

УДК 581:582.252

О.Г. Шевченко^{1,2}, С.И. Масленников^{1,2}, Т.В. Блошко¹

¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

²Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17

МОНИТОРИНГ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В БУХТЕ СЕВЕРНОЙ (СЛАВЯНСКИЙ ЗАЛИВ) В 2008, 2009 ГГ.

Исследования фитопланктона проводили на акватории бухты Северной Славянского зал. в районе НЭЦ Дальрыбвтуза с мая по ноябрь 2008, 2009 гг. Обнаружено 6 видов потенциально токсичных микроводорослей: диатомовые *Pseudo-nitzschia pungens* и *P. delicatissima*, динофлагелляты *Dinophysis acuminata*, *D. acuta*, *D. fortii* и *Prorocentrum minimum*. Массовое развитие видов рода *Pseudo-nitzschia* отмечали в сентябре 2009 г., суммарная численность видов была невысокой и составляла $108,5 \cdot 10^3$ кл./л. Отмечены случаи массового развития *D. acuminata*, при которых численность вида превышала ПДК (200–500 кл./л) в 10 раз: в июне 2008 г. зарегистрировали $2,5 \cdot 10^3$ кл./л, в июне 2009 г. – $5 \cdot 10^3$ кл./л. Пики численности *P. minimum* в районе исследования наблюдали в июле 2008 г. – $36 \cdot 10^3$ кл./л и в июне 2009 г. – $5 \cdot 10^3$ кл./л.

Ключевые слова: фитопланктон, потенциально токсичные виды, марикультура, бухта Северная.

O.G. Shevchenko, S.I. Maslennikov, T.V. Blozhko MONITORING OF POTENTIALLY TOXIC PHYTOPLANKTON SPECIES IN SEVERNAYA BIGHT (SLAVYANSKII BAY) IN 2008, 2009

The study of phytoplankton in the area of mollusk farm of FESTFU in Severnaya Bight (Slavyanskii Bay) was investigated from May to November 2008, 2009. Six species of microalgae known to be toxic were found: diatoms *Pseudo-nitzschia pungens* and *P. delicatissima*, dinoflagellates *Dinophysis acuminata*, *D. acuta*, *D. fortii* and *Prorocentrum minimum*. The massive development species of the genus *Pseudo-nitzschia* ($108,5 \cdot 10^3$ cells/L) was observed in September 2009. The greatest density of *D. acuminata* was recorded in June 2009 ($5 \cdot 10^3$ cells/L) it is exceeded safety level concentration of potentially toxic *Dinophysis* cells for mollusk farm in some foreign countries. The maximum density of *P. minimum* ($36 \cdot 10^3$ cells/L) was observed in July 2008.

Key words: phytoplankton, potentially toxic phytoplankton species, aquaculture, Severnaya Bight.

Славянский зал. является заливом третьего порядка и расположен в юго-западной части Амурского зал. Акватория Амурского зал., характеризуется высоким уровнем содержания нитратов и нитритов в воде и повышенной первичной продукцией фитопланктона [1]. В последней четверти XX в. особое внимание исследователей Амурский зал. привлекал как акватория, подверженная значительному эвтрофированию и загрязнению. Значительное число работ, посвященных изучению микроводорослей Амурского зал., касалось проблем эвтрофирования и «цветения» воды, описанию случаев «красных приливов» [2-4].

Одним из наиболее чувствительных биотических компонентов, быстро реагирующих на изменение водной среды, является фитопланктон. Известно, что воздействие на окружающую среду может оказывать деятельность марикультурных хозяйств. В бухте Северной Славянского зал. с 2004 г. функционирует Научно-экспериментальный марикультурный центр Дальрыбвтуза по выращиванию двустворчатых моллюсков. В про-

цессе жизнедеятельности культивируемых беспозвоночных происходит увеличение содержания органического вещества в воде и донных отложениях [5-7]. Так, в бухте Миносок (зал. Посъета), где более 30 лет культивируют приморский гребешок, в летне-осенний период отмечали массовое развитие потенциально токсичных микроводорослей, плотность которых превышала предельно допустимый уровень [8]. В свою очередь, изменения в планктонном сообществе оказывают влияние на культивируемые организмы. Массовое развитие токсичных микроводорослей может привести к гибели гидробионтов. Накопление в процессе фильтрации фикотоксинов в тканях двусторчатых моллюсков представляет опасность для человека и теплокровных животных при употреблении зараженных моллюсков в пищу [9-11]. В странах с развитой марикультурой: Юго-Восточная Азия, Северная и Южная Америка, Западная и Южная Европа, Австралия и Новая Зеландия – проблема развития токсичного планктона на акватории хозяйств хорошо изучена, развита система мониторинга, существует нормативно-правовая база по контролю фикотоксинов в морепродуктах [10, 12].

Цель настоящей работы – провести мониторинг видового состава и численности потенциально токсичных микроводорослей в фитопланктоне бухты Северной с мая по ноябрь в 2008-2009 гг.

Материал и методы исследований

Материалом для работы послужили пробы, собранные на трех станциях, расположенных в бухте Северной Славянского зал., в районе хозяйства марикультуры «НЭМЦ Дальрыбвтуза» сотрудником Центра Е.А. Герасимовой (рис. 1).

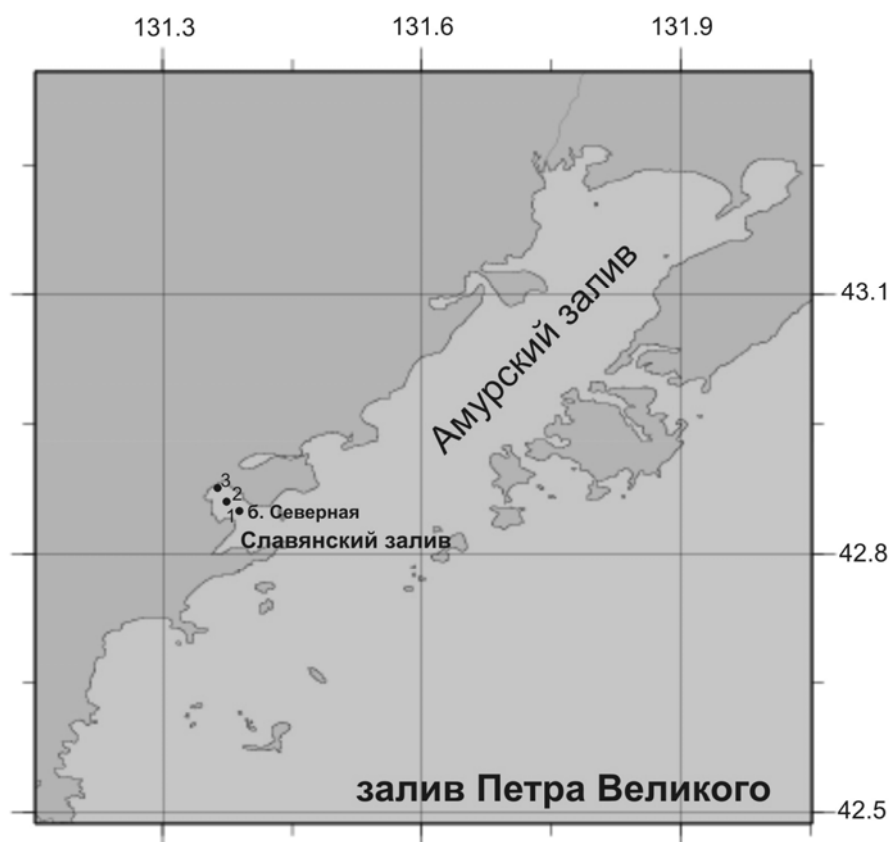


Рис. 1. Карта-схема района исследования: 1-3 – станции отбора проб
Fig. 1. The map of study area: 1-3 – sampling stations

Пробы отбирали четырехлитровым батометром Молчанова у поверхности воды 1-4 раза в месяц в мае-ноябре 2008-2009 гг. Одновременно измеряли температуру поверхностного слоя воды. Материал фиксировали раствором Утермееля, концентрировали методом осаждения.

Для подсчета клеток фитопланктона использовали камеру типа Ножотта, объемом 0,07 мл. Доминирующими считали виды, плотность которых составляла не менее 20 % от общей плотности фитопланктона [13].

Микроскопические исследования проводили с помощью светового микроскопа Olympus BX41 (Токио, Япония). В исследованиях микроводорослей с помощью микроскопа применяли традиционную методику [14].

Согласно классификации Ямада с соавторами [15] уровень трофности вод оценивали, используя шкалу общей численности фитопланктона: олиготрофный район (о) – $< 3 \cdot 10^4$ кл./л; эвтрофный район (Е) – $3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^6$ кл./л; экстремально-эвтрофный район (ЕЕ) – $> 3 \cdot 10^6$ кл./л.

Результаты и обсуждение

За период исследования в бухте Северной обнаружено 6 видов потенциально токсичных микроводорослей: диатомовые *Pseudo-nitzschia pungens* и *P. delicatissima*, динофлагелляты *Dinophysis acuminata*, *D. acuta*, *D. fortii* и *Prorocentrum minimum*.

Согласно литературным данным диатомовые водоросли рода *Pseudo-nitzschia* являются наиболее широко распространенной и многочисленной группой микроводорослей планктона, способной продуцировать токсины в зал. Петра Великого [16]. Обнаруженные в бухте Северной *P. pungens* и *P. delicatissima* могут продуцировать нейротоксичную домоевую кислоту и служить потенциальными источниками амнезического отравления.

На исследованной акватории колонии и одиночные клетки видов рода *Pseudo-nitzschia* встречали в планктоне с июня по ноябрь при температуре 16-24 °С. В 2008 г. *P. pungens* отмечали единожды в августе при численности 223 кл./л. В 2009 г. количественные характеристики *P. pungens* изменялись от 250 до $35,4 \cdot 10^3$ кл./л. Максимум развития вида зарегистрирован в сентябре в открытой части бухты, на его долю приходилось 15 % от общей численности фитопланктона (рис. 2). Численность *P. delicatissima* варьировала в пределах $100-75,3 \cdot 10^3$ кл./л. Пик развития вида отмечали в сентябре 2009 г. в кутовой части бухты Северной при температуре воды 17,8 °С (станция 3) (рис. 3). В этот период на долю *P. delicatissima* приходилось 51 % от суммарной численности микроводорослей. Помимо сезонных изменений количественных характеристик наблюдали межгодовые различия в составе видов *Pseudo-nitzschia*. Так, *P. pungens* отмечали в 2008, 2009 гг., *P. delicatissima* – только в 2009 г.

В странах Европы установлена предельно допустимая концентрация для рода *Pseudo-nitzschia* – $500 \cdot 10^3$ кл./л, выше которой вводится запрет на вылов моллюсков в марикультурных хозяйствах [12]. В бухте Северной в период массового развития в сентябре 2009 г. суммарная численность видов *Pseudo-nitzschia* была невысокой и составляла $108,5 \cdot 10^3$ кл./л.

Клетки *Dinophysis* встречали в планктоне с мая по ноябрь при температуре поверхностного слоя воды 15–24 °С. Виды рода *Dinophysis* известны как возбудители диаретического отравления моллюсками (DSP). Воздействию этих токсинов подвергается ферментативная система, и симптомы DSP аналогичны таковым обычного желудочно-расстройства. Диаретическое отравление вызывают моллюски, выловленные в зонах распространения водорослей *Dinophysis* и *Prorocentrum* [11, 17, 18].

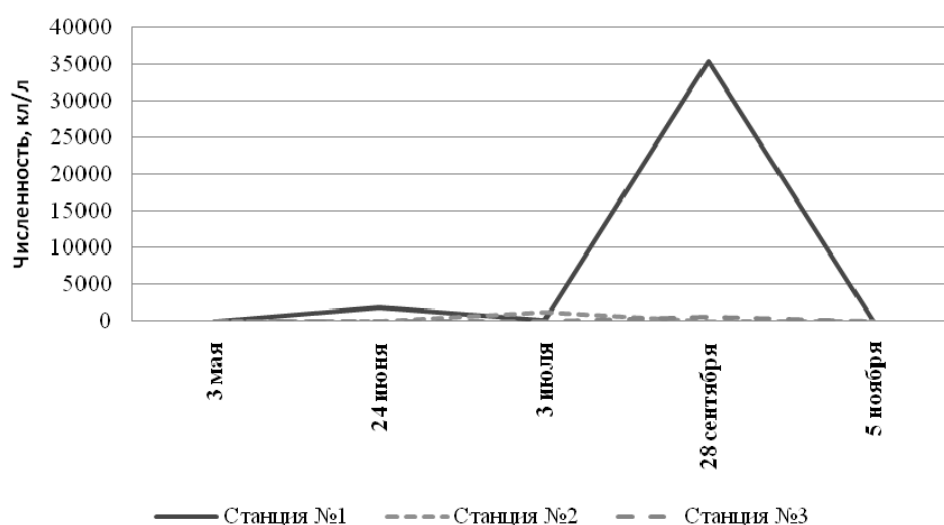


Рис. 2. Сезонная динамика численности *P. pungens* на станциях 1-3 в бухте Северной в 2009 г.
 Fig. 2. The seasonal dynamics of *P. pungens* density on 1-3 stations in Severnaya Bight in 2009

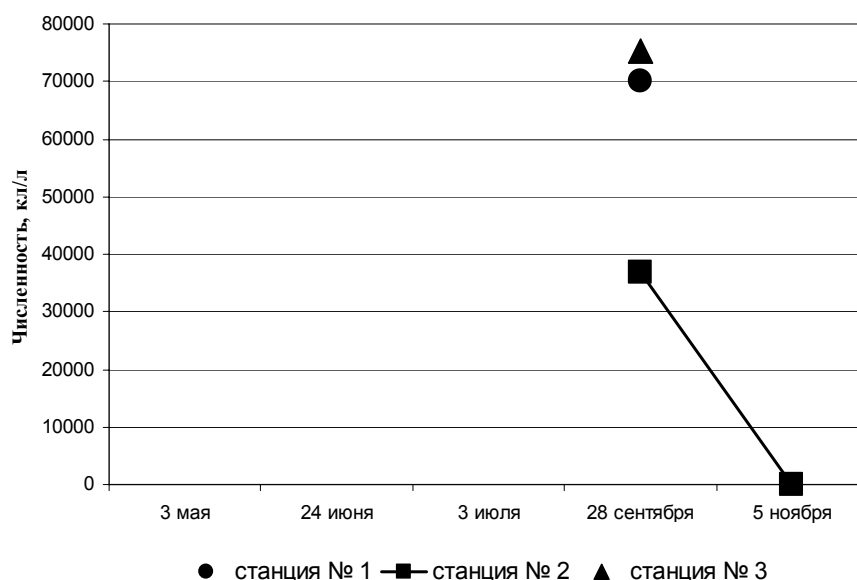


Рис. 3. Сезонная динамика численности *P. delicatissima* на станциях 1-3 в районе исследования в 2009 г.

Fig. 3. The seasonal dynamics of *P. delicatissima* density on 1-3 stations in study area in 2009

В бухте Северной *D. acuminata* отмечали в планктоне на протяжении всего периода наблюдений, его численность изменялась от 90 до $5 \cdot 10^3$ кл./л (рис. 4, 5). В 2008 и 2009 гг. вспышки численности *D. acuminata* отмечали в июне ($t_{\text{воды}} = 16-21$ °C) в кутовой части бухты (станция 3). Максимум развития $5 \cdot 10^3$ кл./л зарегистрирован в 2009 г., на долю вида приходился 21 % от суммарной численности микроводорослей. Клетки *D. fortii* эпизодически встречали в планктоне в мае–июне и ноябре ($t_{\text{воды}} = 15$ °C) на протяжении всего периода исследований при численности 21-180 кл./л. *D. acuta* отмечен единожды в мае 2008 г. в количестве 57 кл./л.

Наряду с сезонными наблюдали межгодовые различия в динамике видов рода *Dinophysis*. Так, *D. acuminata* и *D. fortii* отмечали на протяжении всего периода исследования. *D. acuta* был зарегистрирован только в 2008 г. В странах с развитой аквакультурой

вводятся ограничения на добычу моллюсков в марикультурных хозяйствах при плотности *Dinophysis* sp. 200-500 кл./л [12]. В бухте Северной отмечали случаи массового развития *D. acuminata*, при которых численность вида превышала ПДК (200-500 кл./л) в 10 раз: в июне 2008 г. зарегистрировали $2,5 \cdot 10^3$ кл./л, в июне 2009 г. – $5 \cdot 10^3$ кл./л.

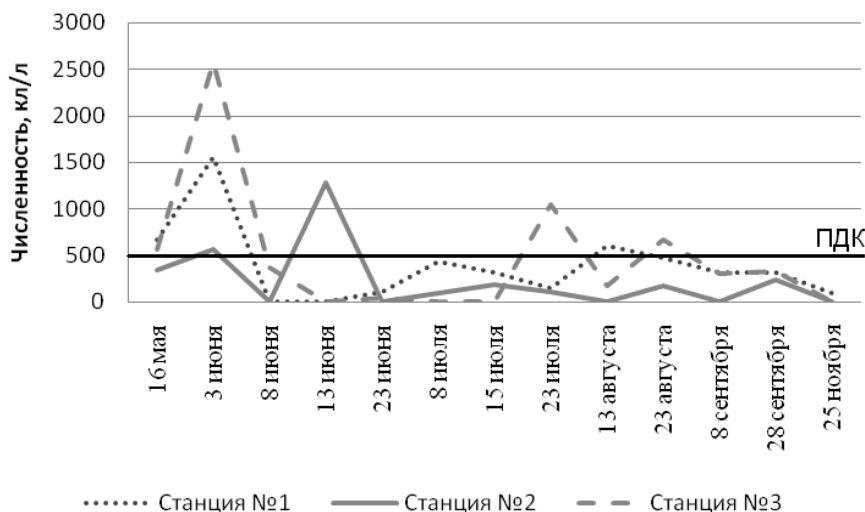


Рис. 4. Сезонная динамика численности *D. acuminata* на станциях 1-3 в бухте Северной в 2008 г.
 Fig. 4. The seasonal dynamics of *D. acuminata* density on 1-3 stations in Severnaya Bight in 2008

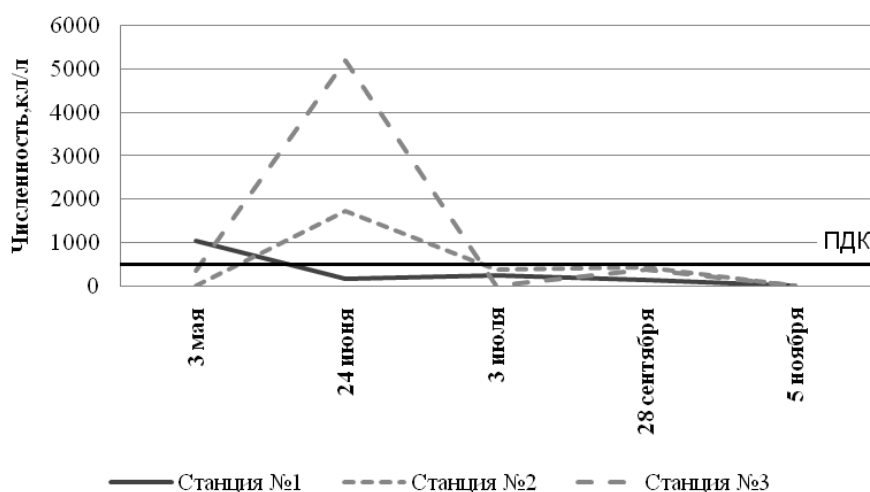


Рис. 5. Сезонная динамика численности *D. acuminata* на станциях 1-3 в районе исследования в 2009 г.

Fig. 5. The seasonal dynamics of *D. acuminata* density on 1-3 stations in study area in 2009

Клетки потенциально токсичного *Prorocentrum minimum* в районе исследования встречали с мая по сентябрь, массовое развитие вида наблюдали в летний период. Количественные характеристики варьировали от 70 до $36 \cdot 10^3$ кл./л.

Пики численности *P. minimum* регистрировали в кутовой части (станция 3) бухты: максимальный пик – $36 \cdot 10^3$ кл./л отмечали в июле 2008 г. (рис. 6), меньший пик – $5 \cdot 10^3$ кл./л в июне 2009 г. (рис. 7). *P. minimum* широко распространен в прибрежных водах зал. Петра Великого. В летний период вид может развиваться в массе, вызывая «цветения воды» [19]. В марикультурных хозяйствах Японии *P. minimum* включен в список микроводорослей, подлежащих обязательному контролю санитарными службами [20].

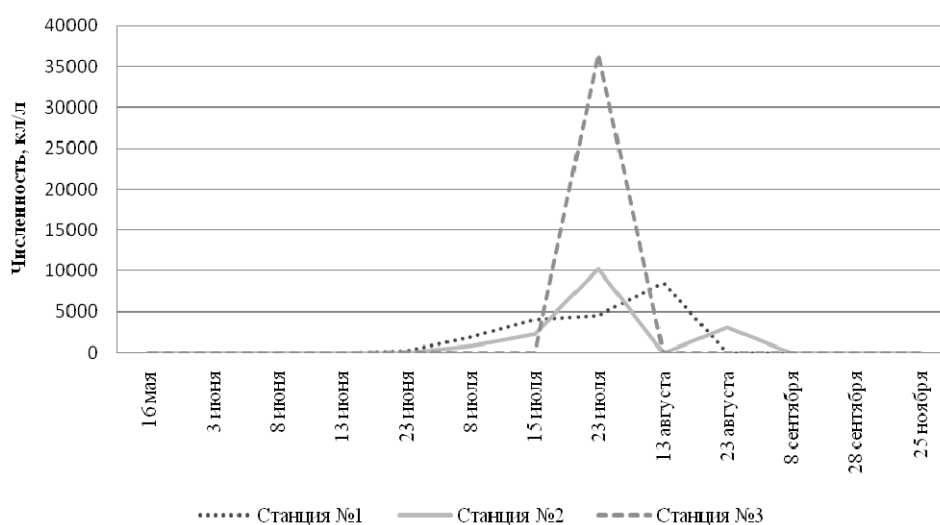


Рис. 6. Сезонная динамика численности *P. minimum* на станциях 1-3 в бухте Северной, 2008 г.
 Fig. 6. The seasonal dynamics of *P. minimum* density on 1-3 stations in Severnaya Bight in 2008

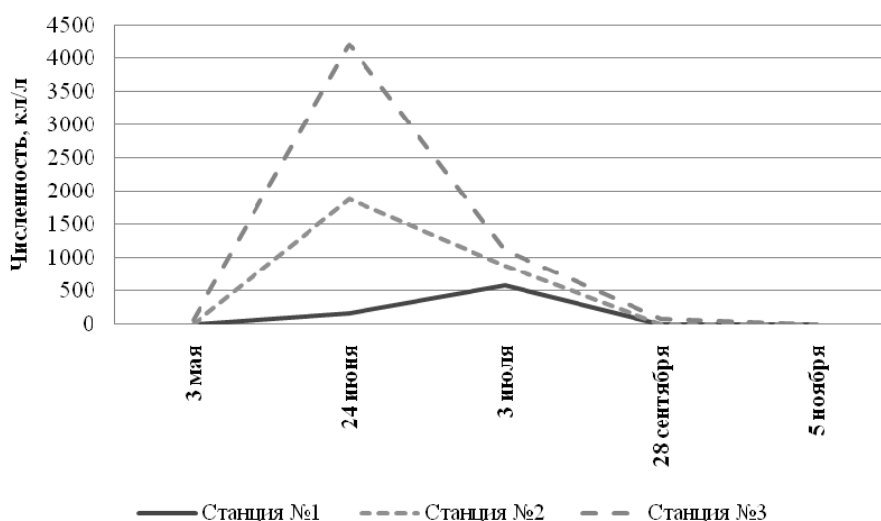


Рис. 7. Сезонная динамика численности *P. minimum* на станциях 1-3 в бухте Северной, 2009 г.
 Fig. 7. The seasonal dynamics of *P. minimum* density on 1-3 stations in Severnaya Bight in 2008

Общая численность фитопланктона в районе исследования в весенне-осенний период варьировала от 52 до $0,4 \cdot 10^6$ кл./л (рис. 8, 9), что указывает на эвтрофный тип вод. Полученные данные согласуются с литературными сведениями о том что, открытые воды Амурского зал. относят к эвтрофному, а в кутовой части, подверженной значительному антропогенному воздействию – к экстремально-эвтрофному типу [21]. На акватории зал. Петра Великого исследования фитопланктона в районе хозяйств марикультуры проводили в зал. Восток и в бухте Миносок (зал. Посыета) [8, 22]. По результатам мониторинга трофность этих акваторий в целом соответствует умеренно-эвтрофному типу вод. Таким образом, трофность вод в бухте Северной соответствует типу вод, наблюдаемому в районах других марикультурных хозяйств южного Приморья. Наши исследования показали, что в мае-ноябре 2008, 2009 гг. акватория бухты Северной не испытывала существенной антропогенной нагрузки и уровень развития фитопланктона был благоприятным для выращивания гидробионтов в условиях марикультуры.

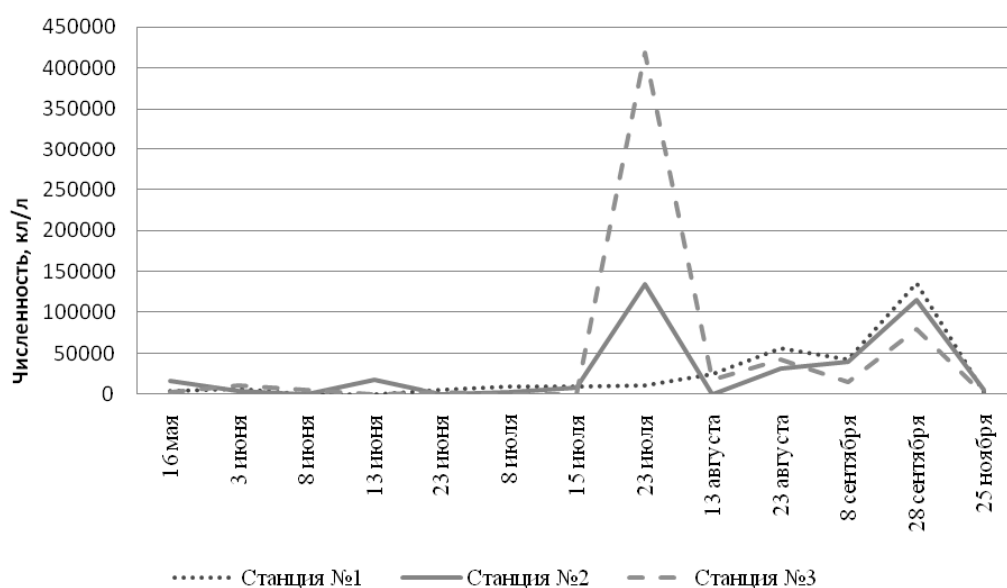


Рис. 8. Динамика численности фитопланктона в районе исследования на станциях 1-3 в мае-ноябре 2008 г.

Fig. 8. The dynamics of phytoplankton density in study area on 1-3 stations from May to November 2008

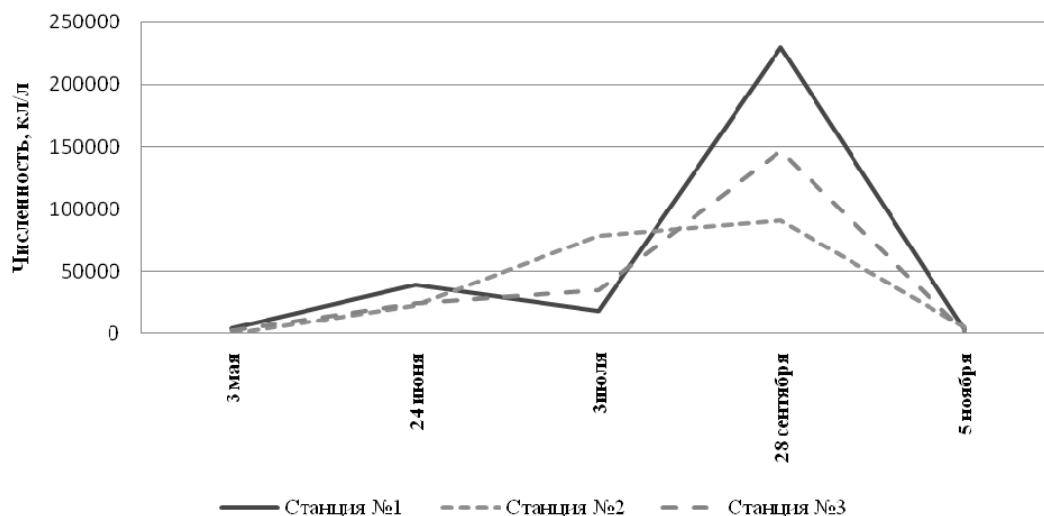


Рис. 9. Динамика численности фитопланктона в районе исследования на станциях 1-3 в мае-ноябре 2009 г.

Fig. 9. The dynamics of phytoplankton density in study area on 1-3 stations from May to November 2009

За период исследований в районе хозяйства марикультуры «НЭМЦ Дальрыбвтуза» обнаружено 6 видов потенциально токсичных микроводорослей: *P. pungens*, *P. delicatissima*, *D. acuminata*, *D. acuta*, *D. fortii* и *P. minimum*. Виды рода *Pseudo-nitzschia* встречали в планктоне с июня по ноябрь. Вспышки развития видов *Pseudo-nitzschia* отмечали в сентябре, их суммарная численность – $108,5 \cdot 10^3$ кл./л – не превышала предельно допустимую концентрацию для рода *Pseudo-nitzschia* – $500 \cdot 10^3$ кл./л, установленную в странах Европы. Клетки *Dinophysis* встречали в планктоне с мая по ноябрь. Численность *D. acuminata* в летний период в 10 раз превышала уровень (ПДК 200-500 кл./л),

при котором в странах с развитой аквакультурой вводятся ограничения на добычу моллюсков. В июне 2008 г. зарегистрировали численность *D. acuminata* $2,5 \cdot 10^3$ кл./л, в июне 2009 г. – $5 \cdot 10^3$ кл./л. Клетки *P. minimum* в районе исследования встречали с мая по сентябрь. Численность вида изменялась от 70 до $36 \cdot 10^3$ кл./л, его массовое развитие наблюдали в летний период. Присутствие в фитопланктоне в районе хозяйства марикультуры «НЭМЦ Дальрыбвтуза» в весенне-осенний период потенциально токсичных микроводорослей свидетельствует о необходимости продолжения мониторинга на данной акватории и установления контроля за биотоксичностью культивируемых гидробионтов.

Список литературы

1. Tkalin A.V. The state of the marine environment near Vladivostok, Russia [Текст] / Tkalin A.V., Belan T.A., Shapovalov E.N. – Mar. Pollut. Bull., 1993. – Vol. 26, № 8. – P. 418-422.
2. Селина М.С. *Gymnodinium nagasakiense* Takayama et Adachi (Dinophyta) в заливе Петра Великого (Японское море) [Текст] / М.С. Селина, Н.К. Симакова, Л.В. Яснецкая // Альгология. – 1992. – Т. 2, № 1. – С. 51-55.
3. Стоник И.В. Летне-осенний фитопланктон в Амурском заливе Японского моря [Текст] / И.В. Стоник, Т.Ю. Орлова // Биол. моря. – 1998. – Т. 24, № 4. – С. 205-211.
4. Бегун А.А. Случай «цветения» воды в Амурском заливе Японского моря, вызванный динофитовой водорослью *Oxvrrhis marina* Dujardin, 1841 [Текст] / А.А. Бегун, Т.Ю. Орлова, М.С. Селина // Биол. моря. – 2004. – Т. 30, № 1. – С. 68-71.
5. Голиков Д.Д. Изменения бентоса залива Посъета (Японское море) за последние 20 лет как результат накопления органического вещества в донных отложениях [Текст] / Д.Д. Голиков, О.А. Скарлато, Г.Н. Бужинская и др. // Океанология. – 1986. – Т. 26, № 1. – С. 131-135.
6. Масленников С.И. Многолетние изменения численности личинок донных беспозвоночных в бухте Алексея острова Попова Японского моря [Текст] / С.И. Масленников, О.М. Корн, И.А. Кашин, Ю.Н. Мартыненко // Биол. моря. – 1994. – Т. 20, № 2. – С. 107-115.
7. Ivin V.V. Scallops fisheries and aquaculture of northwestern Pacific, Russian Federation [Текст] / Ivin V.V., Kalashnikov V.Z., Maslennikov S.I., Tarasov V.G. – Scallops: biology, ecology and aquaculture: Second edition / Eds.: S.E. Shumway, G.J. Parsons. – Amsterdam: Elsevier Publisher, 2006. – P. 1163-1224.
8. Морозова Т.В. Фитопланктон в районе хозяйства марикультуры бухты Миноносок залива Посъета Японского моря [Текст] / Т.В. Морозова, Т.Ю. Орлова, М.С. Селина // Биол. моря. – 2002. – Т. 28, № 2. – С. 107-112.
9. Larsen J. Guide to toxic and potentially toxic marine algae. [Текст] / Larsen J., Moestrup Q. – Copenhagen: Fish Inspection Serv. – 1989. – 61 p.
10. Shumway S.E. A review of the effects of algal blooms on shellfish and aquaculture [Текст] / J. World Aquacul. Soc. – 1990. – Vol. 21. – P. 65-104.
11. Taylor J.R. Taxonomy of harmful dinoflagellates [Текст] / Taylor J.R., Fukuyo Y., Larsen J. Manual on harmful marine microalgae. – Paris: IOC of UNESCO, 1995. – P. 283-317.
12. Andersen P. Design and implementation of some harmful algal monitoring systems [Текст] / IOC Techn. Ser. UNESCO. – 1996. – № 44. – P. 1-102.
13. Коновалова Г.В. Структура планктонного фитоценоза залива Восток Японского моря [Текст] / Г.В. Коновалова // Биол. моря. – 1984. – № 1. – С. 13-23.

14. Селина М.С. Новые и редкие виды *Dinophyta* из Японского моря [Текст] / М.С. Селина, Г.В. Коновалова // Бот. журн. – 1994. – Т. 79, № 6. – С. 117-121.
15. Yamada M. A list phytoplankton as eutrophic level indicator [Текст] / Yamada M., Tsuruta A., Yoshida Y. – Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. – 1980. – Vol. 46, № 12. – P. 1435-1438.
16. Стоник И.В. Морфология и экология видов рода *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyta) из залива Петра Великого Японского моря [Текст] / И.В. Стоник, Т.Ю. Орлова, О.Г. Шевченко // Биол. моря. – 2001. – Т. 27, № 6. – С. 416-420.
17. Lee J.S. Determination of diarrhetic shellfish toxins in various dinoflagellate species [Текст] / Lee J.S., Igarashi T., Fraga S., Dahl E., Novgaard P., Yasumoto T. – J. Appl. Phycol. – 1989. – № 1. – P. 147-152.
18. Marcaillou-Le Baut, C. *Dinophysis acuminata* distribution and specific toxin content in relation to mussel contamination [Текст] / Marcaillou-Le Baut C., Gentien P., Lunven M. et al. – Harmful Algae Blooms. – 2000. – IOC UNESCO. – P. 356-359.
19. Стоник И.В. Потенциально токсичная динофитовая водоросль *Prorocentrum minimum* в Амурском заливе Японского моря [Текст] / И.В. Стоник // Биол. моря. – 1994. – Т. 20, № 6. – С. 419-425.
20. Emsholm H. Results of the Danish monitoring programme on toxic algae and algae toxins in relation to the mussel fisheries 1991–1994 [Текст] / Emsholm H., Andersen P., Hald B. – Harmful and toxic algal blooms // IOC of UNESCO. – 1996. – P. 15-18.
21. Стоник И.В. Фитопланктон как показатель трофности вод залива Петра Великого Японского моря [Текст] / И.В. Стоник, М.С. Селина // Биол. моря. – 1995. – Т. 21, № 6. – С. 403-406.
22. Морозова Т.В. Мониторинг фитопланктона в районе хозяйства марикультуры в заливе Восток Японского моря [Текст] / Т.В. Морозова, Т.Ю. Орлова // Биол. моря. – 2005. – Т. 31, № 1. – С. 11-16.

Сведения об авторах: Шевченко Ольга Геннадьевна, кандидат биологических наук, e-mail: 713553@mail.ru;

Масленников Сергей Иванович, кандидат биологических наук, e-mail: aqua@imb.dvo.ru;

Бложко Татьяна Владимировна, студентка; e-mail: tanay.beauty@mail.ru.