

ГОДИЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА В РАЙОНЕ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО ОКЕАНАРИУМА

С октября 1996 по ноябрь 1997 гг. изучались сезонные изменения качественного состава и численности фитопланктона в одной из Севастопольских бухт – Артиллерийской. Установлено, что защитные сооружения океанариума с поселяющимися на них донными беспозвоночными-фильтраторами снижают видовой состав и численность фитопланктона внутри океанариума. В водах бухты зарегистрировано 84 вида водорослей, внутри океанариума – 52. В октябре 1996 г. в бухте наблюдали сильное цветение воды, вызванное развитием диатомеи *Cerataulina pelagica*, внутри океанариума в это время численность фитопланктона была на порядок ниже.

В одной из Севастопольских бухт – Артиллерийской с 1991 г. функционирует океанариум «Аквамарин». На ограждающих океанариум сетях отмечено обильное обрастание – защитные сооружения выполняют роль рифов [2]. В воде океанариума и прилегающем районе моря отмечено значительное разнообразие бентосного и зоопланктонного сообществ. Изучение динамики фитопланктонного сообщества может существенно дополнить гидробиологические характеристики этого участка бухты. Целью нашего исследования являлось получение данных о сезонной динамике видового состава и количественного развития фитопланктона в океанариуме и прилегающей к нему акватории.

Материал и методика. Пробы воды отбирал водолаз один раз в месяц в 2-х точках: в бухте и в центре океанариума, с поверхности и с глубины 4 м (придонный горизонт). Наблюдения проводили с октября 1996 по ноябрь 1997 гг.; за это время собрано и обработано 44 пробы фитопланктона. Мелкие жгутиковые и золотистые водоросли учитывали «в живой» капле, затем 1 л морской воды концентрировали методом обратной фильтрации с использованием нуклеопоровых фильтров с диаметром пор 1 мкм. Наннопланктон считали в нефиксированном концентрате в объеме 50-70 мл на стекле в капле объемом 0,05 мл. Крупноклеточные водоросли учитывали в камере объемом 0,5 мл.

Результаты и обсуждение. В планктоне Артиллерийской бухты в районе океанариума обнаружено 84 вида водорослей, относящихся к 48 родам, 6 отделам. Наибольшего видового разнообразия достигали диатомовые водоросли – 42 вида, из них наибольшее число видов отмечено в роде *Chaetoceros* – 11. Динофлагеллаты представлены 30 видами, среди них доминировали виды родов *Glenodinium*, *Gyrodinium*, *Gymnodinium*. Золотистые представлены кремнежгутиковыми и кокколитофоридами (6 видов), из которых наиболее часто встречалась *Emiliania huxleyi*. Встречено по 3 вида криптомонад и зеленых и 1 вид эвгленовых водорослей. Круглогодично, иногда в большом количестве, встречались мелкие жгутиковые водоросли с диаметром клеток 3-5 мкм, систематическая принадлежность которых не установлена.

Качественный состав фитопланктона в зоне океанариума был значительно беднее – 52 вида, в том числе диатомовых – 30, динофлагеллат – 11, золотистых – 5 и зеленых – 2 вида. Криptomonаты и эвгленовые, как и в бухте, представлены соответственно 3 и 1 видом. В придонном слое океанариума водоросли отличались более мелкими размерами клеток с низким содержанием хлорофилла, что, вероятно, связано со слабой циркуляцией воды вблизи берега.

В годовой динамике количественного развития фитопланктона в бухте отмечены максимумы – в октябре, марте, июне (табл.), в океанариуме – в ноябре, марте и мае.

В октябре 1996 г. при температуре воды 18-16°C на всей акватории бухты было зарегистрировано сильнейшее цветение воды, вызванное развитием крупноклеточной диатомеи *Cerataulina pelagica*, в результате чего при общей численности фитопланктона 9,1 млрд. кл·м⁻³ биомасса достигала 65,9 г·м⁻³, что почти в 10 раз превышало величины, полученные ранее для этого вида в Севастопольской бухте [3, 5, 7]. Столь высокое раз-

Таблица Годовая динамика численности (Ч – млн. кл·м⁻³) и биомассы (Б – мг·м⁻³) фитопланктона в Севастопольской бухте
Table Annual dynamics of the phytoplankton number (Ч – million cells·m⁻³) and biomass (Б – mg·m⁻³) in the Sevastopol Bay

Дата	Гор., м	Т°С воды	Артиллерийская бухта			Океанариум «Аквармарин»		
			Ч	Б	Домин. группа-% 1996 г.	Ч	Б	Домин. группа
10 октября	0	18	2567	8323	Диадомей-70	572	982	Мелк. жгут.-76
	4		3337	1450	Диадомей-65	493	495	Диадомей-84
14 октября	0	16	9112	65904	Диадомей-99	–	–	–
14 ноября	0	14	4604	13871	Диадомей-94	3389	8830	Диадомей-94
3 декабря	0	15	267	130	Золотистые-71	61	108	Диадомей-45
	4		179	206	Диадомей-51	587	1721	Диадомей-97
1997 г.								
14 января	0	8	40	19	Мелк. жгут.-65	21	12	Диадомей-67
	4		27	37	Диадомей-34	3	2	Диадомей-68
11 февраля	0	7	114	48	Золотистые-69	18	11	Золотистые-33
	4		76	34	Мелк. жгут.-51	41	29	Диадомей-31
4 марта	0	7	2614	1329	Диадомей-85	2772	1533	Диадомей-99
	4		1805	959	Диадомей-96	2008	1006	Диадомей-86
2 апреля	0	7	326	92	Мелк. жгут.-92	124	63	Мелк. жгут.-49
	4		212	77	Мелк. жгут.-52	48	33	Диадомей-58
6 мая	0	12	352	135	Диадомей-70	544	313	Диадомей-76
	4		342	144	Золотистые-59	608	253	Диадомей-96
3 июня	0	13	1112	214	Золотистые-52	15	10	Мелк. жгут.-76
	4		221	91	Золотистые-59	43	20	Золотистые-92
15 июля	0	23	90	212	Диадомей-53	–	–	–
19 августа	0	27	245	225	Диадомей-81	28	39	Диадомей-83
	4		202	176	Диадомей-81	17	18	Диадомей-87
23 октября	0	16	1925	1218	Диадомей-92	800	52	Мелк. жгут.-52
4 ноября	0	12	479	85	М.жг.+золот.-	369	92	Золотистые-81
92								

витие *C. pelagica* в последние годы характерно только для распресненной и евтрофированной северо-западной части Черного моря [1]. Массовая вспышка этого вида началась после продолжительных ливневых дождей в августе-сентябре и поступления в бухту большого количества ливневых стоков и продолжалась до ноября. Осенью 1996 г. высокой численности достигали также диатомей *Chaetoceros curvisetus* (667 млн. кл·м⁻³), *Leptocylindrus minimus* (467), *C. socialis* и *Nitzschia delicatissima* (по 230), из золотистых – *E. huxleyi* (330), мелкие жгутиковые и криптонады (330 млн. кл·м⁻³). Количество динофлагеллат осенью 1996 г. было незначительным и снижалось с октября по ноябрь с 30 до 12 млн. кл·м⁻³, биомасса – с 133 до 30 мг·м⁻³. В осеннем планктоне преобладали *Prorocentrum micans*, *P. cordata*, *Gyrodinium fusiforme*. На поверхности бухты доминировала *C. pelagica*, а в придонном горизонте концентрировались не отмеченные на поверхности диатомей *Asterionella gracilis* (*Asterionella japonica*) в количестве 118 млн. кл·м⁻³, впервые появившиеся в неритической зоне у Севастополя в конце 60-х годов [4], а также *Chaetoceros compressus* (83 млн.) и цисты динофлагеллат (25 млн.) размерами 14 - 24 мкм.

Зимой численность фитопланктона во всем слое воды снизилась на один-два порядка. На поверхности преобладали *E. huxleyi* и мелкие жгутиковые водоросли, а в придонном горизонте – диатомей *C. pelagica*, *Skeletonema costatum* и *A. gracilis*.

Активная весенняя вегетация фитопланктона началась в марте при температуре воды 6-7°С массовым развитием *S. costatum*, составляющей во всем слое воды 85-96% суммарной численности и 96-99% суммарной биомассы фитопланктона. В это время до 400 млн. кл·м⁻³ составляли мелкие жгутиковые и криптонады, и около 8 млн. кл·м⁻³ –

крупноклеточная диатомея *Melosira moniliformis*, характерная для загрязненных бухт. На поверхности бухты общее количество фитопланктона достигало 2,6 млрд. кл·м⁻³, биомасса – 1,3 г·м⁻³, с глубиной эти величины снижались соответственно до 1,8 млрд. кл·м⁻³ и 959,2 мг·м⁻³.

В апреле-мае общее количество фитопланктона во всем слое воды снизилось на порядок и изменялось в пределах 212 – 352 млн. кл·м⁻³. В апреле преобладающие нагонные ветры северных направлений приносили в бухту воды открытого моря, вследствие чего во всем слое доминировали мелкие жгутиковые водоросли, составляющие 52 – 92% общего количества, а суммарная биомасса снижалась до 92 – 77 мг·м⁻³. В мае при доминирующих ветрах южных направлений, вызывающих сгон поверхностных и подъем придонных вод, на поверхности бухты отмечена, хотя и незначительная, вспышка численности диатомеи *S. costatum*, а на глубине 4 м – *E. huxleyi*, вследствие чего общая биомасса возросла до 135 – 144 мг·м⁻³.

Продолжительный сгон поверхностных вод в конце мая, снизивший температуру этого слоя с 18 до 13°C, вызвал в начале июня массовое развитие на поверхности бухты золотистых водорослей *E. huxleyi* – 433 млн. кл·м⁻³ и *Dinobryon balticum* – 230 млн. кл·м⁻³, общая численность фитопланктона достигала 1,1 млрд. кл·м⁻³, но биомасса, вследствие мелких размеров доминирующих водорослей, составляла только 214 мг·м⁻³. Суммарные величины численности и биомассы фитопланктона у дна были на порядок ниже поверхностных и не превышали соответственно 221 млн. кл·м⁻³ и 91 мг·м⁻³.

В июле-августе при высокой температуре воды на поверхности (26-27°C), на постоянном подтоке в бухту холодных вод в результате часто повторяющихся сгонов, снижающих поверхностную температуру на 3-4°C, в планктоне доминировала мелко-клеточная диатомея *C. socialis*. В июле общее количество фитопланктона не превышало 90 млн. кл·м⁻³, но биомасса за счет крупноклеточной диатомеи *Pseudosolenia calcaravis* достигала 212 мг·м⁻³. В августе, очевидно, под влиянием более мощного сгона и поступления в бухту вод, обогащенных биогенными элементами, общее количество фитопланктона возросло до 245 млн. кл·м⁻³, в планктоне появились холодолюбивые мелко-клеточные диатомеи *S. costatum*, *Nitzschia delicatissima*. Значительно увеличилось количество динофлагеллат, в основном гетеротрофных видов *Diplopsalis lenticula*, *Protoperidinium pellucidum*, *Peridinium minusculum*, *Gyrodinium fusiforme* и автотрофных *Prorocentrum micans*, *Goniaulax spinifera*. Биомасса динофлагеллат на поверхности бухты достигала 83 мг·м⁻³, на глубине 4 м – 138 мг·м⁻³, в основном за счет цист размером 20-30 мкм.

Осенью 1997 г. после активного перемешивания вод и снижения температуры воды на поверхности до 16°C вновь отмечена осенняя вспышка развития *Cerataulina pelagica*, составившей 88% суммарных величин численности (1,9 млрд. кл·м⁻³) и биомассы (1,2 г·м⁻³) фитопланктона, но не вызывающей такого сильного цветения воды, как осенью 1996 г. В значительно меньшем количестве встречались диатомеи *C. socialis*, *N. delicatissima* и мелкие жгутиковые водоросли. С глубинными водами в бухту поступили крупноклеточные динофлагеллаты, обычно концентрирующиеся в слое термоклина – *Ceratium fusus*, *C. furca*, *C. tripos*, *Dinophysis sacculus*, увеличилось количество *Prorocentrum micans*. *P. scutellum*, *Glenodinium paululum*, но биомасса их не превышала 74 мг·м⁻³ (7% от общей величины). Развитие фитопланктона осенью 1997 г. было непродолжительным и в ноябре его количество снизилось на порядок, а биомасса – на два порядка. В планктоне преобладала *E. huxleyi* и мелкие жгутиковые водоросли.

На протяжении всего периода наблюдений в планктоне бухты отмечен очень бедный качественный состав и низкое количественное развитие динофлагеллат, в основном встречались цисты диаметром 11-33 мкм, что свидетельствует о неблагоприятных (вероятно, температурных) условиях для развития этой группы водорослей.

В океанариуме «Аквамарин» в октябре 1996 г. численность *C. pelagica* была на порядок ниже, чем в бухте. Массовое развитие ее в океанариуме отмечено значительно позже – в ноябре, за счет чего общая численность фитопланктона здесь достигала 3,4

млрд. кл·м⁻³, а биомасса 8,8 г·м⁻³. В январе и феврале в океанариуме величины численности и биомассы были еще более низкими, чем в бухте. На поверхности преобладали диатомеи *N. tenuirostris*, *S. costatum*, *A. gracilis*, в небольшом количестве встречались золотистые и цисты динофлагеллат размером 10-16 мкм, зеленая водоросль *Scenedesmus quadricauda* и евгленовая – *Euglena* sp. В феврале у дна доминировала *S. costatum*, вызвавшая цветение воды в марте. Величины численности и биомассы на поверхности и на глубине 4 м были примерно одинаковыми и составляли соответственно 2,7-2,0 млрд кл·м⁻³ и 1,5-1,0 г·м⁻³. Весенний пик в сезонной динамике фитопланктона океанариума несколько превышал по величине пик в бухте. Кроме *S. costatum*, в марте до 300 млн кл·м⁻³ составляли мелкие жгутиковые и золотистые водоросли.

В апреле в планктоне океанариума количество *S. costatum* сократилось на один-два порядка, но она продолжала доминировать в придонном горизонте, и после перемешивания вод вызвала в мае вторую весеннюю вспышку фитопланктона. При этом величины ее численности и биомасс в океанариуме были значительно выше, чем в бухте, и составляли соответственно 544-608 млн. кл и 313 -253 мг·м⁻³. Очевидно, развитие *S. costatum* как в ранневесенний период – в феврале-марте, так и в поздневесенний – в мае, начинается сначала в придонном слое у самого берега, где зимуют покоящиеся споры, а затем распространяется в верхние слои бухты. Кроме *S. costatum*, в мае в планктоне океанариума встречались диатомеи-обрастатели.

Летний период в океанариуме отличался бедным качественным составом и низким количественным развитием водорослей. Суммарная численность изменялась в пределах 15-43 млн кл., биомасса – 10-39 мг·м⁻³. По численности преобладала диатомея *C. socialis*, в меньшем количестве встречались *S. costatum* и *P. delicatissima*, а биомассу в основном создавали цисты динофлагеллат.

Осенью 1997 г., в отличие от осени 1996 г., массового развития диатомовых водорослей в океанариуме не отмечено. За счёт обилия мелких жгутиковых и золотистых водорослей максимальная численность фитопланктона зарегистрирована в октябре (800 млн. кл·м⁻³), а биомасса в ноябре (92 мг·м⁻³). В небольшом количестве встречались диатомеи *C. pelagica*, *S. costatum*, *Thalassiosira parva*, *Nitzschia* sp. и цисты динофлагеллат.

Сравнение данных, полученных в 1996-1997 гг., с наблюдениями предшествующих лет [3, 5, 6, 7] показало некоторые различия в сезонной динамике качественного состава и количественном развитии фитопланктона Севастопольской бухты:

1. Осенью 1996 г. наблюдалось массовое развитие диатомеи *C. pelagica*, в результате чего биомасса суммарного фитопланктона достигала 66 г·м⁻³, что в 2,5 раза превышало максимальные показатели, полученные ранее.

2. В июне 1996 г. в бухте зарегистрирована не отмечавшаяся ранее вспышка золотистых водорослей *E. huxleyi* и *Dinobryon balticum*.

3. В отличие от прежних лет, когда в летний период в планктоне бухты доминировали динофлагеллаты, в июле-августе 1997 г. при высокой температуре воды на поверхности (26-27°C) во всем слое воды преобладали диатомеи, свидетельствующие о постоянном подтоке в бухту холодных вод в результате часто повторяющихся стонных процессов.

4. В течение всего периода наблюдений отмечен очень бедный видовой состав и низкое количественное развитие динофлагеллат, а преобладание цист размером 11-33 мкм свидетельствует о неблагоприятных, вероятно, температурных, условиях для развития этой группы водорослей.

5. В осенне-зимнем (1996-1997 гг.) планктоне бухты от 37 до 118,5 млн.кл·м⁻³ составляла диатомея *Asterionella gracilis*, не обнаруженная в прежних исследованиях.

Отмеченные различия объясняются, очевидно, как районом исследований (близость берега, малая глубина), так и климатическими особенностями периода наблюдений. Поскольку в конце лета и начале осени 1996 г. шли проливные дожди и в бухту поступило большое количество ливневых стоков, возможно, распреснение вод спровоцировало необычно сильную вспышку *C. pelagica*. Известно, что массовое развитие этого

вида в северо-западной части Черного моря отмечается в придельтовых участках крупных рек, в районах гидрологических фронтов вблизи «стыка» морских вод с опресненными [1]. Сгонные ветры, преобладавшие в летний период 1997 г., способствовали постоуплению в бухту холодных вод, что благоприятно сказывалось на развитии диатомовых и золотистых водорослей и угнетало теплолюбивые динофлагеллаты.

Результаты сравнительного анализа состояния фитопланктона в акватории океанариума и в водах бухты свидетельствуют о том, что защитные сооружения океанариума существенно ограничивают водообмен между бухтой и вольерами, снижая численность фитопланктона внутри океанариума.

1. Вишневский С.Л. Состояние фитопланктонного сообщества прибрежных вод Черного моря и факторы, влияющие на его продуктивность // Экология прибрежной зоны Черного моря. - 1992. - Сб. Тр. ВНИРО. - С. 197 - 217.
2. В.А.Гринцов, В.Н.Иванов.Сукцессия в сообществе обрастания на заградительных конструкциях Севастопольского океанариума //Экология моря. - 2000. - Вып. 53. - С. 5 - 10 .
3. Морозова-Водяницкая Н.В. Фитопланктон Черного моря. Ч.1 // Тр. Севастоп. биол. ст. - 1948. - N 6. - С. 39 - 172.
4. Сеничева М.И. Состав и количественное развитие фитопланктона неритической зоны в районе Севастополя в осенне-зимний период 1968-1969 гг. // Биология моря. - 1971. - Вып. 24. - С. 3-12.
5. Сеничева М.И. Сезонная динамика численности, биомассы и продукции фитопланктона Севастопольской бухты // Экология моря. - 1980. - Вып.1. - С. 3 - 11.
6. Сеничева М.И. Многолетняя динамика *Exuviaella cordata* в Севастопольской бухте //Состояние, перспективы улучшения и использования морской экологической системы прибрежной части Крыма:Тез. докл. науч.-практ. конф., посвящ. 200-летию города-героя Севастополя. - Севастополь, 1983. - С. 26 - 28.
7. Сысоев А.А., Лотухин А.С., Георгиева Л.В. и др. Сезонный мониторинг Севастопольской бухты // Состояние, перспективы улучшения и использования морской экологической системы прибрежной части Крыма:Тез. докл. науч.-практ. конф., посвящ. 200-летию города-героя Севастополя. - Севастополь, 1983.- С. 30 - 31.

Институт биологии южных морей НАНУ,
г. Севастополь

Получено 26.04.2000

M. I. SENICHEVA

ANNUAL CHANGES OF PHYTOPLANKTON COMMUNITY IN THE REGION OF SEVASTOPOL OCEANARIUM

Summary

The seasonal changes of species composition and phytoplankton number inside and outside of Sevastopol oceanarium were studied during 1996-1997. The artificial constructions limited the water exchange between the bay and oceanarium. Therefore 52 algae species were found inside of oceanarium and 82 species were off it. High bloom of diatomea, *Cerataulina pelagica* was noted in October 1996. In this period the phytoplankton byomass inside of oceanarium was 10 times lower than ones in the Sevastopol Bay.