophysis* регистрировали с мая по октябрь; наибольшего развития *D. acuminata* и *D. rotundata* достигали в октябре 2011 г. при численности 0,34 и 0,64 тыс. кл/л соответственно (табл. 3). Клетки потенциально токсичного *A. tamarense* отмечали с июня по сентябрь. Максимальную численность вида (0,55 тыс. кл/л) наблюдали в августе при температуре воды 18°C. *Gonyaulax spinifera* развивался в планктоне в мае—августе; пик численности вида (0,80 тыс. кл/л) зарегистрирован в июне при температуре воды 15°C. Еще один потенциально токсичный вид — *P. reticulatum* — был обнаружен в начале августа, его численность составляла 1,29 тыс. кл/л (табл. 3).

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования показали, что сезонная динамика

численности и видового состава микроводорослей в б. Рифовая характерна для района исследования и прибрежных вод зал. Петра Великого в целом (Паутова, Коновалова, 1982; Селина, 1992; Стоник, Орлова, 1998; Морозова и др., 2002; Морозова, Орлова, 2005). Летний пик развития микроводорослей был обусловлен массовой вегетацией *S. costatum*. Виды этого рода широко распространены в Мировом океане и в отдельные сезоны вызывают «цветение» воды в умеренной и тропической зонах (Hasle, 1973). В дальневосточных морях в летне-осенний период доля рода может достигать 99% от общих количественных характеристик сообщества (Семина, Микаэлян, 1993; Стоник, Селина, 1995; Бегун и др., 2003; Бегун, 2006). Массовое развитие представителей рода *Skeletonema* снижает продуктивность хозяйств марикультуры (Huo et al., 2001; Wei et al., 2003). Увеличение частоты и интенсивности «цветений» *Skeletonema* может быть показателем антропогенного эвтрофирования акватории (Стоник, Селина, 1995; Бегун, 2006). Однако в б. Рифовая за весь период исследования не наблюдали чрезмерного развития *S. costatum*; «цветений»

воды, вызванных вегетацией этого вида, не отмечали.

В целом виды-доминанты, отмеченные в период исследования в б. Рифовая, являются обычными и многочисленными компонентами сообщества прибрежных вод зал. Петра Великого (Коновалова и др., 1989; Орлова и др., 2009).

Численность фитопланктона в районе исследования не превышала 3 млн кл/л; по классификации Ямада с соавторами (Yamada et al., 1980) воды акватории относятся к эвтрофным. Несмотря на то что на акватории бухты более 25 лет работает хозяйство марикультуры, уровень трофности вод б. Рифовая свидетельствует об отсутствии значительной антропогенной нагрузки по сравнению с экстремально-эвтрофными показателями в заливах Находка, Восток и Амурском (Стоник, Селина, 1995; Морозова, Орлова, 2005).

За период исследования обнаружено семь потенциально токсичных видов микроводорослей на акватории марикультурного хозяйства. Биотоксины микроводорослей могут накапливаться в тканях моллюсков-фильтраторов без вреда для их здоровья. Однако употребление в пищу загрязненных токсинами моллюсков может стать причиной отравления теплокровных животных, птиц и человека (Hallegraeff et al., 2003).

Виды рода *Pseudo-nitzschia* известны как продуценты нейротоксичной домоевой кислоты, вызывающей у человека расстройство центральной нервной системы, потерю памяти и кому вплоть до летального исхода (Subba Rao et al., 1988; Bates et al., 1989; Martin et al., 1990). Численность представителей *Pseudo-nitzschia* в нашем исследовании не превышала предельно допустимую концентрацию, установленную в странах Европы на вылов моллюсков в марикультурных хозяйствах — 500×10^3 кл/л (Andersen, 1996).

Представители рода *Dinophysis* способны продуцировать окадаевую кислоту, динофизис- и пектенотоксины. Причиной отравления служат моллюски, выловленные в зонах распространения этих водорослей (Lee et al., 1989; Taylor et al., 1995; Vershnin,

Kamnev, 2001). Окадаевая кислота вызывает расстройство пищеварительной системы человека, а токсины поражают печень (Стоник В., Стоник И., 2010). В б. Рифовая численность видов *Dinophysis* в мае и октябре превышала предельно допустимую концентрацию клеток этого рода в планктоне, установленную в странах с развитой аквакультурой, где вводятся ограничения на добычу моллюсков при численности *Dinophysis* spp. 200–500 кл/л (Andersen, 1996).

Динофлагелляты рода *Alexandrium* продуцируют токсины, вызывающие паралитическое отравление. Характерные симптомы заболевания — онемение губ, желудочно-кишечные расстройства, поражение дыхательной системы вплоть до паралича (Стоник В., Стоник И., 2010). На протяжении нашего исследования в б. Рифовая зарегистрирован один вид рода — *A. tamarense*, его численность была невысокой и находилась в пределах допустимых концентраций. Численность *Alexandrium* spp., при которой вводятся ограничения добычи моллюсков в марикультурных хозяйствах Европы и США, составляет 0,5–10,0 тыс. кл/л (Andersen, 1996).

Йессотоксин продуцируется динофлагеллятами *G. spinifera* и *P. reticulatum*. В настоящее время механизм действия этого токсина не вполне ясен. В б. Рифовая численность видов, его вырабатывающих, была низкой и едва превышала 1 тыс. кл/л.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты мониторинга показали, что сезонная динамика качественных и количественных параметров фитопланктона в б. Рифовая характерна для района исследования и прибрежных вод зал. Петра Великого в целом. Максимум численности микроводорослей приходился на летний период и был обусловлен развитием диатомой водоросли *S. costatum*. Согласно уровню развития фитопланктона, воды акватории относятся к эвтрофным, что свидетельствует об отсутствии значительной антропогенной нагрузки в б.

Рифовая. Обнаружение семи потенциально токсичных видов и высокая концентрация клеток *Dinophysis* в весенний и осенний периоды указывают на то, что существует риск заражения моллюсков-фильтраторов биотоксинами микроводорослей. Полученные данные свидетельствуют о необходимости продолжения мониторинга фитопланктона в данном районе.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность управляющему группой компаний «Примрыбснаб» А. В. Ефремову за финансовую поддержку исследований. Особую благодарность авторы выражают сотруднику ИБМ ДВО РАН Л. Д. Куличковой за участие в сборе материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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., Орлова Т.Ю., Звягинцев А.Ю. Фитопланктон Амурского залива Японского моря г. Владивостока // Там же. 2003. Т. 13. № 2. С. 204–215.

Коновалова Г.В. Сезонная характеристика фитопланктона в Амурском заливе Японского моря // *Океанология*. 1972. Т. 12. № 1. С. 123–127.

Коновалова Г.В. Структура планктонного фитоценоза залива Восток Японского моря // *Биология моря*. 1984. № 1. С. 13–23.

Коновалова Г.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А. Атлас фитопланктона Японского моря. Л.: Наука, 1989. 160 с.

Лоция Японского моря. Лоция Северо-Западного берега Японского моря. №1401. Л.: ГУН и О., 2005. 345 с.

Морозова Т.В., Орлова Т.Ю. Мониторинг фитопланктона в районе хозяйства марикультуры в заливе Восток Японского моря // *Биология моря*. 2005. Т. 31. № 1. С. 1–6.

Морозова Т.В., Орлова Т.Ю., Селина М.С. Фитопланктон в районе хозяйства

марикультуры бухты Миносок залива Посета Японского моря // Там же. 2002. Т. 28. № 2. С. 107–112.

Орлова Т.Ю., Стоник И.В., Шевченко О.Г. Флора микроводорослей планктона Амурского залива Японского моря // Там же. 2009. Т. 35. № 1. С. 48–61.

Паутова Л.А., Коновалова Г.В. Летне-осенний фитопланктон пролива Старка Японского моря // Там же. 1982. Т. 11. № 5. С. 20–28.

Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.3.4.050–96. 2.3.4. Предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности (технологические процессы, сырье). М.: Госкомсанэпиднадзор, 1996. 104 с.

Селина М.С. Фитопланктон в районе мидиевого хозяйства в заливе Восток Японского моря // *Биология моря*. 1992. № 5–6. С. 15–24.

Селина М.С., Коновалова Г.В. Новые и редкие виды *Dinophyta* из Японского моря // *Ботан. журн.* 1994. Т. 79. № 6. С. 117–121.

Семина Г.И., Микаэлян А.С. Фитопланктон разных размерных групп в северо-западной части Тихого океана в летнее время // *Океанология*. 1993. Т. 33. № 5. С. 117–124.

Стоник И.В., Селина М.С. Фитопланктон как показатель трофности вод залива Петра Великого Японского моря // Там же. 1995. Т. 21. № 6. С. 403–406.

Стоник И.В., Орлова Т.Ю. Летне-осенний фитопланктон в Амурском заливе Японского моря // *Биология моря*. 1998. Т. 24. № 4. С. 205–211.

Стоник В.А., Стоник И.В. Морские токсины: химические и биологические аспекты изучения // *Усп. химии*. 2010. Т. 79. № 5. С. 442–465.

Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: МГУ, 1979. 167 с.

Юрасов Г.И. Гидрологический режим шельфовых районов в условиях муссонного климата // *Электрон. журн. «Исследовано в России»*. 2002. С. 1170–1172.

Andersen P. Design and implementation

- of some harmful algal monitoring system // IOC Techn. UNESCO. 1996. № 44. P. 1–102.
- Bates S.S., Bird C.J., de Freitas A.S.W. et al. Pennate diatom *Nitzschia pungens* as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from Eastern Prince Edward Island, Canada // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1989. V. 46. P. 1203–1215.
- Colijn F. Changes in plankton communities: when, where and why // ISES Mar. Sci. Symp. 1992. V. 195. P. 193–212.
- Hallegraeff G.M., Anderson D.M., Cembella A.D. (eds.). Manual on Harmful Algal Blooms. Paris: UNESCO, 2003. 794 p.
- Hasle G.R. Morphology and taxonomy of *Skeletonema costatum* (Bacillariophyceae) // Norw. J. Botany. 1973. V. 20. P. 109–137.
- Huo W., Yu Z., Zou J. et al. Outbreak of *Skeletonema costatum* red tide and its relations to environmental factors in Jiaozhou Bay // Ocean. Limnol. Sinica. 2001. V. 32. P. 311–318.
- Lee J.S., Igarashi T., Fraga S. et al. Determination of diarrhetic shellfish toxins in various dinoflagellate species // J. Appl. Phycol. 1989. № 1. P. 147–152.
- Martin J., Haya K., Burrige L., Wildish D. *Nitzschia pseudodelicatissima* – a source of domoic acid in the Bay of Fundy, Eastern Canada // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1990. V. 67. P. 177–182.
- Olenina I., Hajdu S., Edler L. et al. Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea // HELCOM Baltic Sea Environ. Proc. 2006. № 106. 144 p.
- Subba Rao D.V., Quilliam J.L.C., Pocklington R.G. Domoic acid – a neurotoxic amino acid produced by the marine diatom *Nitzschia pungens* in culture // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1988. V. 45. P. 2076–2079.
- Sun J., Liu D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton // J. Plankton Res. 2003. V. 25. № 11. P. 1331–1346.
- Taylor J.R., Fukuyo Y., Larsen J. Taxonomy of harmful dinoflagellates // Manual on harmful marine microalgae. Paris: IOC UNESCO, 1995. P. 283–317.
- Vershinin A., Kamnev A. Harmful algae in Russian European coastal waters // Harmful Algal Blooms. Paris: IOC UNESCO, 2001. P. 112–114.
- Wei G., Wang Z., Lian J. Succession of dominant phytoplankton species in spring 2002 at Dapeng'ao Cove, Daya Bay // Acta Ecol. Sinica. 2003. V. 23. P. 2285–2292.
- Yamada M., Tsuruta A., Yoshida Y. Classification of eutrophic levels in several marine regions // Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 1980. V. 46. № 12. P. 1435–1438.
- Utermöhl H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton. Methodik // Internat. Verein. Limnol. Mitteilungen. 1958. V. 9. P. 1–38.

MONITORING OF PHYTOPLANKTON IN THE AREA OF A SEA FARM IN REEFOVAYA BAY (PETER THE GREAT BAY, SEA OF JAPAN)

© 2014 y. O. G. Shevchenko^{1,2}, A. A. Ponomareva², S. I. Maslennikov¹

¹A. V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology, Vladivostok, 690059

²Research and Educational Center «Primorsky Aquarium», Ostrov Russkii, Vladivostok, 690091

The qualitative and quantitative characteristics of phytoplankton in the area of mariculture farm in Riphovaya Bay (Sea of Japan) were study from October 2011 to September 2012. The numbers of microalgae ranged from 1,2 thousand cells/L to 2,9 million cells/L and biomass were from 2,0 mg/m³ to 7,6 g/m³. The peak of numbers was caused by mass development of *Skeletonema costatum* in October, the maximum biomass was observed in winter, dominated by *Thalassiosira nordenskiöldii*. There are seven potentially toxic species of microalgae were recorded.

Keywords: phytoplankton, mariculture, toxic species, Reefovaya Bay.