
ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

УДК 639.3/6

А.А. Бегун², А.Ю. Звягинцев², С.И. Масленников^{1,2}

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

ФИТОПЛАНКТОН В РАЙОНЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. ВЛАДИВОСТОКА (АМУРСКИЙ ЗАЛИВ, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

*Впервые исследованы видовой состав и динамика количественных показателей фитопланктона в северной части Амурского зал. в районе очистных сооружений г. Владивостока. Установлены закономерности количественного развития фитопланктона, характерные при антропогенном евтрофировании вод: увеличение числа видов, достигающих силы «цветения»; увеличение общей плотности фитопланктона, соответствующей в отдельные месяцы экстремально-евтрофному типу; увеличение плотности жгутикового компонента фитопланктона по отношению к диатомовому; «цветение» диатомовой водоросли *Skeletonema costatum* и связанное с ним снижение видового разнообразия фитопланктона. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о наличии антропогенного евтрофирования в районе выпуска очистных сооружений г. Владивостока, что во многом обуславливается неконтролируемым поступлением в воды северной части Амурского зал. минеральных и растворенных органических элементов с недоочищенными сточными водами.*

Ключевые слова: фитопланктон, Амурский залив, очистные сооружения, диатомовые водоросли, евтрофирование, цветение.

A.A. Begun, S.I. Maslennikov, A.Yu. Zvyagintsev

PHYTOPLANKTON IN TREATMENT FACILITIES AREA NEAR VLADIVOSTOK (AMURSKII BAY, JAPAN SEA)

*First time the species composition and quantitative parameters dynamics of phytoplankton in northern of Amurskii Bay in treatment facilities area near Vladivostok are studied. The following peculiarities in the phytoplankton quantitative development is a typical to anthropogenic eutrophication waters were revealed: increase number of bloom species; increase general phytoplankton density appropriate to extremel-eutrophic type in local mounts; increase density of flagellates phytoplankton components relatively diatoms; *Skeletonema costatum* diatom bloom and connection to them decrease Shannon and Pielou indexes. The results of obtain investigation shown presence of anthropogenic eutrophication waters in treatment facilities area near Vladivostok that generally caused by uncontrolled water escape including mineral and organic dissolved elements together underpurified waters in northern area of Amurskii Bay.*

Key words: phytoplankton, Amurskii Bay, treatment facilities, diatoms, eutrophication, bloom.

Введение

В современных условиях морские экосистемы испытывают возрастающее антропогенное воздействие, которое вызывает неблагоприятные экологические и социально-экономические последствия. Амурский зал. Японского моря относится к наиболее освоенным морским акваториям Приморского края, в то же время недостаточная эффективность очи-

стных сооружений г. Владивостока привела к использованию залива в качестве приемника недоочищенных стоков. В целом экологическую ситуацию северо-восточной части Амурского зал. в настоящее время специалисты считают крайне неблагоприятной [5, 10, 11]. За последние 20 лет ситуация в заливе существенно изменилась – в связи со спадом экономики в 1990-е гг. изменился объем и характер стоков: уменьшилось количество промстоков, но возросло количество хозяйственно-бытовых стоков, которое сопровождается усилением органического загрязнения залива [9].

Микроскопические водоросли относятся к числу наиболее существенных компонентов любых водных экосистем и играют первостепенную роль в отклике экосистемы на антропогенную нагрузку. Кроме того, необходимость проведения подобных исследований обусловлена тем, что биологическое разнообразие фитопланктона служит основой для выявления изменений, происходящих как в самой флоре, так и в морских экосистемах в целом. Целенаправленные исследования видового состава и сезонной динамики фитопланктона Амурского зал. в условиях антропогенного евтрофирования были проведены в начале 90-х гг. прошлого столетия [15, 16, 20]. Однако в северной части Амурского зал. в районе п-ова Де-Фриз, где расположены очистные сооружения г. Владивостока, подобные исследования не проводились в силу методических трудностей при отборе материала.

Цель настоящего исследования – изучение видового состава и динамики количественных показателей фитопланктона в северной части Амурского зал. Японского моря в районе выпуска очистных сооружений г. Владивостока.

Объекты и методы исследований

Специалистами Лаборатории экологии шельфовых сообществ ИБМ ДВО РАН совместно с МУП «ВКХ» были организованы мониторинговые исследования в районе выпускного водовода очистных сооружений г. Владивостока. Исследования фитопланктона проводились в период с сентября 2002 по август 2003 гг. с периодичностью 1-2 раза в месяц. Отбор проб сопровождался изменением температуры и солености воды в поверхностном горизонте. Пробы отбирали батометром Молчанова, материал фиксировали раствором Утермеля до светло-желтого цвета и концентрировали общепринятым методом осаждения через нуклеопоровые фильтры с диаметром пор 2 мкм. Подсчет клеток нанопланктона производили в камере типа Ножотта объемом 0,05 или 0,07 мл, микропланктона – объемом 1 мл с учетом минимальной репрезентативной выборки просчитанного числа клеток. Расчет численности микроводорослей проводили на 1 л воды по общепринятой формуле [4]. Материал изучали преимущественно с помощью светового микроскопа (СМ) «Jenamed 2», в некоторых случаях использовали световой микроскоп «Olympus BX41», объектив UPLanF1 100x/1/.30, масляная иммерсия.

Для идентификации диатомовых водорослей рода *Pseudo-nitzschia* использовали трансмиссионный электронный микроскоп (ТЭМ) «JEM 100». При подготовке материала к изучению в СМ и ТЭМ использовали традиционные методы очистки панцирей диатомей, включающие воздействие кислот и центрифугирование с дистиллированной водой. При подготовке образцов для сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) была использована стандартная методика [21], включающая в себя промывание клеток дистиллированной водой, дегидратацию их через серию спиртов (25, 50, 75, 96 и 100 %) и сушку на воздухе. На поверхность образцов в вакуумном посту «Edwards, AUTO 306» было нанесено электропроводящее покрытие из золота. Изучение образцов проводилось в сканирующем электронном микроскопе «Leo-430» при увеличении в 500-5000 раз. Видовое разнообразие оценивали с помощью показателя Шеннона (H), выровненности – с помощью показателя Пиелу (e).

Результаты и их обсуждение

В фитопланктоне зарегистрировано 83 вида и внутривидовых таксона микроводорослей из восьми отделов: *Cyanophyta* (2 вида), *Chrysophyta* (1), *Bacillariophyta* (46), *Cryptophyta* (2), *Dinophyta* (27), *Euglenophyta* (2), *Raphidophyta* (1) и *Chlorophyta* (2). Наиболее часто встречаемыми в пробах были широко распространенные эврибионтные виды родов *Chaetoceros*, *Eucampia*, *Melosira*, *Leptocylindrus*, *Skeletonema*, *Thalassionema*, *Protoperidinium*, *Dinophysis* и *Dictyocha*. Основу флоры водорослей формировали пелагические виды (75,9 %), в то время как микрофитобентосные виды, представленные только диатомовыми, составляли всего 3,6 %. К числу пеннатных диатомовых водорослей – обитателей бентали – можно отнести *Pleurosigma naviculaceum*, *Grammatophora marina* и *Licmophora abbreviata*. Характерна значительная примесь бентосно-планктонных или тихопелагических диатомей (10,8 %), обитающих как в бентали, так и пелагиали, из которых самые многочисленны – *Melosira moniliformis*, *Odontella aurita* и *Cylindrotheca closterium*.

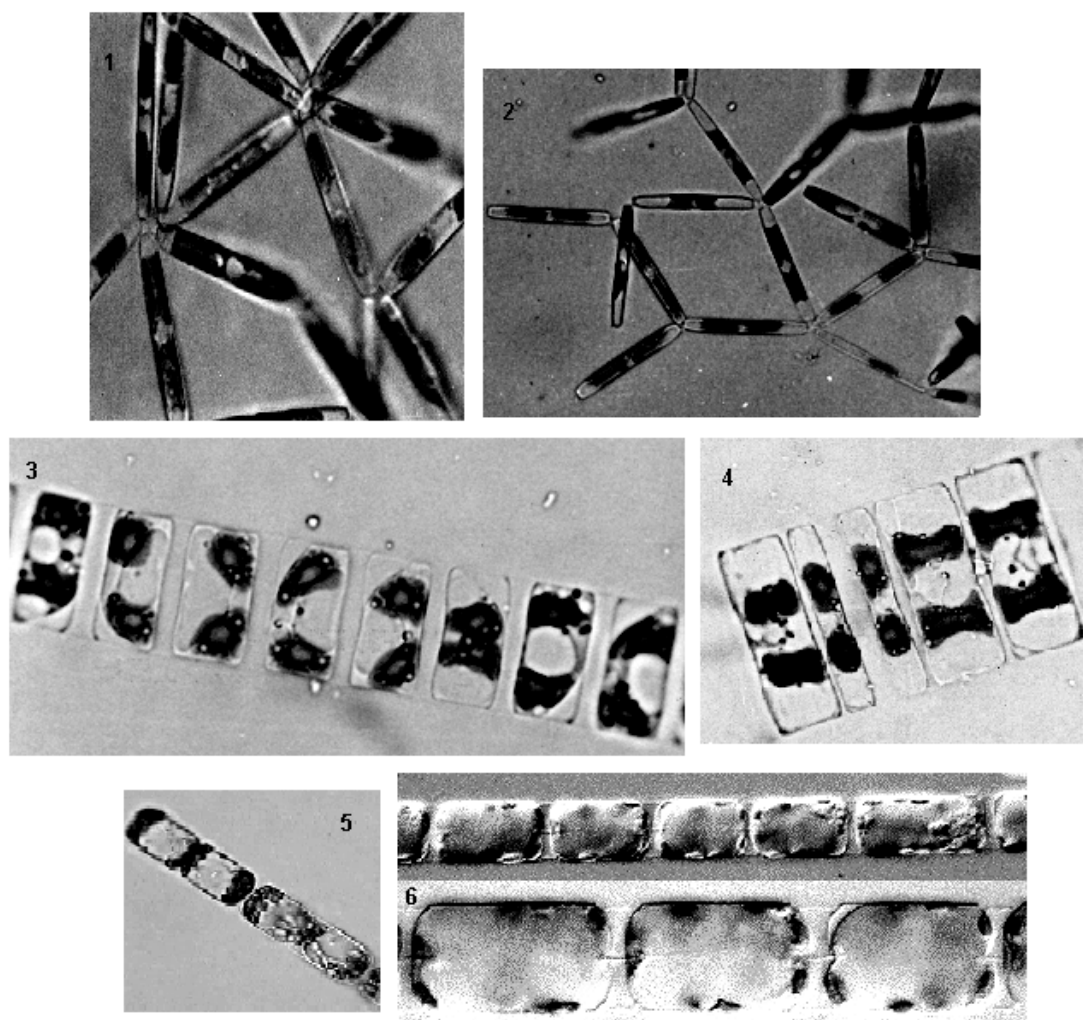


Рис. 1. Ледово-неритические диатомовые водоросли – доминанты зимнего фитопланктона в районе очистных сооружений г. Владивостока (Амурский зал., Японское море) в 2002-2003 гг.: 1-2 – *Nitzschia frigida* Grun.; 3-4 – *Navicula vanhoffenii* Gran.; 5-6 – *Detonula confervacea* (Cl.) Gran.

Fig. 1. Ice and neritic diatoms – dominants of winter phytoplankton in treatment facilities area near Vladivostok (Amurskii Bay, Japan Sea) in 2002-2003: 1-2 – *Nitzschia frigida* Grun.; 3-4 – *Navicula vanhoffenii* Gran.; 5-6 – *Detonula confervacea* (Cl.) Gran.

По приуроченности к жизненной форме преобладали свободноживущие виды (49,9 %) и колониальные (40,9 %), последние – исключительно среди диатомовых. По отношению к солености лидировали морские виды (69,9 %), с незначительной примесью солоноватоводно-морских (8,4 %), солоноватоводных (3,6 %), пресноводно-солоноватоводных и пресноводных (по 1, 2 % соответственно).

Обзор флоры исследуемой акватории существенно дополняет фитогеографическая характеристика фитопланктона, тесно связанная с его экологией. Из всех встреченных видов 28,9 % приходится на долю космополитов, почти в равной доли представлены аркто-бореально-тропические (14,4 %), арктобореальные (12 %) и бореально-тропические (10,8) виды и в незначительной степени – тропические (4,8 %), бореальные (2,4 %) и биполярные (1,2 %).

Плотность фитопланктона за период исследования варьировала от 10,6 тыс. до 15 млн кл./л, биомасса – от 0,07 до 51,7 г/м³. В годовом цикле фитопланктона прослеживалось пять пиков плотности: осенний, зимний, ранневесенний, поздневесенний и позднелетний (рис. 2, а) - и три пика биомассы: осенний, зимний и позднелетний (рис. 2, в). Первое увеличение плотности микроводорослей (1,13 млн кл./л) прослеживалось в первой половине октября, обусловленное массовым развитием диатомовых водорослей *Skeletonema costatum* и *Dactyliosolen fragilissimus*. Следующий пик развития микроводорослей (1,3-4,6 млн кл./л) зарегистрирован в период с января по первую половину февраля за счет «цветения» диатомовой водоросли *Detonula confervacea* и массового развития видов *Thalassiosira nordenskioldii*, *Chaetoceros pseudocrinitus*, *Navicula vanhoefenii* и *Nitzschia frigida* (рис. 1, 1-6) при отрицательной температуре воды (-1,8 °С) (рис. 2, е). Самый мощный пик плотности (15 млн кл./л) отмечен во второй половине марта в период максимального распреснения воды до 14 ‰ (рис. 2, е), он был обусловлен «цветением» зеленой водоросли *Chlamydomonas sp.* Новое увеличение плотности (11,4 млн кл./л) наблюдалось во второй половине мая за счет «цветения» диатомеи *S. costatum*. Незначительный пик плотности микроводорослей (966 тыс. кл./л) зарегистрирован в первой половине августа за счет «цветения» диатомеи *S. costatum* и массового развития криптофитовой водоросли *Plagioselmis prolunga* и рафидофитовой *C. globosa*.

Первое увеличение биомассы фитопланктона (5 г/м³) прослеживалось в первой половине октября за счет диатомовых водорослей *D. fragilissimus* и *P. pungens* (рис. 2, в). Самый высокий пик биомассы (9,2-51,7 г/м³), представленный многовершинной кривой, зарегистрирован в период со второй половины ноября по вторую половину февраля, он был обусловлен видом *T. nordenskioldii* и в меньшей степени – *D. confervacea*.

Важной особенностью биотопа в северной части Амурского зал. в районе выпуска очистных сооружений является мелководность и значительная промерзаемость в зимний период и изменчивость гидрохимических характеристик вод, омывающих поверхность льда, что соответствует ледово-неритическим условиям высокоарктических морей. Как известно, общей чертой развития всех скоплений диатомовых водорослей на нижней поверхности льда является то, что клетки располагаются в зонах так называемой «гидродинамической тени», т.е. в таких местах подледного пространства, где они закрыты грядями торосов от воздействия течений [8]. В слоях льда, пограничных с водой, имеются каналы стока рассола, напоминающие по форме ветвящееся дерево. Удержанию растущего вниз скопления водорослей способствует форма межкристаллического пространства (канала стока). Такое крепление не всегда способно противостоять подводному течению, в результате чего возможен отрыв клеток диатомей от субстрата и попадание в планктон, где они могут вегетировать, достигая высокой численности, конкурируя с другими планктонными диатомеями [19].

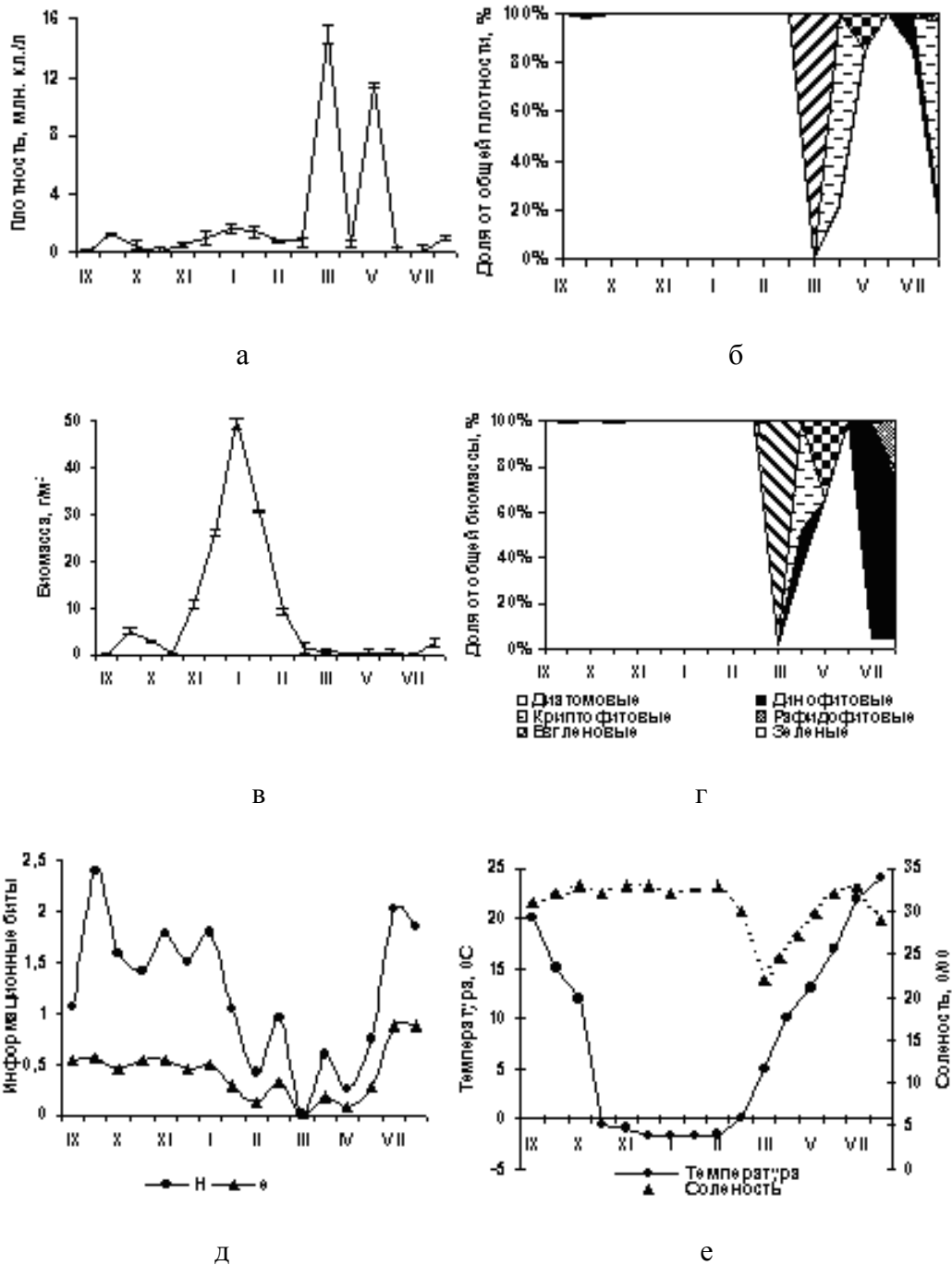


Рис. 2. Динамика количественных показателей фитопланктона в районе очистных сооружений г. Владивостока (Амурский зал., Японское море) в 2002-2003 гг.: а – сезонная динамика абсолютной плотности фитопланктона; б – сезонная динамика относительной плотности фитопланктона; в – сезонная динамика абсолютной биомассы фитопланктона; г – сезонная динамика относительной биомассы фитопланктона; д – сезонная динамика индексов Шеннона (H) и Пиелу (е) фитопланктона; е – сезонная динамика значений температуры и солености воды

Fig. 2. Quantitative parameters phytoplankton dynamic in treatment facilities area near Vladivostok (Amurskii Bay, Japan Sea) in 2002-2003: а – seasonal dynamic of absolutely phytoplankton density; б – seasonal dynamic of relatively phytoplankton density; в – seasonal dynamic of absolutely phytoplankton biomass; г – seasonal dynamic of relatively phytoplankton biomass, д – seasonal dynamic of Shannon and Pielou indexes; е – seasonal dynamic of temperature and salinity water

Ареал диатомовых водорослей *D. confervacea*, *N. vanhoefenii* и *N. frigida* находится в подтипе «Г» арктобореальной биогеографической области, эти виды обитают в высокоарктической водной массе и в ограниченном районе субарктической водной массы. Кроме того, они входят в ледово-неритический комплекс диатомовых водорослей в Арктике, Беринговом, Охотском и Японском морях и развиваются в массе во время таяния льдов, что связано с их стенотермностью и стеногалинностью [13].

Анализ соотношения различных групп фитопланктона показал, что диатомовые водоросли составляли в среднем за период наблюдения 81,5 % от общей плотности и 77,6 % от общей биомассы фитопланктона (см. рис. 2, б, г). В период с сентября по апрель плотность диатомовых водорослей была максимальной и составляла 98-100 % от общей плотности фитопланктона, за исключением первой половины ноября, когда их доля снижалась до 68 %. В мае прослеживался самый высокий пик плотности диатомовых водорослей, вызванный *S. costatum* (85,1 %).

Динофитовые водоросли составляли в среднем за период наблюдения 1,23 % от общей плотности и 11,6 % от общей биомассы фитопланктона (см. рис. 2, б, г). Значительный вклад в биомассу динофитовые водоросли вносили в июле-августе (70-96 %). В другое время года их плотность была незначительна (0-1,2 % от общей плотности и 0-17,5 % от общей биомассы). Евгленовые водоросли достигали максимального развития в мае, они вносили значительный вклад в плотность фитопланктона (14 %). Рафидофитовые водоросли отмечены в августе (2,79 % от общей плотности и 22,8 % от общей биомассы фитопланктона). Мощный пик развития зеленых водорослей зарегистрирован во второй половине марта (99 и 98 % от общей плотности и биомассы соответственно). Кристофитовые водоросли достигали двух пиков развития – в апреле (77,3 и 47,1 % от общей плотности и биомассы) и августе (77,5 и 2,44 % соответственно). Доля синезеленых водорослей была крайне низкой и не превышала 0,1 % от общей плотности и биомассы фитопланктона.

Особенности в количественном развитии фитопланктона обусловлены, прежде всего, локальным непрерывным обогащением вод биогенными элементами, в том числе соединениями азота, а также растворенными органическими веществами (РОВ) вследствие выпуска канализационных стоков из очистных сооружений г. Владивостока. Водные массы, которые постоянно поступают в северную часть Амурского зал. в районе п-ова Де-Фриз, представляют собой загрязненные сточные воды, характеризующиеся повышенным содержанием кремния, аммонийного азота и РОВ [11]. Мелководность водоемов эстуарного типа, благоприятствующая интенсивному летнему прогреву, малые потери тепла на испарение вследствие невысокой температуры воздуха, циклические изменения уровня воды при приливах и отливах и влияние речного стока создают специфический режим изменений температуры и солености воды в течение суток, влияющий на количественное развитие фитопланктона [14]. Этими особенностями во многом обусловлены более высокие показатели общей плотности и биомассы фитопланктона в районе очистных сооружений (максимальная плотность 15 млн кл./л), которые ранее не отмечались в мористой части Амурского зал. (1,92 млн кл./л). Полученные результаты согласуются с данными исследований 1991-1993 гг. [6] о том, что в кутовой части Амурского зал., а также вблизи устья р. Раздольной плотность и биомасса фитопланктона были выше (17,9 млн кл./л), чем мористой части залива в районе мыса Красного (5,3 млн кл./л).

Среди других особенностей следует отметить, что многочисленные «цветения» диатомовой водоросли *S. costatum* – индикатора евтрофных вод – свидетельствуют о высоком содержании растворенных органических веществ в летний период в районе очистных сооружений г. Владивостока. Массовое развитие этой водоросли обычно от-

мечается в водах, богатых питательными веществами, так как этот вид считают как азото-, так и фосфоролюбивым, а также особо чувствительным к содержанию кремния [18]. *S. costatum* также достигал массового развития в обрастании экспериментальных пластин в экстремально-загрязненной акватории зал. Петра Великого – бухты Золотой Рог, на которые он оседал в период своего закономерного «цветения» в фитопланктоне [3].

8 видов достигали силы «цветения» (*S. costatum*, *T. nordenskiöldii*, *C. pseudocritinus*, *D. confervacea*, *H. triquetra*, *E. gymnastica*, *Plagioselmis* sp., *Chlamydomonas* sp.). Значения общей плотности фитопланктона превышали пороговую величину для евтрофных вод во второй половине марта (15 млн кл./л за счет *Chlamydomonas* sp.), в январе (4,4 млн кл./л за счет *D. confervacea*) и в мае (3,6 млн кл./л за счет *S. costatum*) и соответствовали экстремально-евтрофному типу. Причиной частых «цветений» воды, наблюдаемых в продуктивных евтрофных водах, является высокое содержание биогенов в совокупности с благоприятными гидрологическими и метеорологическими условиями в локальных прибрежных районах. Зеленые водоросли в целом являются индикаторами пресных вод и развиваются в наиболее опресненных локальных прибрежных участках в весенний период [6]. Район очистных сооружений г. Владивостока расположен в кутовой части Амурского зал., подверженной значительному опреснению весной в периоды таяния льда и наиболее быстрому прогреванию водных масс в марте-апреле [11]. Акватория эстуарного типа, куда относится северная часть Амурского зал., является зоной аккумуляции тонкой фракции терригенного материала, выносимого реками, с одной стороны, и поставляемого жизнедеятельностью гидробионтов – с другой [14]. Таким образом, стабильность водной толщи, наряду с обилием минеральных и растворенных органических веществ, поступающих с береговыми стоками и осадками, и значительным прогревом вод, способствуют повышению трофности вод в районе очистных сооружений г. Владивостока до экстремально-евтрофного уровня.

Показатели общей плотности и биомассы фитопланктона, значений индексов Шеннона и Пиелу, плотности и биомассы диатомового и жгутикового компонента фитопланктона в районе очистных сооружений г. Владивостока (Амурский зал., Японское море) в 2002-2003 гг.

Total density and biomass parameters of phytoplankton, Shannon and Pielou indexes, density and biomass of diatoms and flagellates phytoplankton components in treatment facilities area near Vladivostok (Amurskii Bay, Japan Sea) in 2002-2003

Общая плотность фитопланктона, млн кл./л			Общая биомасса фитопланктона, г/м ³		
Минимум	Средняя	Максимум	Минимум	Средняя	Максимум
0,001	1,7	15,0	0,007	8,9	51,7
Индекс Шеннона (H)			Индекс Пиелу (e)		
Минимум	Средняя	Максимум	Минимум	Средняя	Максимум
0,004	1,1	2,39	0,001	0,4	0,87
Плотность диатомовых, млн кл./л			Плотность жгутиковых, млн кл./л		
Минимум	Средняя	Максимум	Минимум	Средняя	Максимум
0,084	0,65	3,59	0,0006	1,05	15
Биомасса диатомовых, г/м ³			Биомасса жгутиковых, г/м ³		
Минимум	Средняя	Максимум	Минимум	Средняя	Максимум
0,0027	8,65	51,8	0,0016	0,22	2,46

Установлено, что плотность жгутикового фитопланктона как среднегодовая, так и максимальная, была выше, чем диатомового (см. таблицу). Для биомассы прослежива-

ется обратная закономерность в силу преимущественно меньших размеров жгутиковых водорослей среди доминантов, по сравнению с диатомовыми. Высокая плотность евгленовых и зеленых водорослей была ранее отмечена в Амурском зал. в районе выпуска сточных вод «Вторая Речка» и в бухте Золотой Рог в районе 36-го причала, что объясняется формированием здесь зоны загрязненной воды хозяйственно-бытовыми стоками [15, 20] и бухте Золотой Рог в районе 44-го причала, что проявлялось в увеличении плотности евгленовых и зеленых водорослей при снижении обилия диатомовых [2].

Прослеживалась тенденция к снижению видового разнообразия и выровненности фитопланктона в течение большей части исследуемого периода. Согласно ранее полученным данным [15, 20] тенденция снижения видового разнообразия фитопланктона отчетливо проявлялась в Амурском зал. во время летнего «цветения» микроводорослей и была сопряжена с развитием диатомеи *S. costatum*. Аналогичная ситуация прослеживалась и в динамике фитопланктона в Черном море – поверхностные стоки различного происхождения часто являлись критическими по химическому составу для локальных акваторий, так как они существенно изменяют химический и биологический режимы прибрежных вод морей [12]. В результате анализа индексов Шеннона и Пиелу фитопланктона в прибрежных морских акваториях морей умеренной зоны было установлено, что типичной реакцией на антропогенный стресс является уменьшение количества видов и их разнообразия, а загрязнение значительно упрощает структуру сообщества микроводорослей [17].

Таким образом, в результате исследования видового состава и динамики количественных показателей фитопланктона в районе очистных сооружений г. Владивостока были установлены особенности в количественном развитии фитопланктона, характерные при евтрофировании. Эти особенности выражались в увеличении числа видов микроводорослей, достигающих силы «цветения»; увеличении общей плотности фитопланктона, превышающей пороговую величину для евтрофных вод и соответствующей в отдельные месяцы экстремально-евтрофному типу; увеличении плотности жгутикового компонента фитопланктона по отношению к диатомовому; «цветении» диатомовой водоросли *S. costatum* и связанным с этим снижением видового разнообразия и выровненности фитопланктона. Интересной, на наш взгляд, особенностью следует считать доминирование в фитопланктоне ледово-неритических диатомовых водорослей *D. confervacea*, *N. vanhoetfenii* и *N. frigida*, чему способствовали локальные условия обитания.

На основании исследований динамики количественных показателей фитопланктона в районе выпускного водовода очистных сооружений г. Владивостока на данном этапе можно сделать вывод, что антропогенное евтрофирование интенсивно происходит и в настоящее время в результате неконтролируемого поступления в воды северной части Амурского зал. недоочищенных сточных вод. Для более достоверных выводов относительно степени антропогенного загрязнения необходимы дальнейшие исследования микроводорослей синхронно с параметрами водной среды, в том числе количественным анализом биогенных органических и минеральных элементов, постоянно поступающих в воду через выпускные водоводы очистных сооружений. Также необходимы исследования донных микроводорослей в грунте и обрастании, которые, по сравнению с фитопланктоном, образуют более константные к флуктуациям среды биоценозы и для которых более тщательно разработаны критерии сапробиологических оценок качества среды исследуемых акваторий [1].

Следует отметить, что исследование других групп гидробионтов в районе очистных сооружений г. Владивостока свидетельствует о более или менее нормальном функционировании прибрежной морской экосистемы в северной части Амурского зал. Это выражается в массовом развитии бентосных зарывающихся моллюсков, а также в

структуре сообщества обрастания с доминированием устриц, представляющих собой климаксную стадию сукцессии обрастания в Амурском зал. На этом основании специалистами-гидробиологами был сделан вывод, что в имеющейся ситуации в районе очистных сооружений г. Владивостока существующие сообщества фильтрующих моллюсков из бентоса и обрастания обеспечивают высокую степень самоочищения сбросных вод после их прохождения через очистные сооружения [7].

Список литературы

1. Баринова С.С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды [Текст] / С.С. Баринова, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова. – Тель-Авив: Изд. дом «Pilies Studio», 2006. – 498 с.
2. Бегун А.А. Фитопланктон бух. Золотой Рог и Уссурийского залива (Японское море) в условиях антропогенного загрязнения [Текст] / А.А. Бегун // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 138. – С. 330-344.
3. Бегун А.А. Биоиндикация качества морской среды по диатомовым водорослям в обрастании антропогенных субстратов [Текст] / А.А. Бегун, А.Ю. Звягинцев // Изв. ТИНРО. – 2010. – Т. 161. – С. 177-198.
4. Вассер С.П. Водоросли: справ. [Текст] / С.П. Вассер. – Киев, 1989. – С. 136-540.
5. Ващенко М.А. Загрязнение залива Петра Великого Японского моря и его биологические последствия [Текст] / М.А.Ващенко // Биол. моря. – 2000. – Т. 26, № 3. – С. 149-159.
6. Коновалова Г.В. Атлас фитопланктона Японского моря [Текст] / Г.В. Коновалова, Т.Ю. Орлова, Л.А. Паутова. – Л.: Наука, 1989. – 167 с.
7. Масленников С.И. Гидробиологические исследования в районе выпускного водовода очистных сооружений г. Владивостока [Текст] / С.И. Масленников, А.Ю. Звягинцев, В.В. Ивин, И.А. Кашин // Междунар. науч. чтения «Приморские зори – 2003», посвященные памяти президента ТАНЭБ, проф. В.И. Короткова. – Владивосток: ДВГТУ, 2003. – С. 193-195.
8. Мельников И.А. К экологии массовых скоплений колониальных диатомовых водорослей под арктическим дрейфующим льдом [Текст] / И.А. Мельников, Л.Л. Бондарчук // Океанология. – 1987. – Вып. 2. – С. 317-321.
9. Нигматулина Л.В. Оценка антропогенной нагрузки береговых источников на Амурский залив (Японское море) [Текст] / Л.В. Нигматулина // Вестн. ДВО РАН. – 2007. – № 1. – С. 73–76.
10. Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого [Текст] / А.А. Огородникова. – Владивосток: Изд-во ТИНРО, 2001. – 193 с.
11. Оценка видового разнообразия зообентоса и содержание приоритетных поллютантов в донных отложениях прибрежной зоны Японского моря: отчет о НИР / Дальневост. регион. гидромет. ин-т. – Владивосток, 2002. – Кн. 1. – Т. 1. – 57 с.
12. Рябушко Л.И. Микрофитобентос бухты Казачья Черного моря (Украина) [Текст] / Л.И. Рябушко, В.И. Рябушко // Альгология. – 2001. – Т. 11, № 1. – С. 70-82.
13. Фитопланктон Тихого океана [Текст] / Г.И. Семина. – М.: Наука, 1974. – 239 с.
14. Состояние экосистемы лагуны Пильтун в июне-июле 1999 года: отчет о НИР / СахНИРО; отв. исполн. В.С. Лабай. – Южно-Сахалинск, 1999. – 263 с.
15. 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.

16. 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.

17. Теренько Г.В. Современное состояние прибрежного фитопланктона северо-западной части Черного моря и роль в нем динофитовых водорослей: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 2004. – 21 с.

18. Федоров В.Д. Конкурентные взаимоотношения между планктонными диатомовыми и в моно- и смешанных культурах [Текст] / В.Д. Федоров, Н.Г. Кустенко // Океанология. – 1972. – Т. 12. – Вып. 1. – С. 111-121.

19. Eide I., Martin S. The formation of brine drainage features in young sea ice // J. Glaciol. – 1975. – Vol. 14, №. 70. – P. 137-154.

20. Stonik I.V., Orlova T.Yu. Phytoplankton of the coastal waters off Vladivostok (the North-western part of the East Sea) under Eutrophic Conditions // Ocean and Polar Research. – 2002. – Vol. 24, №. 4. – P. 359-365.

21. Truby E.W. Preparation of single-celled marine dinoflagellates for electron microscopy // Microscopy Research and Technique. – 1997. – Vol. 36. – P. 377-340.

Сведения об авторах: Бегун Андрей Аркадьевич, кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: andrejbegun@yandex.ru;

Звягинцев Александр Юрьевич, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: auzvyagin@gmail.com;

Масленников Сергей Иванович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент, e-mail: aqua@imb.dvo.ru.