

УДК 579.26+582.26/.27+504.42+599.537

БАКТЕРИО- И ФИТОПЛАНКТОН ПРИБРЕЖНЫХ ВОЛЬЕРОВ С ДЕЛЬФИНАМИ (БУХТА КАЗАЧЬЯ)

Андреева Н. А., Остапчук Т. В., Лискун О. В.

*Научно-исследовательский центр Вооруженных сил Украины «Государственный океанариум»,
Севастополь, nataliy-andreev@yandex.ru*

В течение нескольких сезонов исследовался состав бактерио- и фитопланктона морской воды в прибрежных вольерах с дельфинами. Было отмечено, что микрофлора и альгофлора в этих условиях характеризовались разнообразием форм. Наиболее распространенной группой микроорганизмов в воде вольеров являлись гетеротрофы. В альгоценозах преобладали диатомовые водоросли, а также присутствовали Chlorophyta (зеленые) и Cyanophyta (цианобактерии). Пик развития бактерий и микроводорослей в планктоне наблюдался в летний период. Обсуждается возможность использования планктонных микроводорослей в мониторинге качества воды в местах обитания дельфинов.

Ключевые слова: бактериопланктон, фитопланктон, прибрежные вольеры, дельфины.

ВВЕДЕНИЕ

Бактериям и микроорганизмам в целом принадлежит важнейшая роль в деструкции органического вещества в водной среде. Наиболее активное участие в экологическом метаболизме бактерии принимают в прибрежной зоне моря и, особенно, в местах содержания животных, которые обеспечивают приток в воду значительного количества органического вещества.

Анализ литературы [1; 2; 3] показал, что далеко неполный список микроорганизмов, обитающих в морской среде, включает более 150 видов бактерий, принадлежащих к 43 родам, 12 видов дрожжей (из 5 родов) и более 60 видов мицелиальных грибов (из 30 родов).

Численность микроорганизмов в воде подвержена колебаниям в зависимости от климатических условий, времени года, а также от степени загрязнения акватории сточными водами, несущими мириады микробов и огромное количество органических веществ. В некоторых случаях вода не успевает самоочищаться, что влечет за собой глобальную экологическую проблему.

Число сапрофитных микроорганизмов коррелирует с количеством легкоусвояемых органических веществ в воде. Изменение микробного числа является одним из самых чувствительных показателей повышения трофности водоемов, последствия которого (развитие водорослей, протекание анаэробных процессов и т.д.) неблагоприятны в санитарном отношении.

Отмечено [4], что количественное и качественное разнообразие сапрофитной микрофлоры в Черном море зависит от численности и видового разнообразия фитопланктона. Всего было выявлено 402 вида планктонных водорослей, биомасса которых на мелководье составляла в среднем 850 мг/м^3 [5].

Непосредственное влияние на развитие популяций водорослей и опосредованное влияние на рост бактерий оказывают такие факторы, как

температура, соленость, освещенность и различные органические соединения [6]. Следует заметить, что органические вещества могут продуцироваться как самими водорослями, так и другими организмами данной экосистемы.

Было обнаружено [7], что при увеличении концентрации биогенов в среде (в зависимости от разных факторов) возможен сдвиг равновесия в сторону преобладания или фитопланктона, или интенсивного развития групп бактерий, участвующих в круговороте серы.

Водоросли, наряду с бактериями, являются важным звеном в процессах метаболизма азотосодержащих органических соединений, в частности, продуктов обмена водных животных.

Оказалось, что различные виды водорослей в фитопланктоне взаимодействуют друг с другом при помощи внеклеточных биологически активных веществ, поэтому существует вероятность смены доминирующих (и доминирования определенных) видов фитопланктона в эвтрофных водоемах, где обеспечивается постоянный приток биогенов [8].

Как известно, чрезмерное развитие некоторых видов цианобактерий, динофитовых, золотистых, диатомовых и других водорослей может вызывать цветение в морских водах [9], что приводит к нежелательным последствиям и наносит ущерб морской биоте. Еще одной проблемой в Черном море может стать развитие токсичных и патогенных микроорганизмов, которое неразрывно связано с усилением эвтрофикации прибрежных акваторий. Диатомовые водоросли, в подавляющем большинстве, не являются продуцентами токсичных веществ [10], однако при высоких концентрациях, могут быть потенциально опасными для некоторых гидробионтов. Это связано с тем, что виды, не продуцирующие яды, но обладающие способностью быстро накапливать огромную биомассу в локальных акваториях также негативно влияют на экосистему, так как при деструкции отмершей биомассы расходуется значительное количество кислорода. Таким образом, создаются восстановленные условия, приводящие к накоплению в среде токсичного сероводорода [9] и к развитию условно-патогенной микрофлоры, вызывающей заболевания животных и ухудшение экологии среды их обитания.

Проведенные исследования показали, что фитопланктон прибрежной зоны Черного моря представлен, в основном, диатомовыми и перединиевыми водорослями [11]. Водоросли играют важную роль в процессе естественного самоочищения морских вод и кроме того, могут служить индикаторами загрязнений при проведении экологического мониторинга окружающей среды [12].

Цель наших исследований: изучение разнообразия форм бактерио- и фитопланктона в местах вольерного содержания морских млекопитающих и возможности использования некоторых видов микроводорослей в мониторинге качества воды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Отбор проб воды для исследования водной микрофлоры и альгофлоры осуществлялся специальным пробоотборником в закрепленную в нем стерильную бутылку объемом 0,5 л.

Определение численности различных групп бактерий в исследуемых образцах морской воды проводили двумя методами: 1) методом высева на плотные элективные питательные среды в чашки Петри и 2) методом предельных разведений. Полученные результаты пересчитывали на объем пробы морской воды [13, 14].

Посев проводился:

– на плотные среды: МПА (для определения общего микробного числа), Сабуро (для определения численности мицелиальных грибов и дрожжей), Чистовича (для выявления лецитиназной активности микроорганизмов) и 5%-ный кровяной агар (для выявления гемолитической группы) по 0,2 мл на поверхность каждой среды;

– на жидкие среды для различных групп микроорганизмов цикла азота и серы.

Морфологию культур микроорганизмов изучали под микроскопом при увеличении $\times 1500$ в мазках, окрашенных по Граму.

Для исследования альгофлоры воды в местах содержания дельфинов из того же объема (0,5 л) осуществляли посев по 1 мл в пробирки с жидкими питательными средами: Громова №6 (модифицированная среда на морской воде), Гольдберга и Уолна.

Морфологию водорослей и цианобактерий изучали на постоянных препаратах и препаратах «раздавленная капля» при увеличении $\times 600$ под световым микроскопом. Для изготовления постоянных препаратов водорослей и цианобактерий использовали глицерино-желатиновую смесь.

При определении видовой принадлежности микроводорослей руководствовались определителями Н.Е. Гусякова с соав. [15], а также А.В. Топачевского и Н.П. Масюка [12]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Было проведено исследование количественного и видового состава аэробной гетеротрофной микрофлоры воды в прибрежных вольерах с дельфинами. Среднегодовые данные по сезонам представлены в таблице 1 и на рисунке 1. Как видно из таблицы, численность микроорганизмов в воде в зависимости от сезона колебалась от 5 до более 500 кл./мл, причем наибольшая численность в течение пяти лет наблюдалась в основном летом (рис. 1). Наибольшего развития в летний период микрофлора достигла в 2009 году, а в связи с аномальной жарой 2010 года (в отдельные дни температура воды достигала 30°C), пик численности аэробной микрофлоры сместился на осенний период.

Гетеротрофная микрофлора воды в прибрежных вольерах с дельфинами в большинстве случаев была представлена коринеформными бактериями, актиномицетами, грамтрицательными палочками и дрожжеподобными организмами. Грамположительные кокки и мицелиальные грибы встречались в отдельных случаях. Некоторые представители микрофлоры показаны на рисунке 2. В образцах морской воды из прибрежных вольеров с дельфинами определялась также численность различных групп бактерий, принимающих участие в ассимиляции продуктов жизнедеятельности животных. Результаты представлены в таблице 2.

**БАКТЕРИО- И ФИТОПЛАНКТОН ПРИБРЕЖНЫХ ВОЛЬЕРОВ
С ДЕЛЬФИНАМИ (БУХТА КАЗАЧЬЯ)**

Таблица 1

Аэробная микрофлора воды в местах содержания дельфинов

Сезон	Год	Среднесезонная температура воды, t°C	Численность аэробных микроорганизмов, кл./мл воды	Видовой состав
Весна	2007	14,4	7,5	Коринеформные, актиномицеты, <i>Staphylococcus</i> sp., дрожжи
	2008	11,0	5	Дрожжи
	2009	12,5	5	Коринеформные, дрожжи
	2010	11,7	56,7	Гр палочки, актиномицеты, коринеформные, мицел.грибы
Лето	2006	22,0	201,3	Гр палочки, актиномицеты, коринеформные, дрожжи, мицелиальные грибы
	2007	24,6	62,5	Гр палочки, актиномицеты, коринеформные, дрожжи, мицелиальные грибы
	2008	23,1	85	Коринеформные, актиномицеты, дрожжи
	2009	24,3	>500	Гр палочки, коринеформные, дрожжи, мицел.грибы
	2010	26,4	44,7	Гр палочки, актиномицеты, коринеформные, дрожжи
Осень	2007	16,5	65	Коринеформные, актиномицеты
	2008	20,0	160	Коринеформные, дрожжи
	2009	19,6	21,7	Актиномицеты, коринеформные, дрожжи, мицелиальные грибы
	2010	21,0	275	Гр палочки, коринеформные, тетракокки
Зима	2008	6,0	10	Коринеформные, дрожжи
	2009	10,0	70	Коринеформные, актиномицеты
	2010	10,0	97,5	Гр палочки, актиномицеты, коринеформные, дрожжи

Таблица 2

Численность различных групп бактерий в образцах морской воды из прибрежных вольеров с дельфинами

Место отбора проб	Гетеротрофы, × 10 ³ кл./мл	Аммонификаторы белка, × 10 ³ кл./мл	Уробактерии, × 10 ³ кл./мл
Открытый участок моря (поверхность)	1,34	0,25	0,15
Вольер (поверхность)	3,26	0,95	0,45
Вольер (глубина 2,0 м)	5,84	0,95	2,50

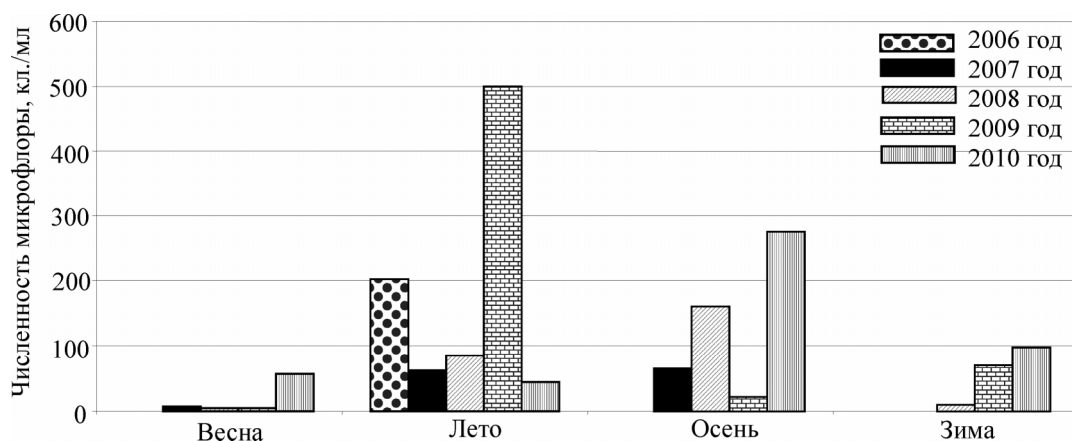


Рис. 1. Сезонная динамика бактериопланктона в воде прибрежных вольеров с дельфинами (средние данные за 2006–2010 гг.)

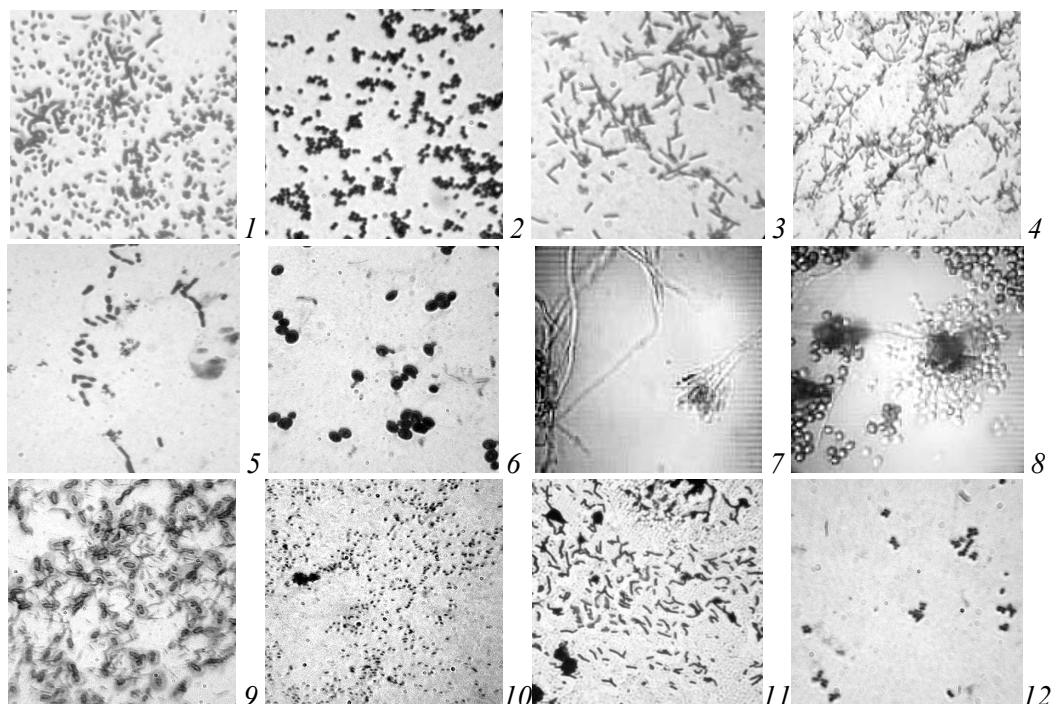


Рис. 2. Представители микрофлоры воды прибрежных вольеров с дельфинами

1; 2 – коринеформные; 3; 4 – актиномицеты; 5; 6 – дрожжи; 7; 8 – мицелиальный гриб; 9 – азотфиксаторы; 10 – нитрификаторы; 11; 12 – тионовые; 12 – тетракокки.

Как видно из таблиц 1 и 2, наиболее распространенной группой микроорганизмов в воде вольеров являлись гетеротрофы, причем их численность в

вольерах с животными была выше, чем в воде открытого участка моря. Наблюдалось также увеличение количества микроорганизмов от поверхности до глубины 2,0 м.

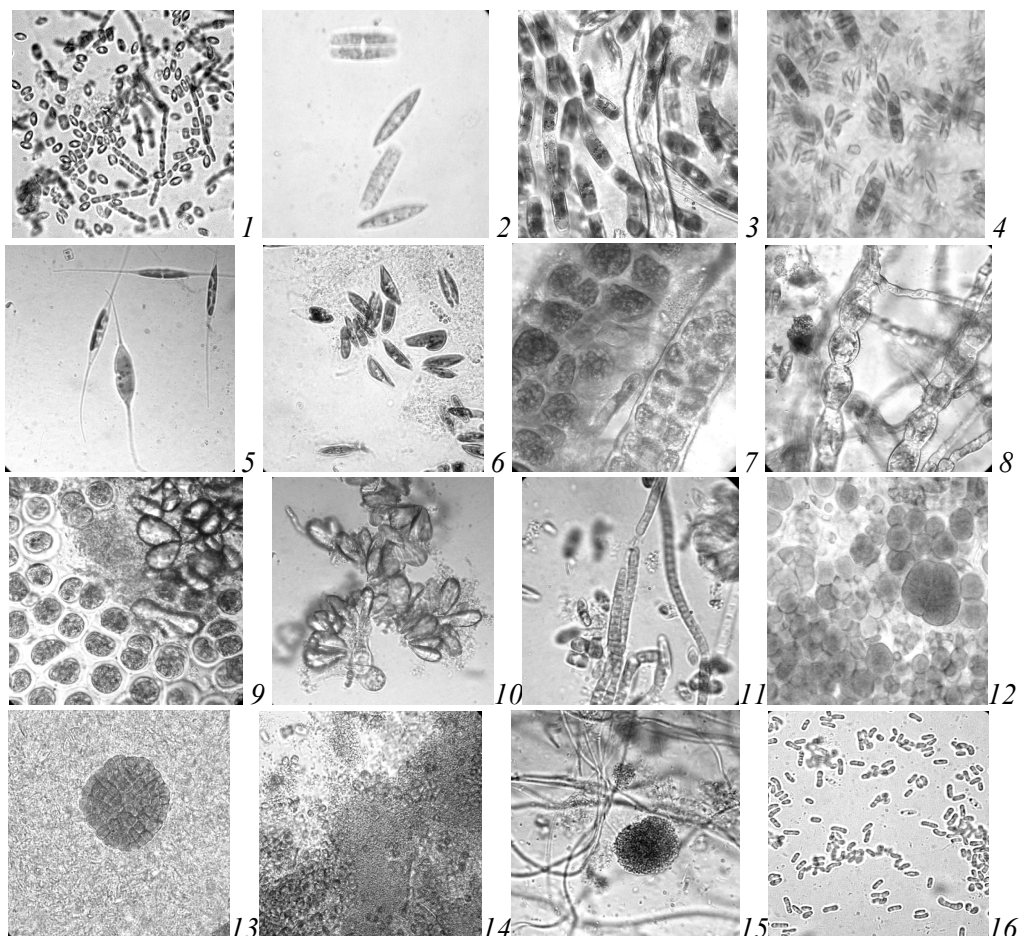


Рис. 3. Представители фитопланктона прибрежных морских вольеров с дельфинами
1 – *Melosira* sp. + *Navicula* sp.; 2 – *Amphipleura* sp.; 3 – *Pinnularia* sp.; 4 – *Navicula* sp. + *Pinnularia* sp.; 5 – *Cylindrotheca*; 6 – *Cymbella*; 7; 8 – Chlorophyta; 9; 10 – неидентифицированные гантелевидные формы; 11 – *Spirulina* sp. + диатомовые; 12 – *Pleurocapsa* sp.; 13 – *Cyanosarcina* sp.; 14 – *Microcystis* sp.+ диатомовые; 15 – *Microcystis* sp.; 16 – *Synechococcus* sp.

В местах содержания морских млекопитающих видовой состав фитопланктона обычно отражает все процессы, происходящие в акватории. Кроме концентрации органических веществ, как уже было сказано, непосредственное влияние на развитие популяции микроводорослей оказывают температура, соленость и освещенность. Было показано [16], что некоторые виды фитопланктона, способные

к потреблению органических соединений, можно использовать в качестве индикаторов при разработке методов экологического мониторинга загрязнения морских вод.

В течение ряда лет изучалась динамика состава фитопланктона в воде прибрежных вольеров, в которых содержались дельфины-афалины (*Tursiops truncatus*).

Для выявления более полного спектра микроводорослей посев исследуемых образцов воды осуществлялся на три среды.

Видовое разнообразие микроводорослей в фитопланктоне вольеров с дельфинами представлено на рисунке 3.

Как показали результаты исследований (табл. 3), в зимний период в фитопланктоне обнаруживалось незначительное количество микроводорослей – представителей отделов Chlorophyta (зеленые) и Cyanophyta (цианобактерии).

Весной, с повышением температуры воды и увеличением светового дня, в фитопланктоне прибрежных вольеров видовое разнообразие значительно возрастало. В это время в составе альгофлоры выявлялись в основном представители отдела Bacillariophyta: рода *Navicula*, *Licmophora*, *Amphora*, *Cylindrotheca*, *Grammatophora*, *Nitzschia*, *Amphipleura*, *Pinnularia*, *Cymbella* а также некоторые виды сем. Achnantheaceae.

Таблица 3

Динамика различных групп микроводорослей в фитопланктоне прибрежных вольеров с морскими животными

Место отбора проб	Сезон	Состав альгофлоры		
		Cyanophyta	Chlorophyta	Bacillariophyta
Вольер №1	Зима	отдельные неидентифицированные виды	отдельные неидентифицированные виды	–
	Весна	<i>Phormidium</i> , <i>Microcystis</i>	нитчатые зеленые, отдельные виды	<i>Licmophora</i> , <i>Bacillaria</i> , <i>Pinnularia</i> , <i>Melosira</i>
	Лето	<i>Lyngbya</i>	–	<i>Navicula</i>
	Осень	–	–	–
Вольер №2	Зима	<i>Pleurocapsa</i>	–	–
	Весна	отдельные неидентифицированные виды	<i>Volvox</i> , нитчатые зеленые	<i>Licmophora</i> , <i>Navicula</i> , <i>Amphora</i> , <i>Pinnularia</i> , <i>Cylindrotheca</i> , <i>Amphipleura</i> , <i>Melosira</i>

БАКТЕРИО- И ФИТОПЛАНКТОН ПРИБРЕЖНЫХ ВОЛЬЕРОВ
С ДЕЛЬФИНАМИ (БУХТА КАЗАЧЬЯ)

Окончание таблицы 3

Место отбора проб	Сезон	Состав альгофлоры		
		Суанophyta	Chlorophyta	Bacillariophyta
	Лето	<i>Spirulina, Cyanosarcina, Microcystis</i>	крупные нитчатые зеленые	<i>Navicula, Amphipleura, Pinnularia, Amphora, сем. Achnanthaceae, Melosira</i>
	Осень	<i>Oscillatoria, Cyanosarcina</i>	отдельные неидентифицированные виды	<i>Grammatophora, Nitzschia, Amphipleura, Cyndrotheca, Amphora, Navicula, Melosira</i>
Вольер №3	Зима	<i>Cyanosarcina, Lyngbia</i>	–	–
	Весна	<i>Cyanosarcina, Phormidium, Spirulina, Pleurocapsa, Lyngbya</i>	нитчатые зеленые	<i>Navicula, Cyndrotheca, Amphipleura, сем. Achnanthaceae, Melosira</i>
Вольер №3	Лето	<i>Cyanosarcina, Spirulina, отдельные неидентифицированные виды</i>	<i>Volvox</i> , другие виды	<i>Nitzschia, Navicula, Pinnularia, сем. Achnanthaceae, Melosira</i>
	Осень	<i>Cyanosarcina, Synechococcus</i>	крупные нитчатые зеленые	<i>Cyndrotheca, Grammatophora, Amphipleura, Pinnularia, Navicula, Melosira</i>

Летом в фитопланктоне открытого участка акватории и вольеров доминировали зеленые микроводоросли и некоторые представители диатомовых (рис. 4).

В осенний период в прибрежных вольерах происходило уменьшение биоразнообразия фитопланктона. Основную массу и в это время составляли микроводоросли, относящиеся к отделам Bacillariophyta и Суанophyta. Встречались также отдельные представители Chlorophyta (зеленые).

Благоприятные условия для роста микроводорослей и развития гетеротрофной микрофлоры в районе вольеров формировались в результате постоянного притока органических веществ в виде продуктов метаболизма морских млекопитающих [17].

В течение всего года в фитопланктоне воды прибрежных вольеров с дельфинами обнаруживались микроорганизмы необычной гантелевидной формы, которые впервые были выявлены нами в 2007 году в донных отложениях Керченского пролива, загрязненных соединениями восстановленной серы [18]. По ряду характеристик данные организмы предположительно были отнесены к Суанophyta. Они хорошо росли на среде №6 по Громову и, в зависимости от места

обитания и длительности инкубации в среде, различались по размеру и степени развития.

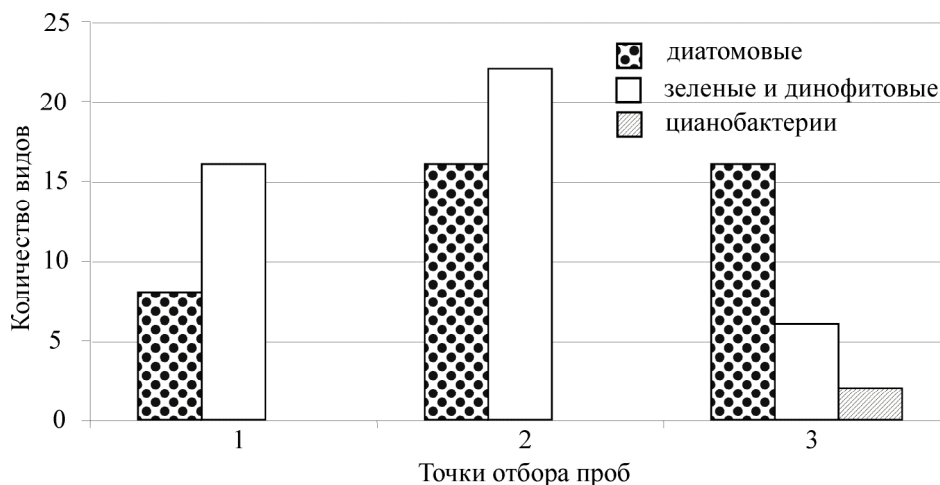


Рис. 4. Систематический состав фитопланктона прибрежных вольеров в летний период (бухта Казачья)

1 – участок открытой акватории; 2 – вольер с животными №1; 3 – вольер с животными №3.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты исследований бактерио- и фитопланктона воды в прибрежных вольерах с дельфинами (бухта Казачья) показали следующее:

1. Состав бактериопланктона прибрежных вольеров с дельфинами широко представлен аэробными гетеротрофными микроорганизмами: коринеформными бактериями, актиномицетами, грамотрицательными палочками и дрожжами.

2. Альгоценозы воды вольеров характеризуются видовым разнообразием с преобладанием диатомовых водорослей. Часто встречаются и представители *Suanoophyta*.

3. Пик развития микроорганизмов и микроводорослей и наибольшее их видовое разнообразие наблюдается в летний период, за исключением сезонов с аномально высокой температурой морской воды.

4. Планктонные микроводоросли могут быть использованы в мониторинге качества воды в местах обитания морских животных, содержащихся в условиях океанариумов и дельфинариев.

Список литературы

1. Крисс А.Е. Микробиологическая океанография / А.Е. Крисс. – М.: Наука, 1976. – 268 с.
2. Миронов О.Г. Санитарно-биологические исследования в Черном море / О.Г. Миронов, Л.Н. Кирюхина, И.А. Дивавин. – С-П.: Гидрометеоиздат, 1992. – 115 с.

3. Микромир в морских санитарно-биологических исследованиях [под общ.ред. О.Г. Миронова] / [Миронов О.Г., Степанова О.А., Губасарян Л.А. и др.]. – Севастополь, 1995. – 95 с.
4. Теплинская Н.Г. Взаимосвязь бактерио- и фитопланктона в поверхностных слоях воды западной части Черного моря / Н.Г. Теплинская, Д.А. Нестерова // Науч. докл. высш. шк. Биол. наук. – 1986. – №5. – С. 60–63.
5. Пицык Г.К. Фитопланктон некоторых южных районов Мирового океана / Г.К. Пицык // Проблемы морской биологии. – К.: Наукова думка, 1971. – С. 48–54.
6. Šolić M. Effect of phytoplankton on the growth of bacteria under experimental conditions / M. Šolić // Acta adriat. – 1989. – 29. – №1 – 2. – P. 83–104.
7. Maurice A. Etude des phenomenes d'eutrophie et de dystrophie en milieu marin / A. Maurice // Mem. biol. mar. e. oceanogr. – 1985. – 15. – P. 27–44.
8. Maestrini S.Y. Allelopathic relationships between phytoplankton species / S.Y. Maestrini, D.J. Bonin // Can. Bull. Fish. and Aquat. Sci. – 1981. – №210. – P. 323–338.
9. Рябушко Л.И. Атлас токсичных микроводорослей Черного и Азовского морей / Л.И. Рябушко. – Севастополь, 2003. – 142 с.
10. Рябушко Л.И. Методические аспекты изучения биоразнообразия потенциально опасных микроводорослей как индикаторов состояния морских экосистем / Л.И. Рябушко // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту им. В. Гнатюка. Сер. Біологія: спец. вип. «Гидроєкологія». – 2005. – №4 (27). – С. 201–203.
11. Жизнь растений. В 6-ти т. Т.3. Водоросли. Лишайники / [Под ред. проф. М.М. Голлербаха]. – М.: Просвещение, 1977. – 487 с.
12. Топачевский А.В. Пресноводные водоросли Украинской ССР / А.В. Топачевский, Н.П. Масюк: [под общ.ред. д.б.н. М.Ф. Макаревич]. – Киев: Вища школа, 1984. – 332 с.
13. Практикум по микробиологии / [Под ред. Егорова Н.С.]. – М.: Моск. Унив., 1976. – 306с.
14. Аникеев В.В. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / В.В. Аникеев, Н.А. Лукомская. – М.: Просвещение, 1977. – 128с.
15. Гусялков Н.Е. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов / Н.Е.Гусялков, О.А. Закордонец, В.П. Герасимюк. – К.: Наукова думка, 1992. – 110 с.
16. Yamada M. Использование органических азотсодержащих соединений в качестве источника азота морским фитопланктоном / M. Yamada, Y. Arai, A. Tsuruta, Y. Yoshida // Нихон суйсан гаккайси, Nippon suisan gakkaiishi, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. – 1983. – 49. – №9. – P. 1445–1448.
17. Смирнова Л.Л. Влияние концентрации биогенных элементов на сообщества микроводорослей прибрежного мелководья Черного моря / Л.Л. Смирнова, В.И. Рябушко, Л.И. Рябушко, И.И. Бабич // Альгология. – 1999. – 9. – №3. – С.32–42.
18. Смирнова Л.Л. Микроорганизмы необычной гантелевидной формы из морских донных отложений, загрязненных соединениями восстановленной серы / Л.Л. Смирнова, Н.А. Андреева // Экология моря. – 2009. – Вып. 79. – С. 79.

Андрєєва Н. О., Остапчук Т. В., Лісқун О. В. Бактеріо- і фітопланктон узбережних вольєрів з дельфінами (бухта Козача) // Екосистеми, їх оптимізація та охорона. Сімферополь: ТНУ, 2012. Вип. 6. С. 20–30.

Протягом декількох сезонів досліджувався склад бактеріо- і фітопланктону морської води у прибережних вольєрах з дельфінами. Було показано, що мікрофлора й альгофлора в цих умовах характеризувалися різноманітністю форм. Найпоширенішою групою мікроорганізмів у воді вольєрів були гетеротрофи. В альгоценозах переважали діатомові водорості, а також були присутні Chlorophyta (зелені) і Cyanophyta (ціанобактерії). Пік розвитку бактерій і микроводоростей у планктонах спостерігався в літній період. Обговорюється можливість використання планктонних микроводоростей у моніторингу якості води в місцях проживання дельфінів.

Ключові слова: бактеріопланктон, фітопланктон, прибережні вольєри, дельфіни.

Andreyeva N. A., Ostapchuk T. V., Liskun O.V. Bacterio- and phytoplankton in shore enclosures with dolphins (Kazachya Bay) // Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU, 2012. Iss. 6. P. 20–30.

During several seasons we have studied sea water bacterio- and phytoplankton composition in shore enclosures where dolphins has kept. It was revealed that microflora and algoflora in these conditions were characterized by various forms. The heterotrophes were the most prevailing group of microorganisms which registered there. Algocenoses were characterized by numerous diatomaceous algae and also Chlorophyta (green algae) and Cyanophyta (cyanobacteriae). The peak of bacteria and microalgae growth takes place in summer. It's considered the prospective application of planktonic microalgae in water quality monitoring in dolphin inhabitation.

Key words: bacterioplankton, phytoplankton, shore enclosures, dolphins.

Поступила в редакцию 13.09.2012 г.