



УДК 591.524.12:591.342

Ж. П. Селифонова¹, канд. биол. наук, доцент, О. Н. Ясакова², м.н.с.

¹Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф.Ушакова, Новороссийск, Россия

²Институт аридных зон Южного научного центра РАН, Ростов-на-Дону, Россия

ФИТОПЛАНКТОН АКВАТОРИЙ ПОРТОВЫХ ГОРОДОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ШЕЛЬФА ЧЁРНОГО МОРЯ

Проанализированы структура и обилие фитопланктона в акватории портовых городов северо-восточного шельфа Чёрного моря – Новороссийска и Туапсе. Обнаружено 145 таксонов микроводорослей: в Новороссийской бухте – 131 таксон, включая семь новых для региона видов, в Туапсинском порту – соответственно 104 (2). Наибольший вклад (50 – 80 %), как в численность, так и биомассу фитопланктона портовых акваторий вносили диатомовые водоросли, среди которых отмечены виды, вызывающие «цветения» воды и потенциально токсичные. Сине-зелёные и эвгленовые водоросли, которые могут служить одним из показателей экологической ситуации интенсивно загрязняемых прибрежных вод, составляли 11.5–17 % обилия. В открытых водах в численности фитопланктона была заметна роль примнезиевых водорослей, главным образом кокколитофориды *Emiliania huxleyi* – 21–47 %. Вклад динофитовых был значим лишь в суммарной биомассе фитопланктона – 26–34 %. За последние годы в акваториях Новороссийска и Туапсе прослежено уменьшение численности фитопланктона в 2–5 раз, биомассы – в 3–4 раза. Наиболее загрязнённый Туапсинский порт характеризовался более низким уровнем развития фитопланктона (~ 3 раза ниже, чем в Новороссийской бухте).

Ключевые слова: фитопланктон, численность, биомасса, акватории портов Новороссийска и Туапсе

В 1980–1990-х гг. экосистема Чёрного моря подверглась сильному воздействию естественных и антропогенных факторов, среди которых важное место занимали эвтрофикация и инвазии чужеродных гребневиков [5]. Известно, что динамика таксономического состава и показателей развития фитопланктона в полной мере отражает процессы, происходящие в Чёрном море [1, 18]. В начале 1980-х гг. возросшая эвтрофикация вод вызвала перестройку видовой и размерной структуры фитопланктона – увеличение доли динофитовых водорослей и голых жгутиковых. В период экологического кризиса черноморской экосистемы (конец 1980 – начало 1990-х гг.) отмечены невиданные вспышки гребневика-вселенца *Mnemiopsis leidyi* A.Agassiz и кокколитофорид. Тенденция снижения биомассы фитопланктона (ослабление эвтрофикации вод) отмечена в послекризисном периоде (в конце 1990-х гг.). Наблюдения последних лет свидетельствуют о дальнейших изменениях структуры планктонных фитоценозов. Для современного состояния характерны периодические «цветения» воды, вызываемые диатомовыми водорослями, кокколитофоридами, флагеллятами [9, 10], и вспышки развития чужеродных организмов, среди которых

немало потенциально-токсичных видов [3, 4, 8, 17, 21, 22, 24]. Постоянному пополнению списка планктонных водорослей способствует продолжающийся процесс вселения в Чёрное море видов из других бассейнов Мирового океана, как естественным путём через пролив Босфор, так и с балластными водами судов [10]. Однако специальных исследований, посвящённых изучению современных тенденций развития фитопланктона в прибрежных интенсивно загрязняемых бухтах и портах северо-восточного шельфа, ранее не проводилось.

Цель нашей работы – изучить структуру и обилие фитопланктона в акваториях черноморских портов России – Новороссийска и Туапсе. Новороссийская бухта – самая крупная на северо-восточном шельфе Чёрного моря. Акватория порта – это вершинная часть бухты со сложной береговой линией и затруднённым водообменом с открытой частью, что способствует эвтрофированию её вод и значительному загрязнению донных осадков. Туапсинский порт – второй по объёму грузооборота в северо-восточной части моря. Его небольшая по площади акватория ограничена с двух сторон устьями рек, со стороны открытого моря – молом и волноломами. В результате аварии на нефтяном комплексе в течение

семи лет (с 2000 по 2007 гг.) порт подвергался воздействию хронического нефтяного загрязнения.

Материал и методы. Планктонные пробы в Туапсинском порту собирали в разные сезоны 2004 – 2010 гг. (с перерывами), в Новороссийской бухте весной – осенью 2006 – 2010 гг. Часть станций располагалась в акваториях портов, фоновые станции – за пределами (рис. 1). В Новороссийской бухте собрано и проанализировано 128 проб, в акватории Туапсинского порта – 92. Для каждого из по-

лигонов вычисляли средние показатели численности и биомассы фитопланктона. Пробы фитопланктона объемом 1–1.5 л собирали с поверхностного слоя воды, сгущали методом обратной мягкой фильтрации через ядерные фильтры с диаметром 1–2 μm и фиксировали нейтральзованным формалином до конечной концентрации 1%. Клетки фитопланктона просматривали в счетной камере при увеличении $\times 400$.

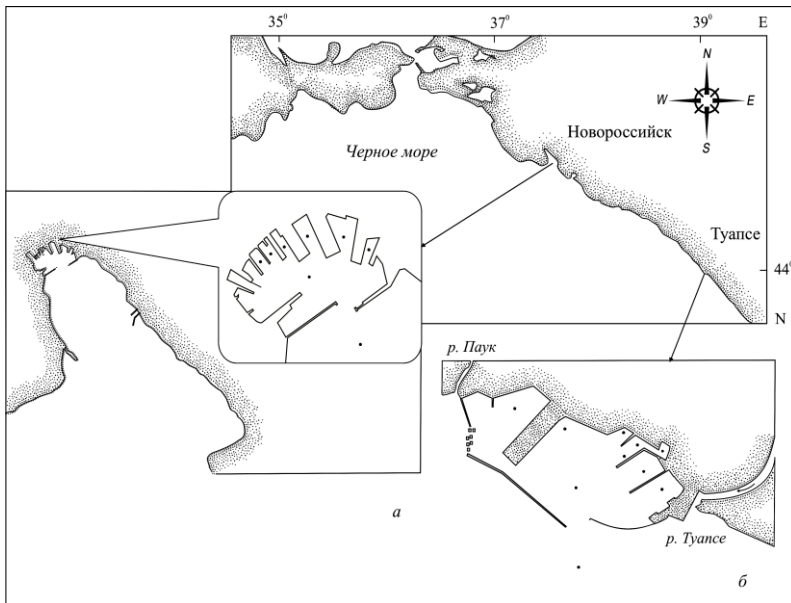


Рис. 1 Схема станций отбора проб фитопланктона

Fig. 1 Scheme of sampling of phytoplankton

Биомассу водорослей оценивали объёмным методом, используя оригинальные и литературные данные измерений объёма клеток для каждого вида [2]. Видовой состав фитопланктона классифицировали с использованием материалов интернет-сайта «Algae Base.org» (<http://www.algaebase.org/search/species/>). Доминирующими считали виды, численность и биомасса которых составляла не менее 20 % от общего количества видов в фитопланктоне, субдоминантными – не менее 10 % [7].

Результаты. В составе фитопланктона портовых акваторий Новороссийска и Туапсе обнаружено 145 таксонов: Bacillariophyceae – 66, Dinophyceae – 59, Prymnesiophyceae – 2, Cryptophyceae – 2, Chrysophyceae – 1, Dictyochophyceae – 2, Euglenophyceae – 4, Chlorophyceae – 5, Prasinophyceae – 1, Cyanophyceae – 3. В Новороссийской бухте отмечен 131 таксон, включая 7 новых для региона видов, в Туапсинском порту – соответственно 104 (2). Диатомовые и динофитовые в Новороссийской бухте преобладали летом. Суммарное количество таксонов колебалось от 48 до 54, весной и осенью оно не превышало 28 – 39. В Туапсинском порту количество таксонов диатомовых водорослей возрастало осенью до 28, динофитовых – весной и летом (23–30), зимой и осенью число тех и других снижалось до 13–20.

Новороссийская бухта. В акватории порта наибольший вклад, как в численность 68

(78 %), так и биомассу (81 %) вносили диатомовые (рис. 2). Их количественное соотношение было ниже в открытой части, где возрастала доля примезиевых, в частности кокколитофорид *Emiliania huxleyi* (Lohm.) Hay at Mohler (21%), и динофитовых (12%). Эвгленовые водоросли (10%) развивались главным образом в акватории порта. Вклад в суммарную биомассу фитопланктона был иным: на втором месте находились динофитовые водоросли – 15 – 26 %. За пределами порта видовое разнообразие диатомовых и динофитовых (49 : 45 таксонов) было чуть ниже, чем в акватории порта (54 : 54).

Остальные классы были представлены 1–3 таксонами либо полностью отсутствовали, как, например, синезеленые и прازیнофитовые.

Руководящими видами по численности и биомассе в акватории порта являлись диатомовые водоросли – *Cerataulina pelagica* (Cl.)

Hendey, *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl., *Chaetoceros curvisetus* Cl., *Chaetoceros socialis* Laud., *Thalassionema nitzschioides* (Grun.) Mereschkowsky, *Leptocylindrus danicus* Cl., субдоминантными – *Proboscia alata* (Brightwell) Sundstrom, *Leptocylindrus minimus* Gran., *Thalassiosira* sp., виды родов *Chaetoceros* и *Pseudonitzschia*. Из эвгленовых в заметных количествах отмечены *Eutreptia lanowii* Steur., *Euglena* sp. В открытой части комплекс доминантов состоял из диатомовых водорослей *C. pelagica*, *P. alata*, *Dactyliosolen fragilissimus* (Bergon) Hasle и видов рода *Chaetoceros*. На уровне субдоминант отмечены диатомовые *T. nitzschioides*, *P. pseudodelicatissima*, *L. danicus*, динофитовые *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Balech ex Loeblich, виды родов *Prorocentrum*,

Gymnodinium, *Gyrodinium*, примнезиевая *E. huxleyi* и хризифитовая *Dinobryon balticum* (Schutt) Lemm.

Исследования в акватории Новороссийской бухты в 2006–2010 гг. позволили проследить многолетнюю динамику таксономического состава и обилия фитопланктона. Средне-многолетние показатели численности фитопланктона в акватории порта за весь период исследования составили 0.35 млн. кл. л⁻¹, биомассы – 1.27 г м⁻³. Обращает на себя внимание тенденция заметного снижения за последние годы численности в 4.7 раз, биомассы в 3 раза. Если в 2006–2007 гг. средние показатели численности составляли 0.76 млн. кл. л⁻¹, биомассы – 1.7 г м⁻³, то в 2008–2010 гг. соответственно 0.16 и 0.55 (рис. 3).

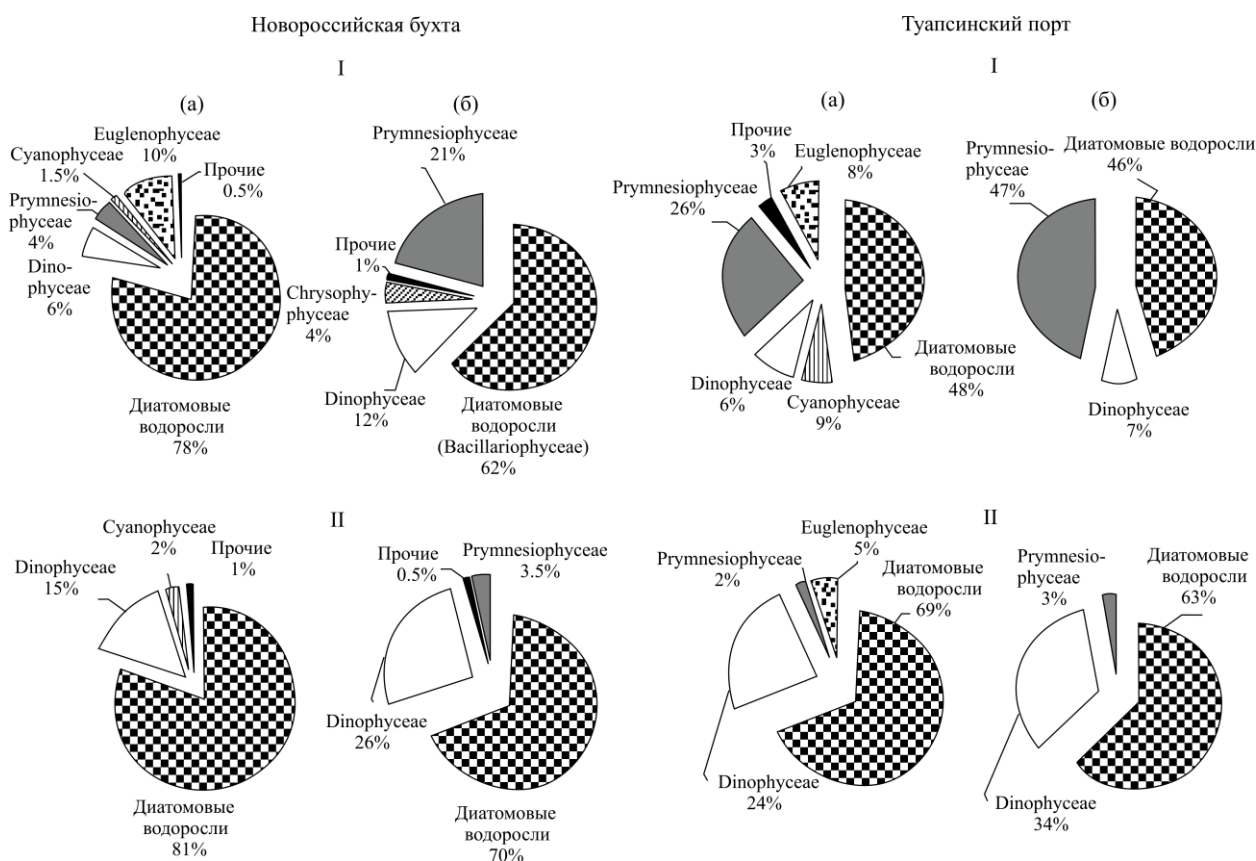


Рис. 2 Вклад отдельных таксономических групп в суммарную численность (I) и биомассу (II) фитопланктона акваторий городов Новороссийска и Туапсе: а – порт, б – открытая часть

Fig. 2 The contribution separate taxonomic groups in total number (I) and biomass (II) phytoplankton of water areas of cities of Novorossiysk and Tuapse: a – port, б – open part

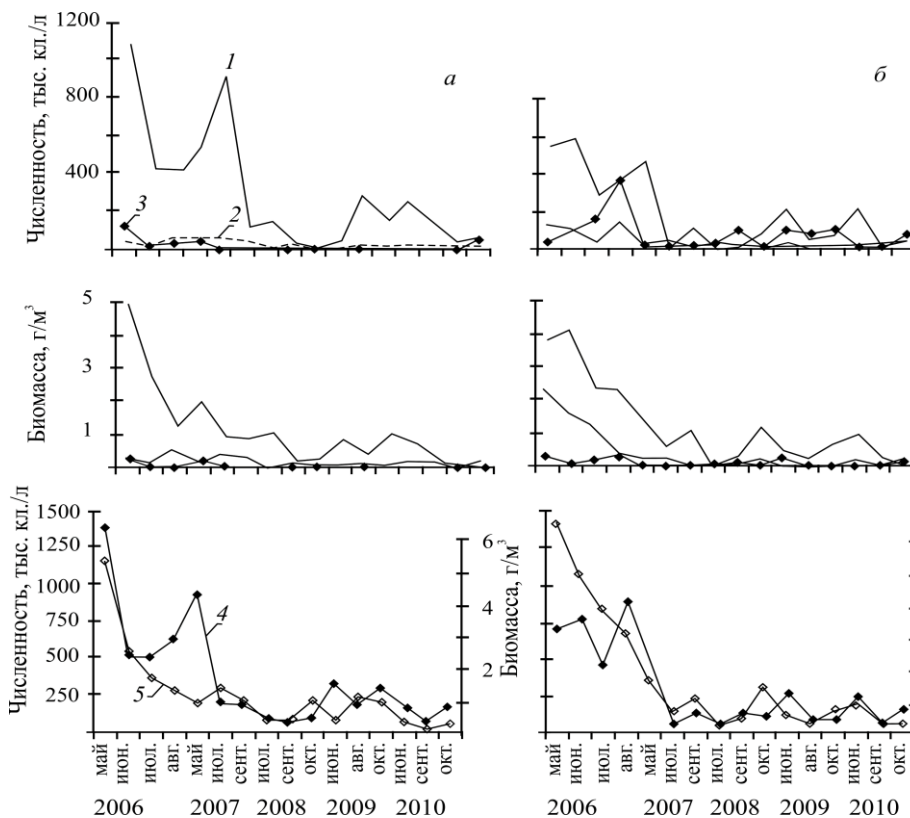


Рис. 3 Динамика численности и биомассы фитопланктона в Новороссийской бухте: а – порт, б – открытая часть; 1 – диатомовые водоросли, 2 – динофитовые, 3 – Примнезиевые, 4 – суммарная численность (левая ось ординат), 5 – суммарная биомасса (правая ось ординат)

Fig. 3 Dynamics of number and biomass of phytoplankton in the Novorossiysk Bay: а – port, б – open part; 1 – diatom algae, 2 – dinoflagellates, 3 – Prymnesiida, 4 – total number (the left axis of ordinates), 5 – total biomass (the right axis of ordinates)

В открытой части численность фитопланктона была в среднем в 2 раза ниже, а биомасса в 1.4 раза выше (за счёт преобладания более крупных форм), чем в акватории порта ($0.3 \text{ млн. кл. л}^{-1}$ и 2.4 г м^{-3}). Однако в последние годы обилие фитопланктона в акватории порта и за его пределами было одинаково низким ($0.15\text{--}0.16 \text{ млн. кл. л}^{-1}$ и $0.55\text{--}0.63 \text{ г м}^{-3}$).

В цикле развития фитопланктона отмечено 3–4 пика обилия, которые наблюдались в разные периоды вегетационного сезона: поздней весной, в начале или в конце лета и осенью. Общей чертой сезонной сукцессии планктонных альгоценозов являлась значительная межгодовая изменчивость интенсивности пиков численности и биомассы. В 2006–2007 гг. значительный подъём в развитии фитопланктона наблюдали в мае. В 2006 г. его максимальная численность в акватории порта достигала $1.4 \text{ млн. кл. л}^{-1}$, биомасса 5.4 г м^{-3} , в открытой части соответственно 0.7 и 6.7 . «Цветение» воды было обусловлено мощным развитием нескольких видов диатомовых – *C. curvi-*

setus, *C. socialis*, *C. pelagica*, *P. pseudodelicatissima*, *L. danicus* и *T. nitzschioides*, вклад которых в суммарную численность в среднем колебался от 91 % в акватории порта, до 86 % за его пределами, в суммарную биомассу соответственно – 76 – 78 %. Вторая по величине майская вспышка фитопланктона отмечена в 2007 г., но она была в 1.5 – 4 раза ниже наблюдаемой в 2006 г. (при сохранении комплекса руководящих видов). Летний пик плотности фитопланктона, обусловленный на 82 % диатомовыми *C. pelagica*, *L. danicus*, *C. curvisetus*, *C. socialis*, наблюдали августе 2006 г. – $0.6 \text{ млн. кл. л}^{-1}$. Заметный подъём численности отмечен летом и осенью 2009 г. ($\leq 0.3 \text{ млн. кл. л}^{-1}$). В июне доминантный комплекс видов состоял из *C. pelagica*, *P. pseudodelicatissima*, субдоминантный – *C. curvisetos*, *D. fragillissimus*, *T. nitzschioides* и *P. alata*; в октябре – *S. costatum*, *L. minimus*, *T. nitzschioides*, *C. pelagica*, *Thalassiosira* sp., *P. alata*. Эвгленовые и синезелёные, показательные для более загрязнённых и опреснённых вод, были существенным компо-

нентом фитопланктона весной, в начале лета и осенью (20–38 тыс. кл. л⁻¹), в середине и конце лета их количество не превышало 4 тыс. кл. л⁻¹.

В акватории порта пики биомассы водорослей в ряде случаев не совпадали с пиками численности за счёт преимущественного развития мелких видов. Сравнение количественных характеристик диатомовых водорослей показало сходство их динамики в районе исследования. Как отмечено выше, максимальная биомасса фитопланктона в акватории порта наблюдалась в мае 2006 г. – 5.4 г м⁻³, однако к августу того же года произошло её постепенное снижение до 1.7 г м⁻³. Аналогичное явление наблюдалось и в открытой части, где биомасса за исследуемый период снизилась в 4 раза. Начиная с 2007 г., биомасса фитопланктона в Новороссийской бухте повсеместно не превышала 1.0–1.3 г м⁻³. Анализ многолетней динамики биомассы доминантных видов показал, что в акватории порта обильную вегетацию вызывали диатомовые *C. curvisetus*, *C. socialis*, *C. pelagica*. В мае наряду с ними была заметна *S. costatum*, летом – *T. nitzschioides* и виды рода *Leptocylindrus*, осенью – *P. alata*. За пределами порта значительного обилия достигали *C. pelagica*, *D. fragilissimus*, *C. curvisetus*, а в конце лета и осенью наряду с ними была заметна крупноклеточная *P. calcar-avis*. Летние подъёмы обилия Dinophyceae были обусловлены в основном развитием крупных видов родов *Neoceratium*, *Dinophysis*, *Protoperdinium*, а также более мелких *Prorocentrum*, *Goniaulax*, *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *S. trochoidea*. В июле 2006 г. в акватории порта их биомасса составляла 0.5 г м⁻³. Начиная с 2007 г., наблюдалась тенденция спада в развитии; особенно заметно в открытой части, где доля динофитовых в общей биомассе фитопланктона была выше, чем в порту – 32.3 %. Так, в мае 2006 г. отмечена рекордная для бухты биомасса – 1.7 г м⁻³, к августу она понизилась почти в 3.5 раза и в последующие годы не превышала 0.25 г м⁻³.

В открытой части в общей численности доминировали те же виды диатомовых, что и в порту, но среди них закономерно уве-

личивалась доля крупных видов, а также динофитовых, примнезиевых и хризифитовых водорослей. Доля диатомовой *S. costatum*, которая является показателем уровня трофии вод [23], и эвгленовых в общей численности была ≤ 5%, синезелёные отсутствовали. После первой майской вспышки численности диатомовых второй наиболее заметный подъём в развитии фитопланктона отмечен летом – в июне и августе 2006 г. (0.7–0.8 млн. кл. л⁻¹). В июне руководящий комплекс видов на 75 % состоял из диатомовых (*Chaetoceros affinis* Laud, *Cerataulina pelagica*, *Leptocylindrus danicus*, *Pseudosolenia calcar-avis*), на 14.5 % – динофитовых (*Neoceratium tripos* (Muller) Gomez, Moreira, Lopes-Garcia и на 10% – примнезиевых *E. huxleyi*. В августе наряду с диатомовыми в равном соотношении (41 %) доминировала кокколитофориды *E. huxleyi*. Плотность *E. huxleyi* была максимальной за весь период исследования – 0.36 млн. кл. л⁻¹, в остальные месяцы её количество не превышало 0.15–0.19 млн. кл. л⁻¹. На долю динофитовых (*Prorocentrum compressum* (Bail.) Abe ex Dodge и видов рода *Gyrodinium*) приходилось 18 % суммарной численности. В последующие годы небольшие подъёмы численности отмечены в июне 2008 и 2009 гг. – 0.25–0.3 млн. кл. л⁻¹. Эти пики на 95 % были обусловлены вегетацией диатомовых водорослей, главным образом *P. alata* (более половины обилия фитопланктона), а также *C. pelagica*, *D. fragilissimus* и видов родов *Pseudo-nitzschia*, *Chaetoceros*.

В Новороссийской бухте отмечено наибольшее количество новых для региона видов – *Thalassiothrix frauenfeldii* (Grun) Hallegraeff., *Lioloma pacificum* (Capp) Hasle (Bacillariophyceae), *Alexandrium ostenfeldii* (Pauls.) Balech et Tangen., *Alexandrium aff. tamarense* (Lebour) Balech. (Dinophyceae), *Phaeocystis pouchetii* (Hariot) Lagerheim (Prymnesiophyceae), осенью 2008–2009 г. этот список поочередно дополнили *Dinophysis odiosa* (Pavillard) Tai & Scogsberg (Dinophyceae) и *Asterionellopsis glacialis* (Castr.) Round (Bacillariophyceae) [24]. Однако заметный

подъём численности до 0.14–0.16 млн. кл л⁻¹ отмечен в акватории порта только у двух видов – потенциально токсичной примнезиевой водоросли *P. pouchetii* (июнь – август) и диатомовой *T. frauenfeldii* (июль).

Туапсинский порт. Наибольший вклад, как в численность (46 – 48 %), так и биомассу (63 – 69 %) вносили диатомовые водоросли. Это соотношение мало менялось в открытых и портовых водах. Вклад динофитовых был значим лишь в суммарной биомассе фитопланктона – 24 – 34 %. В общей численности наряду с диатомовыми была велика доля примнезиевых, в частности *E. huxleyi*, причём их количество (47 %) в открытой части возрастало в два раза. В то же время синезелёные и эвгленовые, которые могут служить одним из показателей интенсивного загрязнения прибрежных вод, были существенным компонентом планктона в акватории порта (17 %).

В акватории порта по численности преобладали диатомовые – *P. pseudodelicatissima*, *S. costatum*, *T. nitzschoides*, *C. curvisetus* и кокколитофориды *E. huxleyi*. На уровне субдоминант развивались диатомовые *C. pelagica*, *L. danicus*, *Nitzschia tenuirostris* Mer.s.L., *Talassiosira* sp, эвгленовые *E. lanowii*, *Euglena* sp. и синезелёные родов *Oscillatoria* и *Lyngbya*. Летом в небольшом количестве отмечены зелёные и празиофитовые родов *Chlamydomonas* и *Pterosperma*. Основу биомассы обеспечивали крупные виды диатомовых *P. alata*, *P. calcaravis*, *D. fragilissimus*, виды рода *Chaetoceros* и динофитовых родов *Neoceratium*, *Diplopsalis*, *Protoperdinium*, *Scrippsiella*. За пределами порта число видов диатомовых водорослей (20 таксонов) было в 2.5 раза ниже, чем в портовой акватории. Число видов Dinophyceae оставалось примерно на одном уровне (33 и 38 таксонов), остальные классы были представлены 1–3 таксонами либо полностью отсутствовали, как, например, синезелёные, зелёные и празиофитовые. Следует отметить сходство доминантного комплекса видов с таковым акватории порта, за исключением нескольких видов, которые в открытой части либо полностью выпа-

дали из состава (диатомовые *S. costatum*, синезелёные водоросли), либо интенсивно вегетировали, как примнезиевые *E. huxleyi* и дикихоховые *Dictyocha speculum* Ehr.

Среднегодовалые показатели численности фитопланктона в акватории порта за весь период исследования составили 0.11 млн. кл. л⁻¹ и биомассы – 0.37 г м⁻³. В 2004 г. средние показатели численности составляли 0.2 млн. кл. л⁻¹, биомассы – 0.74 г м⁻³, в 2009–2010 гг. – соответственно 82 тыс. кл. л⁻¹ и 0.20 г м⁻³ (рис. 4). В открытой части, подверженной меньшей антропогенной нагрузке, численность фитопланктона была в 1.2 – 2 раза выше, чем в акватории порта (0.1 млн. кл. л⁻¹), биомасса достигала 0.45 г м⁻³.

В цикле развития фитопланктона отмечено три пика обилия: поздней весной, летом и осенью. Диатомовые встречались круглогодично, но основной пик их обилия был приурочен к концу лета – осени, когда доминировали крупные виды. Преобладание *P. calcaravis* (более 40 %) в акватории порта в июле и октябре 2004 г. вызвало заметный подъём биомассы фитопланктона 1.0–1.1 г м⁻³ при численности 0.2–0.22 млн. кл. л⁻¹ [13]. В последующие годы хорошо выраженные пики численности фитопланктона (0.1–0.2 млн. кл. л⁻¹) регистрировали в мае, в открытой части – в мае, августе и ноябре. В акватории порта максимальная биомасса отмечена в августе (0.5 г м⁻³), в открытой части – в августе и ноябре (0.9 г м⁻³).

В мае диатомовые составляли чуть более половины численности и биомассы фитопланктона. Определяющий вклад в обилие фитопланктона акватории порта вносила мелкая колониальная диатомовая *P. pseudodelicatissima* и кокколитофориды *E. huxleyi*. Динофитовые родов *Neoceratium*, *Gyrodinium*, *Prorocentrum*, *Protoperdinium*, *Scrippsiella* формировали 42 % биомассы. В 2009 г. подъём численности фитопланктона (0.1 млн. кл. л⁻¹) был вызван «цветением» эвгленовых *E. lanowii* и синезелёных родов *Lyngbya*, *Oscillatoria*. Их развитие в значительной мере было обусловлено влиянием берегового стока.

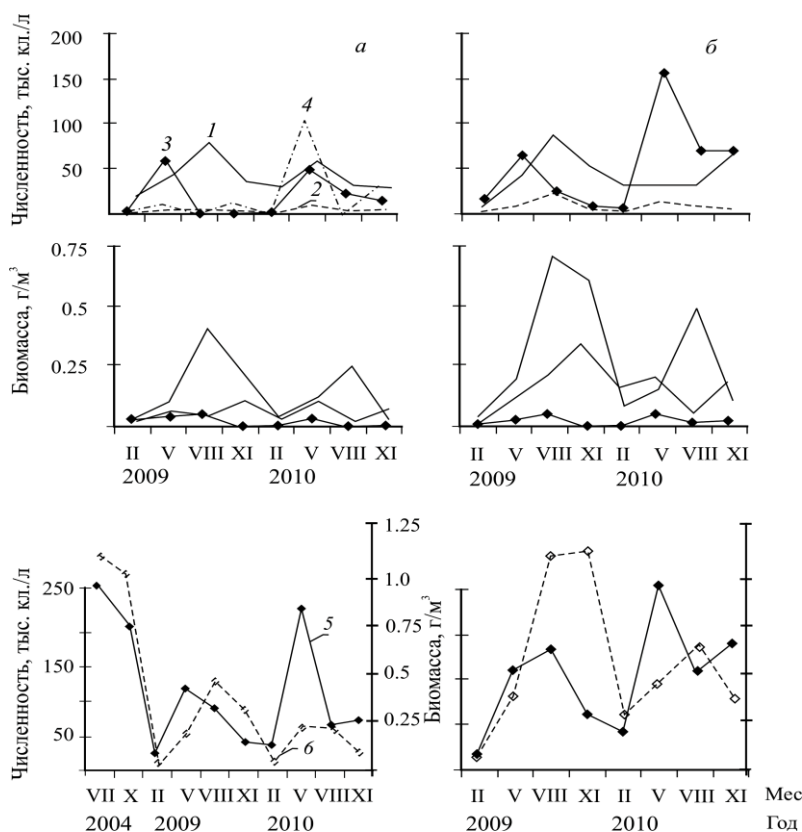


Рис. 4 Динамика численности и биомассы фитопланктона в Туапсинском порту: а – порт, б – открытая часть; 1 – диатомовые водоросли, 2 – динофитовые, 3 – примнезиевые, 4 – прочие, 5 – суммарная численность (левая ось ординат), 6 – суммарная биомасса (правая ось ординат)

Fig. 4 Dynamics of number and biomass of phytoplankton in the port of Tuapse: a – port, б – open part; 1 – diatom algae, 2 – dinoflagellates, 3 – Prymnesiida, 4 – others, 5 – total number (left axis of ordinates), 6 – total biomass (right axis of ordinates)

За пределами порта видами, обуславливающими «цветение» воды, являлись диатомовые *P. alata*, *P. calcar-avis*, *C. curvisetus* и примнезиевая *E. huxleyi*, причём в 2010 г. численность *E. huxleyi* – 0.15 млн. кл. л⁻¹ была максимальной за весь период исследования. Существенный вклад в биомассу фитопланктона (42%) вносили динофитовые *Prorocentrum cordatum* (Ostf.) Dodge, *Prorocentrum micans* Ehr., *Gyrodinium fusiforme* Kof. et Sw, *Gymnodinium* sp., *Neoceratium tripos*, *N. fusus* (Ehr.) Gomez, Moreira, Lopes-Garcia, *Scrippsiella trochoidea*, которые обусловили весенние максимумы обилия (0.3–0.4 г м⁻³). В августе диатомовые всецело доминировали в составе фитопланктона – 80 – 90 %. Преимущественное развитие крупных видов *P. alata* и *P. calcar-avis* в это время вызвало подъём биомассы фитопланктона в порту – 0.24 и 0.5 г м⁻³, за его пределами – 0.4 и 0.7 г м⁻³. Следует также отметить пик биомассы (0.2 г м⁻³) динофитовых родов *Neoceratium*, *Protoperidinium*, *Scrippsiella*, *Dinophysis*, отмеченный в 2009 г. в открытой части. В ноябре вклад диатомовых в биомассу фитопланктона снизился почти на половину. В акватории порта продолжали вегетировать крупные диатомо-

вые *P. alata* (50 % от общей численности), наряду с ними была заметна роль мелких видов *S. costatum*, *N. tenuirostris*, *L. danicus*, *Thalassiosira* sp. (20 %); субдоминантными были криптофитовые – 18 % и синезелёные (*Lyngbya*, *Oscillatoria*) – 13 %. В открытой части в 2009 г. отмечен подъём биомассы (0.9 г м⁻³) диатомовых (62 %) *P. alata*, *P. calcar-avis*, *D. fragillissimus*, *C. pelagica* и др. и динофитовых (37 %) родов *Neoceratium*, *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Protoperidinium*, *Prorocentrum*, *Dinophysis*; в 2010 г. – подъём численности (0.14 млн. кл л⁻¹) диатомовых (*Chatoceros anastomans* Grun., *N. tenuirostris*) и *E. huxleyi*. Зимой наблюдали минимальное развитие фитопланктона – 29.4 тыс. кл л⁻¹ и 0.09 г м⁻³. В 2009 г. в акватории порта вегетировал *T. nitzschoides* (76% от общей численности фитопланктона), в 2010-м – *P. pseudodelicatissima* (44 %), *T. nitzschoides*, *P. alata*, *S. costatum* (43 %). В оба года более 2/3 биомассы фитопланктона приходилось на крупные диатомовые *P. calcar-avis*, *P. alata*.

Кроме них был замечен вклад примнезиевых *E. huxleyi* и динофитовых водорослей родов *Neoceratium*, *Diplopsalis*, *Protoperdinium*, *Scrippsiella*. В открытой части доминировали водоросли того же комплекса. Доля диатомовых составляла 67 % суммарной численности фитопланктона, кокколитофорид и диктиоховой водоросли *D. speculum* – 13–20%.

Обсуждение. Полученные характеристики фитопланктона в акваториях портовых городов Новороссийска и Туапсе позволяют выявить некоторую закономерность в изменении видового состава и его обилия. Как правило, около половины (46 %) видового состава микроводорослей составляют диатомовые и чуть менее (41 % от общего числа) – динофитовые. Остальные таксоны представлены незначительным количеством видов и форм. Наибольший вклад, как в численность, так и биомассу фитопланктона портовых акваторий вносили диатомовые родов *Chaetoceros*, *Leptocylindrus*, а также *C. pelagica*, *S. costatum*, *P. calcar-avis*, *P. alata*, *T. nitzschoides*, *P. pseudodelicatissima* и др. Многие виды этого комплекса вызывают «цветения» воды и потенциально токсичны, а *C. pelagica*, *S. costatum*, *P. pseudodelicatissima* и виды родов *Chaetoceros*, *Leptocylindrus* ранее отмечены в списке доминантов фитопланктона Севастопольской бухты [10]. Вклад кокколитофорид и эвгленовых водорослей в нашем случае замечен лишь в суммарной численности фитопланктона, динофитовых – в суммарной биомассе. Напомним, что во второй половине прошлого века основной вклад в биомассу фитопланктона прибрежных вод Чёрного моря вносили динофитовые водоросли [6]. По данным автора, с августа до осени включительно их количество достигало 50 %. Начиная с 1990-х гг., отмечен спад в развитии динофитовых (30 %) с одновременным увеличением обилия кокколитофорид и диатомовых. Намечившаяся тенденция снижения обилия динофитовых водорослей, вероятно, связана с многолетними гидрометеорологическими трендами и возросшим потреблением их зоопланктоном [10]. В акваториях портов Новороссий-

ска и Туапсе вклад динофитовых водорослей в суммарную численность фитопланктона, как правило, не превышает 7 – 12 %, в суммарную биомассу – 24 – 34 %. Многие из динофитовых родов *Protoperdinium*, *Gymnodinium*, *Gyrodinium* и др., развивающихся в портах на уровне субдоминант, способны переходить на гетеротрофный или миксотрофный тип питания. Считается, что увеличение гетеротрофного фитопланктона является результатом повышенного содержания в воде органического вещества и детрита – главных компонентов пищи этих форм [6]. Максимального обилия виды *Dinophyceae* достигали в Новороссийской бухте. Резкое снижение их биомассы (в 7 раз) за последние годы косвенно могло свидетельствовать об ослаблении уровня эвтрофикации вод бухты. Однако периодические вспышки плотности мелкоклеточных видов динофитовых в открытой части бухты (горло бухты) продолжают иметь достаточно высокую интенсивность. В качестве примера можно привести необычное «цветение» *S. trochoidea* в конце марта 2008 г. [19]. Биомасса фитопланктона в этот период достигала 3.4 г м^{-3} , численность 2.0 млн. кл. л^{-1} , а их максимальные значения составили соответственно 3.14 и 3.5. В восточной части бухты образовался тёмно-коричневый шлейф размером в несколько сотен квадратных метров. В портовой акватории в это время на уровне «цветения» воды развивалась потенциально-токсичная диатомовая *S. costatum* (6.1 млн. кл л^{-1} , 1.96 г м^{-3}). Очевидно, *S. trochoidea* была занесена в бухту прибрежным кольцевым течением. После интенсивных проливных дождей полосой «цветения» воды фитопланктоном было охвачено все северо-восточное побережье Чёрного моря. В наших исследованиях, выполненных летом и осенью, *S. trochoidea* в заметном количестве была отмечена только в 2009 г. – 160.8 тыс. кл л^{-1} , 0.4 г м^{-3} . В остальные годы наблюдений численность вида не превышала 0.2–1.6 тыс. кл л^{-1} .

Пределы межгодовых колебаний численности и биомассы фитопланктона в акваториях Новороссийска и Туапсе довольно велики.

Подъём численности фитопланктона до уровня «цветения» в мае 2006 г., очевидно, вызван значительной эвтрофикацией акватории Новороссийской бухты. В последующие годы вспышки развития фитопланктона были менее выражены. Аналогичные процессы происходили и в Туапсинском порту, где среднемноголетнее обилие фитопланктона было в 3–3.5 раз ниже, чем в Новороссийской бухте, а видовой состав беднее. Доля видов-интродуцентов также была менее значительна. Новый для региона вид диатомовых *T. frauenfeldii* в Туапсинском порту развивался с мая 2005 по ноябрь 2006 гг. в количестве 0.5 – 93 тыс. кл л⁻¹ [24]. Увеличение численности вида отмечено в 2006 г. в июле, а *L. pacificum* – в сентябре (0.24 тыс. кл л⁻¹). Наиболее вероятной причиной низкого количественного обилия планктонных альгоценозов на этом полигоне является хроническое нефтяное загрязнение акватории [13, 20]. Периодические выбросы нефтепродуктов из подземной линзы могут вызывать разрушение клеток микроводорослей и ингибировать их развитие. Однако, несмотря на заметное снижение уровня нефтяного загрязнения в Туапсинском порту в последние годы, здесь также наблюдался спад в развитии фитопланктона: численность снизилась в 2.5, биомасса – почти в 4 раза. Следовательно, можно говорить о некоторой синхронности динамики фитопланктона в бухтах и портах северо-восточного шельфа. Причины наблюдаемых значительных межгодовых колебаний обилия фитопланктона в акваториях портов не вполне ясны. Подобные явления могут являться следствием совокупного действия факторов, в частности, изменения гидродинамических, климатических и экологических условий (загрязнение, наличие питательных веществ, температура, освещённость и др.). Во многом структура фитоценоза определяется не только прямой конкуренцией за биогены, но и взаимоотношениями на уровне экзометаболитов, зачастую оказывающих видоспецифичное воздействие [10]. Фитопланктон, являясь основным пищевым ресурсом зоопланктона, не только обуславливает количественное развитие последнего, но и зависит от

колебаний численности консументов, т.е. от интенсивности их потребления. Данная гипотеза вполне согласуется с описываемыми закономерностями динамики обилия планктонных фито- и эврифагов. Если в конце 1990-х гг. среднемноголетняя биомасса голопланктона в Новороссийской бухте достигала 0.17 г м⁻³, то в 2004–2010 гг. она возросла до 0.36 г м⁻³ в порту и до 0.52 г м⁻³ в открытой части [11]. Для нынешнего состояния весьма характерно снижение пресса хищных желетелых организмов – гребневика *M. leidyi* и ноктилюки *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kof et Swezy, рост обилия голопланктонных ракообразных и меропланктона. Такие глубокие изменения в пелагическом сообществе могли произойти под влиянием климатических особенностей последних лет и вселения в Чёрное море гребневика *B. ovata*, который контролирует биомассу мнемииопсиса. Начиная с 2007 г., в Новороссийской бухте наблюдали положительные аномалии температуры поверхностных вод, что уменьшает сроки воздействия хищника на зоопланктон. Также следует отметить, что появление *B. ovata* совпало с уменьшением загрязнения вод бухты биогенными элементами, тяжёлыми металлами, нефтепродуктами (устн. сообщ. к.г.н. В. К. Часовникова, Южное отделение ИО РАН), что могло способствовать восстановлению популяций голопланктонных фито- и эврифагов и снижению уровня фитопланктона (ослабление эвтрофикации). В акватории Туапсинского порта количество фито- и эврифагов возросло, начиная с 2006 г. По сравнению с концом 1990-х гг. их суммарная биомасса увеличилась в 1.5–2 раза [14], особенно заметно увеличение обилия в открытой части. На основании вышеизложенного, можно предположить существование количественной зависимости между биомассами фито- и зоопланктона, представленных в планктоне Новороссийской бухты и Туапсинском порту. Однако корреляционный анализ результатов не позволил нам выявить такую связь. На отсутствие линейной связи между скоростью потребления фитопланктона

зоопланктоном указывают и другие исследователи [16], что очевидно обусловлено низким качеством растительной пищи – преобладанием в отдельные периоды в планктоне слабо потребляемых водорослей *P.calcar-avis*, *E. huxleyi*, видов рода *Neoceratium* [12, 15].

Выводы. За последние годы в акваториях портовых городов Новороссийска и Туапсе произошло снижение численности фитопланктона в 2–5 раз, биомассы – 3–4 раза. Наиболее загрязнённый Туапсинский порт характеризовался более бедным видовым составом и низким уровнем развития фитопланктона (~ 3 раза ниже, чем в Новороссийской бухте). Намотившаяся тенденция спада в развитии фитопланктона, в том числе динофитовых водорослей, вероятно, является следствием совокупного действия факторов, в частности, изменения климатических и экологических условий (температура, загрязнение, наличие питатель-

ных веществ, консументов и др.). Выявленные структурные перестройки фитопланктона, прежде всего, обусловлены сменой видов-доминантов, периодами и уровнем их активной вегетации. Наибольший вклад (50 – 80 %), как в численность, так и биомассу фитопланктона портовых акваторий Новороссийска и Туапсе вносили диатомовые водоросли, среди которых отмечены виды, вызывающие «цветения» воды и потенциально-токсичные. Синезелёные и эвгленовые водоросли, которые могут служить одним из показателей загрязнения прибрежных вод, составляли 11.5 – 17 % обилия. В открытых водах в численности фитопланктона была заметна роль примнезиевых водорослей, главным образом кокколитофориды *Emiliania huxleyi* – 21 – 47 %. Вклад динофитовых был значим лишь в суммарной биомассе фитопланктона – 26 – 34 %.

1. *Брянцев В. А., Брянцева Ю. В.* Соотношение биомассы фито- и зоопланктона как критерий оценки состояния черноморской экосистемы // Риб. господарство України. – 2003. – **24**, № 1. – С. 37–39.
2. *Брянцева Ю. В., Лях А. М., Сергеева А. В.* Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря. (Препринт / НАН Украины, ИнБЮМ). Севастополь, 2005. – 25 с.
3. *Вершинин А. О., Моручков А. А.* Потенциально-токсичные водоросли в прибрежном фитопланктоне северо-восточной части Черного моря // Экология моря. 2003. – Вып. 64. – С. 45–50.
4. *Вершинин А. О., Моручков А. А., Лифилд Т.* и др. Потенциально токсичные водоросли в составе прибрежного фитопланктона северо-восточной части Черного моря в 2001–2002 гг. // Океанология. – 2005. – **45**, № 2. – С. 267–275.
5. *Виноградов М. Е., Сапожников В. В., Шушкина Э. А.* Экосистема Черного моря. – М.: Наука, 1992. – 112 с.
6. *Георгиева Л. В.* Видовой состав и динамика фитоплана / Под ред. А. В.Ковалев, З. З. Финенко. Планктон Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1993. – С. 31 – 55.
7. *Коновалова Г.В.* Структура планктонного фитоплана залива Восток Японского моря // Биол. моря. – 1984. – **1**. – С. 13 – 23.
8. *Манжос Л. А.* Фитопланктон / под ред. Г. Г. Матишова, А. Р. Болтачева. Вселенцы в биоразнообразии и продуктивности Азовского и Черного морей. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ, 2010. – С. 42–48.
9. *Паутова Л.А., Микаэлян А.С., Силкин В.А.* Структура планктонных фитопланктонов шельфовых вод северо-восточной части Черного моря в период массового развития *Emiliania huxleyi* в 2002–2005 гг. // Океанология. – 2007. – **47**, № 3. – С. 1–10.
10. *Поликарпов И. Г., Сабурова М.А., Манжос Л.А.* и др. Биологическое разнообразие микропланктона прибрежной зоны Черного моря в районе Севастополя (2001 – 2003 гг.) / под ред. В. Н. Еремеева, А. В. Гаевской. Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор). – Севастополь: ЭкоСигидрофизика, 2003. – С. 16–36.
11. *Селифонова Ж. П.* Экосистемы акваторий черноморских портов Новороссийска и Туапсе / под ред. Г.Г.Матишова. – СПб.: Наука, 2012. – 228 с.
12. *Селифонова Ж. П., Ясакова О. Н.* Трофические взаимоотношения фито- и зоопланктона в пелагиали Новороссийской бухты // Экология моря. – 2000. – Вып. 52. – С. 18–21.
13. *Селифонова Ж. П., Ясакова О. Н.* Изменчивость структуры фито- и зоопланктона в Туапсинской бухте Черного моря под воздействием хронического нефтяного загрязнения / под ред. Г.Г.Матишова. Современные проблемы аридных и семиаридных экосистем юга России. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2006. – С. 518–529.
14. *Селифонова Ж. П., Ясакова О. Н., Ермакова Е. П.* Развитие планктонных сообществ в районах крупных портовых городов северо-восточного шельфа Черного моря // Изв. вузов. Северо-

- кавказский регион. – 2001. – 4. – С. 123–127.
15. *Стельмах Л.В.* Сезонные изменения удельной скорости роста фитопланктона и его потребления микрозоопланктоном в прибрежных водах Черного моря // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. биол. – 2010. – 44, № 3. – С. 268–271.
 16. *Стельмах Л. В., Бабич И. И., Тугрул С.* и др. Скорость роста фитопланктона и его выедание зоопланктоном в западной части Черного моря в осенний период // Океанология. – 2009. – 49, № 1. – С. 90–100.
 17. *Теренько Л.М.* Новые для Черного моря виды Dinophyta // Альгология. – 2005. – 15, № 2. – С. 236–245.
 18. *Юнев О. А., Шульман Е. Г., Юнева Т. В.* и др. Соотношение запасов мелких пелагических рыб и биомассы фитопланктона как индикатор состояния экосистемы пелагиали Черного моря // ДАН. – 2009. – 428, № 3. – С. 426–429.
 19. *Ясакова О. Н., Бердников В. С.* Необычное цветение воды в результате развития динофитовой водоросли *Scribtsiella trochoidea* (Stein) Valech в акватории Новороссийской бухты Черного моря в марте 2008 г. // Морск. екол. журн. – 2008. – 7, № 4. – С. 98.
 20. *Ясакова О. Н., Селифонова Ж. П.* Видовой состав и количественное распределение фитопланктона в бухтах северо-восточного шельфа Черного моря // Экосистемные исследования Азовского, Черного и Каспийского морей. – Апатиты: Кольск. научн. центр, 2006. – 8. – С. 81–90.
 21. *Vershinin A. O., Morton S.* *Protoperidinium ponticum* sp. nov. (Dinophyceae) from North-East Black Sea // Botanica marina. – 2005. – 48. – P. 244–247.
 22. *Vershinin A. O., Morton S., Leighfield T.* et al. *Alexandrium* in the Black Sea – identity, ecology and PSP toxicity // African Journal of Marine Science. – 2006. – 28, № 2. – P. 209–213.
 23. *Yamado M., Trusuta A., Jocida Y.* Classification of eutrophic level in several marine regions. Phytoplankton as euphotic level indicator // Bull. Jap. Soc. Sci. Fisher. – 1980. – 16, № 12. – P. 1439–1444.
 24. *Yasakova O.N.* New species of phytoplankton in the Northeastern part of the Black Sea // Rus. J. Biol. Invasions. – 2011. – 2, № 1. – P. 63–67.

Поступила 22 апреля 2012 г.

Фітопланктон акваторій портових міст північно-східного шельфу Чорного моря. Ж. П. Селіфонова, О. Н. Ясакова. Проаналізовано структуру і рясність фітопланктону в акваторіях великих портових міст північно-східного шельфу Чорного моря, Новоросійську та Туапсе. Виявлено 145 таксонів мікроводоростей: в Новоросійській бухті – 131 таксон, включаючи сім нових для регіону видів, в Туапсинському порту – відповідно 104 (2). Найбільший внесок (50-80%), як в чисельність, так і біомасу фітопланктону портових акваторій вносили діатомові водорості, серед яких відзначені види, що викликають «цвітіння» води і потенційно-токсичні. Синезелені та евгленові водорості, які можуть служити одним з показників екологічної ситуації в прибережних водах, які інтенсивно забруднюються, становили 11.5–17% рясності. У відкритих водах в чисельності фітопланктону була помітна роль примнезієвих водоростей, головним чином кокколитофоріди *Emiliania huxleyi* – 21–47%. Вклад дінофітових водоростей був значимий лише у сумарній біомасі фітопланктону – 26–34%. За останні роки в акваторіях портових міст Новоросійська і Туапсе простежено зменшення чисельності фітопланктону в 2–5 разів, біомаси – 3–4 рази. Найбільш забруднена акваторія Туапсинського порту характеризувалась більш низьким рівнем розвитку фітопланктону (~ в 3 рази нижче, ніж в Новоросійській бухті).

Ключові слова: фітопланктон, чисельність, біомаса, акваторії портів Новоросійськ та Туапсе

Phytoplankton of areas of the seaports of the northeastern the Black Sea. Zh.P.Selifonova, O.N.Yasakova. Taxonomic composition, numerical density and biomass in areas of the seaports of Novorossiysk and Tuapse have been analyzed. Microplanktonic algae of 145 taxa; in the Novorossiysk Bay – 131 including 7 alien species, in the port of Tuapse – 104 (2) properly were identified. The species of diatom algae (potentially toxic and causing harmful algal bloom) were dominant, composed the most part of density and biomass of phytoplankton of the port areas (50–80%), euglenophytes and cyanophytes – 8–10%. The role of primnesiophytes essentially *E. huxleyi* was appreciable in the number of phytoplankton of the open waters (21–47%). The contribution of dinoflagellates was significant only in a total biomass of phytoplankton (26–34%). The decrease of density of phytoplankton in 2–5 times, biomass – 3–4 times in the seaports of Novorossiysk and Tuapse is recorded during the last years in water areas. Most polluted port of Tuapse was characterised by lower level of development of phytoplankton (~ 3 times low, than in the Novorossiysk Bay).

Key words: phytoplankton, density, biomass, areas the seaports of Novorossiysk and Tuapse