



УДК 581.526.325:(262.5)

О. Н. Ясакова, м. н. с.

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

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА НОВОРОССИЙСКОЙ БУХТЫ В 2007 г.

Исследована сезонная динамика качественного состава и количественного развития фитопланктона Новороссийской бухты с февраля по декабрь 2007 г. Количество видов фитопланктона открытой части бухты (90) в 1.5 раза превышало таковое в порту (56). Зафиксирован весенний пик численности (6.43 млн. кл. л⁻¹), весенний и осенний пики биомассы фитопланктона (2.14 и 1.22 г м⁻³), связанные с развитием диатомовых. Весенний пик численности и биомассы образовал мелкоклеточный вид *Skeletonema costatum*, осенний пик биомассы – крупноклеточный *Proboscia alata*. Максимальные среднегодовые величины количественного развития фитопланктона наблюдались в акватории порта и у выхода сточных вод на западном побережье бухты (1.12 млн. кл. л⁻¹ и 0.87 г м⁻³). На восточном побережье и в районе рейда они были в 4 и 1.5 раза ниже.

Ключевые слова: численность и биомасса фитопланктона, Новороссийская бухта, Чёрное море

Новороссийская бухта – одна из крупнейших на северо-восточном побережье Чёрного моря, представляет собой удлинённый залив, юго-восточная часть которого непосредственно примыкает к открытому морю. Её характерной чертой считается сравнительно небольшая глубина, являющаяся причиной специфических особенностей в годичном цикле развития планктона. Процессы перемешивания вод в бухте и их обмена с открытым морем протекают весьма интенсивно, за исключением непродолжительных штилевых периодов. В течение года средние значения температуры воды на поверхности моря изменяются от 9°C в феврале – марте до 26 – 28°C в августе. Солёность воды варьирует в пределах 17.6 – 18.2 ‰. Значительное опреснение воды (12.9 ‰) наблюдается в порту, в устье реки Цемес.

Фитопланктон Новороссийской бухты исследуется с начала 1930-х годов [2, 4, 7, 10]. В последние годы в связи с возросшим интересом к изучению влияния загрязнения на морские прибрежные экосистемы этому вопросу уделяется значительно больше внимания [6, 13, 15 – 17]. Однако подробных полно-сезонных исследований фитопланктона во всей акватории бухты никто не проводил.

Цель данной работы – исследовать особенности сезонной динамики качественных характеристик и количественного развития фитопланктона Новороссийской бухты в современный период.

Материал и методы. Материалом исследования послужили 120 проб фитопланктона, собранные с февраля по декабрь 2007 г. в акватории Новороссийской бухты (рис. 1).

Порт (ст. 4 – 6) расположен в кутовой части бухты (площадь около 3 км²), характеризуется небольшой глубиной (7 – 10 м) и слабым водообменном с другими участками бухты, испытывает максимальную антропогенную нагрузку. Для вод порта характерны повышенные, по сравнению ПДК, концентрации мочевины и аммонийного азота – 0.043 – 0.049 мг л⁻¹.

Средняя часть бухты – промежуточная зона между портом и открытым морем, характеризуется более интенсивным водообменном и большими глубинами (17.6 – 23 м), также подвержена значительному техногенному загрязнению (ст. 7 – 8). На всём протяжении западного побережья (ст. 1 – 3) осуществляется неконтролируемый сброс ливневой и хозяйственно-бытовой канализации. Всего в Новороссийскую бухту впадает 78 стоков, из которых в портово-промышленной зоне зарегистрировано 26.

Открытая часть бухты – рейд (ст. 9) характеризуется большими глубинами (30 – 40 м), имеет свободный водообмен с морем и является достаточно чистым по гидрохимическим показателям районом (в среднем все показатели в пределах ПДК).

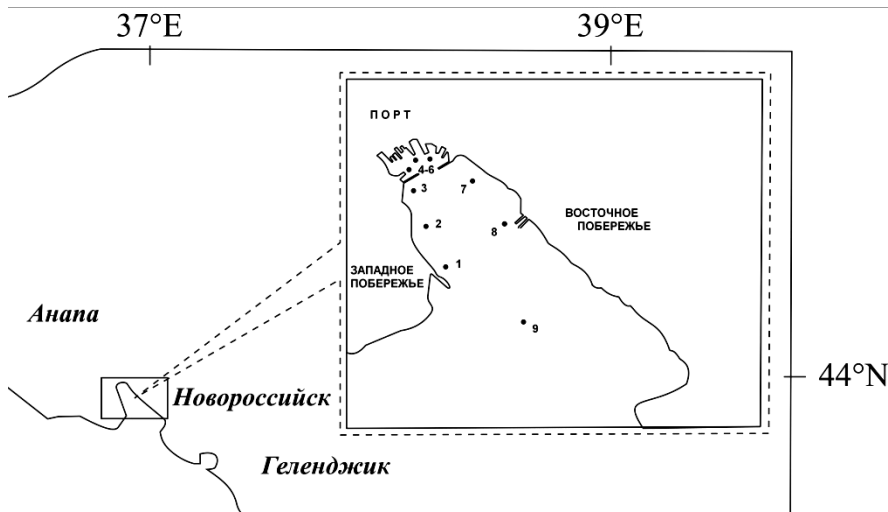


Рис. 1 Станции отбора проб фитопланктона в Новороссийской бухте в 2007 г.: 1 – рыбзавод, 2 – мыс Любви, 3 – западный мол, 4 – катерный причал порта, 5 – причал порта № 28, 6 – восточный мол, 7 – ОАО Комбинат «Стройкомплект», 8 – нефтерайон «Шесхарис», 9 – рейд
Fig. 1 Schema of phytoplankton sampling in the Novorossiysk Bay: 1 – fish factory, 2 – cape Love, 3 – western pier, 4 – boats, 5 – pier No. 28, 6 – east pier, 7 – JSC "Stroykomplekt", 8 – "Sheskharis", 9 – raid

Пробы фитопланктона отбирали с поверхности моря в дневное время с борта т/х «Тальянов». Сгущение проб осуществляли методом обратной мягкой фильтрации. Исходный объём морской воды (1 – 1.5 л) концентрировали с помощью ядерных фильтров (диаметр пор 1 мкм) до 20 – 50 мл. Фиксировали раствором нейтрального формальдегида до конечной концентрации 1 – 2 % [3]. Для идентификации видов водорослей, теряющихся под действием даже слабых фиксаторов, часть пробы просматривали в «живой капле» (нефиксированный материал). Для определения редких и крупных видов фитопланктона просматривали часть концентрата (1/10 – 1/20). Минимальный размер учитываемых клеток – 3 – 5 мкм. Для колониальных водорослей в качестве одной условной единицы счёта принимали нить длиной 50 – 100 микрон.

Идентификация видов, подсчёт численности и измерение размеров клеток фитопланктона проводили с помощью микроскопа МИКМЕД-2 с увеличением $\times 200$ и $\times 400$ в счётной камере собственной модификации и камере Nageotte, объёмом 0.05 и 0.1 мл в нескольких повторностях. Биомассу водорослей оценивали объёмным методом, используя оригинальные и литературные данные измерений объёма клеток для каждого вида [1, 12]. Видовой состав фитопланктона классифицировали в соответствии с системой С.П. Вассера. При идентификации видов использовали общепринятые руководства [10, 18, 19].

Результаты. В период исследований в Новороссийской бухте обнаружено 98 видов микроводорослей из 7 отделов: Bacillariophyta,

Dinophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Cryptophyta (табл. 1). Наибольшее число видов отмечено среди диатомовых (42) и динофитовых (36). Другие отделы представлены меньшим количеством видов (в сумме 19). Представители эвгленовых, зелёных и сине-зелёных встречались в основном в участках бухты, подверженных некоторому опреснению и эвтрофикации под воздействием сточных вод (порт, западное побережье).

Наибольшее разнообразие фитопланктона (90 видов) и интенсивное развитие золотистых водорослей отмечали в районах с хорошим водообменом (средняя и открытая части бухты), минимальное количество видов (56) зарегистрировано в порту. В весенне-осенний период разнообразие водорослей было максимальным (75 – 79 видов): диатомовые – 31 – 35 видов, динофитовые – 26 – 33, другие отделы – 11 – 17 видов. В зимний сезон число видов фитопланктона сократилось до 49: диатомовые – 24 вида, динофитовые – 18, другие отделы – 7. Среди диатомовых наиболее широко представлен род *Chaetoceros* (9 видов), среди динофитовых – *Protoperdinium* (7 видов).

Средние значения численности и биомассы фитопланктона в Новороссийской бухте за исследуемый период составили соответственно 943 тыс. кл. $л^{-1}$ и 784 $мг\ м^{-3}$.

Табл.1 Видовой состав фитопланктона Новороссийской бухты в 2007 г.
Table 1 Phytoplankton species in Novorossiysk Bay in 2007

Отделы, виды / сезон	Зима	Весна	Лето	Осень	Статус вида
Bacillariophyta					
<i>Achnanthes longipes</i> Agardh	-	-	-	+	P*
<i>Amphora hyalina</i> Kutzing	-	+	-	+	P
<i>A. inflexa</i> (Brebisson) H.L. Smith	-	-	+	+	P
<i>Amphora</i> sp.	+	+	+	+	P
<i>Amphiprora paludosa</i> W. Smith	-	+	+	-	P
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendeby	+	+	+	+	M
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	+	+	+	+	M
<i>C. compressus</i> Lauder	+	-	+	+	O
<i>C. curvisetus</i> Cleve	+	+	+	+	M
<i>C. insignis</i> Pr.-Lavrenko	+	+	+	-	O
<i>C. peruvianus</i> Brightwell	-	+	+	+	P
<i>C. scabrosus</i> Pr.-Lavrenko	-	-	+	-	P
<i>C. simplex</i> Ostenfeld	-	+	+	+	O
<i>C. subtilis</i> Cleve	+	+	-	-	O
<i>C. socialis</i> Lauder	+	+	+	+	M
<i>Chaetoceros</i> sp.	-	+	+	+	M
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg	+	-	-	+	P
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough	-	+	-	+	O
<i>C. janischii</i> A. Schmidt	+	+	+	-	P
<i>Coscinodiscus</i> sp.	-	-	+	+	O
<i>Cyclotella caspia</i> Grunow	-	+	+	-	P
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin Reimann	-	+	-	-	O
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	-	+	+	+	O
<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow	+	-	-	-	P
<i>Gyrosigma</i> sp.	+	-	+	+	P
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	-	+	+	+	M
<i>L. minimus</i> Gran	-	-	+	-	O
<i>Licmophora ehrenbergii</i> (Kutzing) Grunow	-	+	+	+	O
<i>L. flabellata</i> Agardh	+	+	-	+	P
<i>Licmophora</i> sp.	+	+	+	+	P
<i>Melosira moniliformis</i> (O. Muller) Agardh	-	+	-	-	P
<i>Melosira</i> sp.	-	+	-	-	P
<i>Navicula pennata</i> A. Schmidt	-	+	-	-	O
<i>Navicula</i> sp.	-	+	-	+	P
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mereschkowsky	+	+	+	+	M
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith	+	+	+	+	O
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) H. Peragallo	+	-	+	+	M
<i>P. pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle	+	+	+	+	M
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	+	+	+	+	M
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundstrom	+	+	+	+	O
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundstrom	+	+	+	+	M
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	+	+	+	+	M
<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) Agardh	-	-	-	+	P
<i>Synedra tabulata</i> (Agardh) Kutzing	-	+	-	+	P
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	+	+	+	+	M
<i>Thalassiosira</i> sp.	+	+	-	+	O
Dinophyta					
<i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech	-	-	-	+	P
<i>Amphidinium</i> sp.	-	+	+	-	P
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparede et Lachmann	+	+	+	+	O
<i>C. fusus</i> (Ehrenberg) Dujard	+	+	+	+	O
<i>C. tripos</i> (O.F.Mull.) Nitzsch.	+	+	+	+	O
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent	-	-	+	-	P

Продолж. табл. 1					
<i>D. fortii</i> Pavillard	-	+	+	+	P
<i>D. rotundatum</i> Claparede et Lachmann	-	+	+	+	O
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh	+	+	+	+	O
<i>Diplopsalis</i> sp.	-	+	+	+	P
<i>Glenodinium</i> sp.	+	+	+	+	O
<i>Gonyaulax digitale</i> (Pouchet) Kofoid	-	-	-	+	P
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein	-	-	+	-	P
<i>G. spinifera</i> (Claparede et Lachmann) Diesing	-	-	+	+	P
<i>Gonyaulax</i> sp.	-	+	+	+	P
<i>Gymnodinium simplex</i> (Lohm.) Kofoid et Swezy	+	+	+	+	M
<i>Gymnodinium</i> sp.	+	+	+	+	M
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid et Swezy	+	+	+	+	M
<i>G. spirale</i> (Bergh) Kofoid et Swezy	-	-	+	-	O
<i>Gyrodinium</i> sp.	+	+	+	+	O
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein	+	+	+	+	M
<i>Oblea rotunda</i> (Lebour) Balech ex Sournia	-	-	+	+	O
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abe ex Dodge	+	+	+	+	M
<i>P. cordatum</i> (Ostenfeld) Dodge	+	+	+	+	M
<i>P. micans</i> Ehrenberg	+	+	+	+	M
<i>Prorocentrum</i> sp.	-	+	+	+	M
<i>Peridinium quinquecorne</i> Abe	-	+	-	-	P
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech	-	-	+	-	O
<i>P. depressum</i> (Bailey) Balech	-	+	+	+	O
<i>P. divergens</i> (Ehrenberg) Balech	+	+	+	+	O
<i>P. granii</i> (Ostenfeld) Balech	+	+	+	+	O
<i>P. pallidum</i> (Ostenfeld) Balech	-	-	+	+	P
<i>P. pellucidum</i> Bergh	-	-	+	+	P
<i>P. steinii</i> (Jord.) Balech	+	+	+	+	O
<i>Protoperidinium</i> sp.	+	+	+	+	P
<i>Protoceratium reticulatum</i> (Clap. et Lachm.) Butschli	-	+	-	+	O
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich	+	+	+	+	M
Chrysophyta					
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg	+	+	-	+	P
<i>Dinobryon balticum</i> (Schutt) Lemmermann	-	+	-	-	O
<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay et Mohler	-	+	+	+	M
<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse	-	+	-	+	O
Euglenophyta					
<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer	+	+	+	+	M
<i>Euglena aff globulifera</i> Van Goor	-	-	+	+	P
<i>E. aff pascher</i> Swir	-	+	+	-	P
<i>Euglena</i> sp.	-	-	+	+	P
Chlorophyta					
<i>Ankistrodesmus convolutus</i> Corda	-	+	+	+	P
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	-	+	+	+	P
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson	-	+	+	+	P
<i>Scenedesmus</i> sp.	-	+	+	+	P
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat	-	+	+	-	P
<i>Closterium</i> sp.	+	+	+	-	P
<i>Pterosperma undulatum</i> Ostenfeld	-	+	+	-	P
Cyanophyta					
<i>Lyngbya limnetica</i> Lemm	-	+	+	-	O
<i>Lyngbya</i> sp.	+	+	+	+	O
<i>Oscillatoria</i> sp.	+	+	+	+	M
Cryptophyta					
<i>Plagioselmis punctata</i> Butcher	-	-	+	-	O
<i>P. prolunga</i> Butcher ex Novarino	-	-	+	-	O

* – P – вид редкий; O – обычный; M – массовый

Интенсивное развитие фитопланктона (892 – 6430 тыс. кл. л⁻¹ и 253 – 2194 мг м⁻³) наблюдали с конца февраля по май. Наиболее высокие значения численности и биомассы приходились на апрель – начало мая (6430 – 3597 тыс. кл. л⁻¹ и 2.19 – 2.08 г м⁻³) и были обусловлены обильным развитием мелко- и среднеразмерных видов диатомовых *Skeletonema costatum*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, представителей рода *Chaetoceros*. С конца мая по ноябрь при температуре воды в бухте 13 – 24°C численность фитопланктона снизилась в 36 раз (59 – 221 тыс. кл. л⁻¹), но биомасса вследствие развития крупных видов диатомовых и динофитовых оставалась на высоком уровне (262 – 1270 мг м⁻³). В октябре наблюдали еще один пик биомассы фитопланктона (1.15 – 1.27 г м⁻³), связанный с вегетацией крупноклеточного вида диатомовых *Proboscia alata*. Минимальные величины численности и биомассы (13 – 84 тыс. кл. л⁻¹, 39 – 76 мг м⁻³) отмечены в наиболее холодное время года (конец декабря – середина февраля) при температуре воды 5 – 10°C.

Таким образом, в годовой динамике фитопланктона пики численности и биомассы совпадали с развитием мелких и крупных видов диатомовых водорослей. Средние за период исследований величины численности и биомассы фитопланктона (1121 тыс. кл. л⁻¹ и 0.87 г м⁻³) в районе порта и на западном побережье бухты в 4 и 1.5 раза превышали значения, отмеченные на восточном побережье и в открытом участке бухты (265 тыс. кл. л⁻¹ и 0.61 г м⁻³). Этот факт был связан с обильным развитием в порту и у западного побережья бухты мелкоклеточных видов диатомовых (в основном *S. costatum*, *P. pseudodelicatissima*), наиболее требовательных к биогенной насыщенности вод, и указывал на высокий уровень эвтрофикации этих акваторий. В период наиболее интенсивного развития фитопланктона (апрель – начало мая) численность диатомовых водорослей в районе порта и на западном побережье (4461 – 7484 тыс. кл. л⁻¹) была в 2.5 – 20 раз

выше, чем на остальной исследуемой акватории бухты (229 – 3144 тыс. кл. л⁻¹).

Доминирующими на протяжении всего периода исследований были диатомовые водоросли, в среднем они формировали основную компоненту численности (75 %) и биомассы (67 %) фитопланктона (рис. 2). В формировании общей численности значение диатомовых водорослей возрастало с февраля по май (77 – 99 %), биомассы – в весенний (конец февраля – май) и осенний (сентябрь – ноябрь) периоды (75 – 96 %). Доля динофитовых была высока только в общих значениях биомассы – 29 %, по численности они не превышали 8 %. Значительную часть численности (14 – 25 %) и основную компоненту (33 – 70 %) биомассы фитопланктона эти водоросли формировали летом (конец мая – июль) и зимой (декабрь – февраль). На долю других отделов приходилось не более 17 % от общей численности и 4 % биомассы. В тёплый период года (июль – октябрь) значительное развитие получили золотистые водоросли, они составили 11 – 26 % общей плотности фитопланктона. В период наименьшего обилия фитопланктона в бухте (август – декабрь) сине-зелёные водоросли формировали 12 – 46 % общей численности.

Сезонная динамика диатомовых водорослей. С февраля по апрель среди диатомовых доминировала *S. costatum* (78 – 93 % от общей численности и 47 – 77 % биомассы) (рис. 3). В феврале наряду с ней отмечены *Chaetoceros curvisetus*, *C. insignis*, *C. socialis*, *C. subtilis*, *C. compressus*, *Nitzschia tenuirostris*, *Thalassionema nitzschiioides*, *Thalassiosira* sp., составлявшие в сумме 4 – 12 % общей численности фитопланктона. В марте обильное развитие (11 % численности и 5 % биомассы) отмечено среди временно планктонных видов водорослей *Licmophora ehrenbergii*, *L. flabellata*, *Licmophora* sp., *Melosira moniliformis*, *Navicula pennata*, вероятно, поднятых в верхние горизонты воды во время ветровой конвекции.

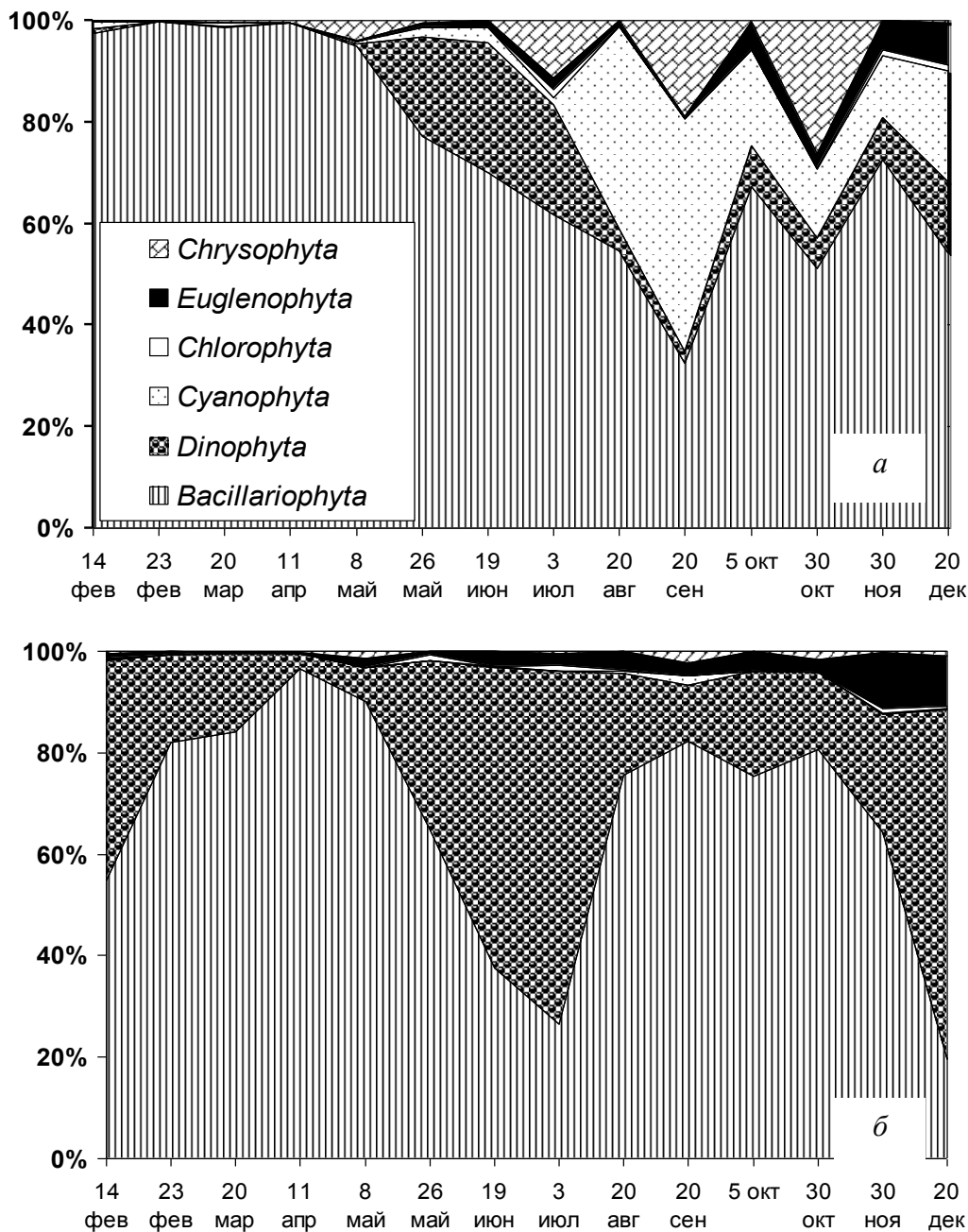
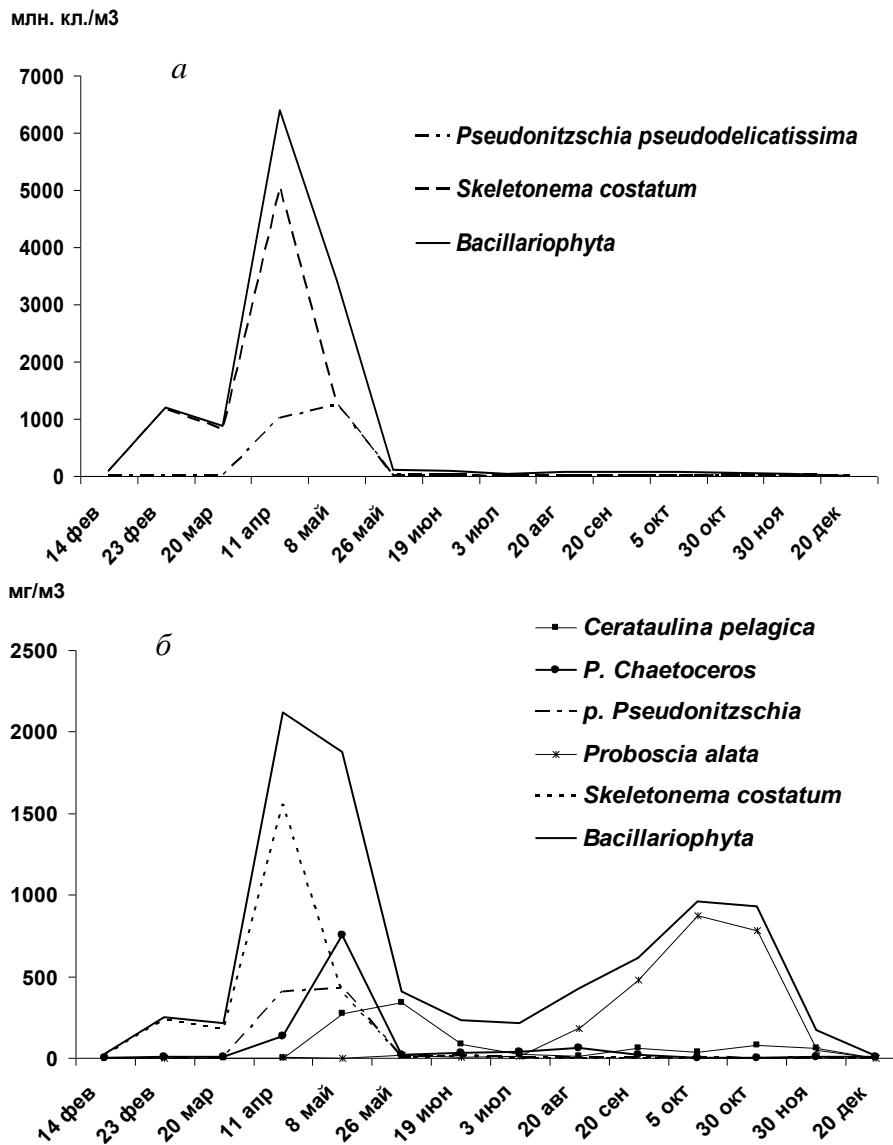


Рис. 2 Сезонная динамика процентного соотношения численности (а) и биомассы (б) основных отделов фитопланктона в акватории Новороссийской бухты в 2007 г.

Fig. 2 Seasonal dynamics of percentage of abundance (a) and biomass (b) of the basic departments of the phytoplankton of Novorossiysk Bay in 2007

В апреле на уровне субдоминант (20 % численности и 22 % биомассы) развивались *Chaetoceros curvisetus*, *C. socialis*, *Chaeticeros* sp., *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*. В начале мая в фитопланктоне произошло снижение доли *S. costatum* (34 % от численности и 19 % биомассы), повысилась роль других видов диатомовых – *P. pseudodelicatissima* (35 % численности и 20 % биомассы), рода *Chaetoceros*

(20 и 36 % соответственно), *Cerataulina pelagica* (13 % биомассы). В конце мая *C. pelagica* стала основным доминирующим видом (48 % общей численности и 54 % биомассы), на уровне субдоминант развивались *T. nitzschioides*, *P. pseudodelicatissima*, *C. curvisetus*. В это время завершился период интенсивной вегетации *S. costatum*, вид формировал не более 1 % общей численности фитопланктона.



В летний период (июнь – июль) доминировал комплекс видов: *C. pelagica*, *T. nitzschioides*, *S. costatum*, *P. pseudodelicatissima*, *Pseudonitzschia* sp., *C. curvisetus*, *C. affinis*, *Chaetoceros* sp., доля каждого из них в среднем составляла от 4 до 15 % численности фитопланктона. Основную компоненту (28 %) биомассы формировали как многочисленные некрупные виды диатомовых – *C. pelagica*, *C. curvisetus*, *T. nitzschioides*, так и редкие крупноклеточные – *Pseudosolenia calcar-avis*.

Рис. 3 Сезонная динамика численности (а) и биомассы (б) доминировавших на акватории Новороссийской бухты диатомовых водорослей
 Fig. 3 Seasonal dynamics of abundance (a) and biomass (b) of the dominant Bacillariophyta in the Novorossiysk Bay

В августе в значительном количестве развивались *Chaetoceros compressus*, *C. affinis*, *Leptocylindrus danicus*, *P. pseudodelicatissima*, *P. calcar-avis* и *Proboscia alata* (42 % численности и 54 % биомассы фитопланктона). С сентября по ноябрь в бухте доминировал *P. alata* (в среднем 25 % от общей численности и 67 % биомассы). С развитием этого относительно крупного вида водорослей был связан второй пик биомассы фитопланктона, отмеченный в октябре (1.15 – 1.27 г м⁻³). На уровне субдоминант в это время развивались *P. pseudodelicatissima*, *Thalassiosira* sp., *C. compressus*, *C. pelagica*, *S. costatum*, формировавшие в сум-

ме 17 % обилия и 10 % биомассы фитопланктона. В ноябре – декабре на фоне общего снижения количественных величин планктонных водорослей вновь доминировала *S. costatum* – 20 % численности; возросла роль эвритермных видов: *C. affinis*, *T. nitzschioides*, *N. tenuirostris*, *Pleurosigma elongatum* – 36 % общей численности и 15 % биомассы. Значительную часть (15 %) биомассы фитопланктона в этот период формировали крупноклеточные виды диатомовых *P. calcar-avis* и *P. alata*. Сезонная динамика динофитовых водорослей. Максимальное обилие динофитовых (14 – 34 тыс. кл. л⁻¹ и 139 – 559 мг м⁻³) прихо-

дилось на период завершения интенсивного развития диатомовых водорослей (май – июль), в это время они формировали до 25 % общей численности и до 70 % биомассы фитопланктона. Как известно, значение Dinophyta в усвоении мёртвого органического вещества «угасающего цветения» очень высоко и сравнимо с ролью планктонных инфузорий [14]. Высокие значения биомассы (113 – 264 мг м⁻³) этого отдела водорослей в Новороссийской бухте отмечали также с августа по октябрь. В холодное время года, с ноября по апрель, их биомасса была минимальной 17 – 67 мг м⁻³. Повышение относительной доли (≥50 %) динофитовых в общих значениях биомассы было заметно в

зимний период (декабрь, февраль) на фоне низкого количественного развития фитопланктона.

На протяжении всего периода исследований максимальное развитие получили *Prorocentrum cordatum*, *P. compressum*, *P. micans*, *Scrippsiella trochoidea*, *Heterocapsa triquetra*, виды родов *Gymnodinium* и *Gyrodinium*, составившие 94 % среднегодовых значений численности динофитовых водорослей (рис. 4). Основная компонента (85 %) биомассы отдела была сформирована представителями родов *Ceratium*, *Prorocentrum*, *Protoperidinium* и *Gyrodinium*.

В ранневесеннее время года (февраль – апрель) наиболее многочисленными были *H. triquetra*, *P. cordatum*, *P. micans*, *S. trochoidea*, *Protoceratium reticulatum* – в сумме 62 % численности отдела. На уровне субдоминант развивались *Gyrodinium fusiforme*, виды родов *Gonyaulax*, *Glenodinium*, *Gymnodinium*; составившие 12 % численности отдела.

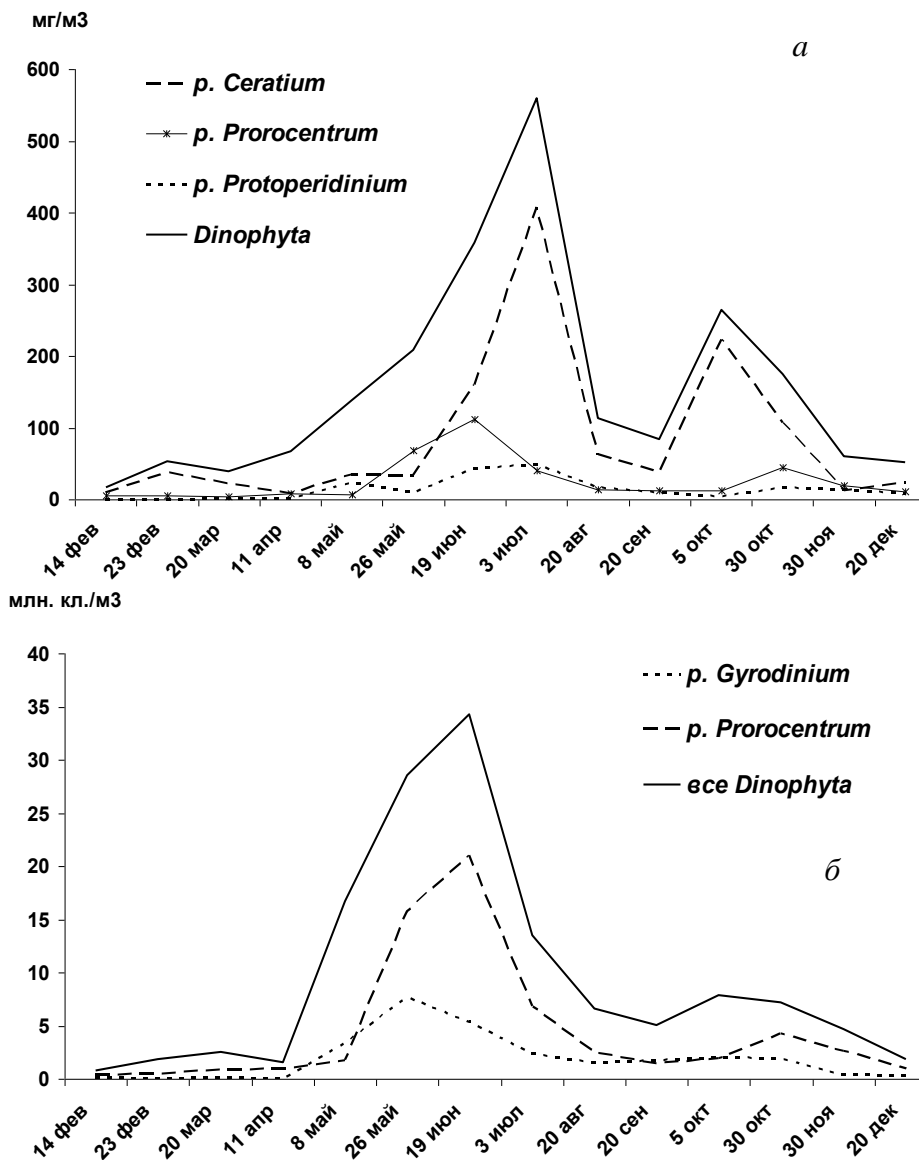


Рис. 4 Сезонная динамика численности (а) и биомассы (б) доминировавших на акватории Новороссийской бухты динофитовых водорослей.

Fig. 4 Seasonal dynamics of abundance (a) and biomass (b) of the dominant Dinophyta in the Novorossiysk Bay

Основную компоненту (86 %) биомассы отдела формировали крупноклеточные виды *Ceratium fusus*, *C. tripos*, *P. reticulatum*, а также *P. micans* – один из наиболее многочисленных в этот период. Начало интенсивной вегетации динофитовых отмечали в начале мая (17 тыс. кл. л⁻¹ и 139 мг м⁻³), когда в планктоне доминировала *H. triquetra* и представители рода *Gyrodinium*, составившие 64 % численности и 25 % биомассы отдела. Подавляющую часть (50 %) биомассы формировали *C. furca*, *C. fusus*, *P. reticulatum*, *Protoperdinium depressum*.

В тёплое время года (конец мая – начало октября) доминировали *G. fusiforme* и *P. cordatum* – 18 и 26 % численности отдела. Доля *H. triquetra*, *P. compressum*, *P. micans*, родов *Gymnodinium* и *Gyrodinium* в сумме не превышала 30 % от численности и 20 % биомассы. В формировании биомассы (65 %) динофитовых повышалась роль крупноклеточных видов: *C. fusus*, *C. furca*, *C. tripos*, *Protoperdinium granii*, *P. depressum*, *P. crassipes*, *P. divergens*, *P. steinii*.

В осенне-зимний период (конец октября – декабрь) вновь интенсивно вегетировали мелкоклеточные *G. fusiforme*, *P. cordatum*, *P. micans*, *P. compressum* – 69 % численности и 28 % биомассы отдела. На уровне субдоминант развивались виды *Gymnodinium* – 10 % численности; ранее доминировавший *H. triquetra* исчез. Основную компоненту (68 %) биомассы формировали *C. furca*, *C. fusus*, *P. depressum*, *P. micans*.

Другие отделы. Максимальное развитие сине-зелёных родов *Lyngbia*, *Oscillatoria* (до 16 – 101 тыс. кл. л⁻¹) отмечали весной (май) и в летне-осенний период (август – конец октября), когда они формировали до 46 % общей численности фитопланктона порта. Биомасса этих водорослей вследствие небольших размеров их клеток не превышала 14 мг м⁻³. Среди эвгленовых на протяжении всего периода исследований интенсивно развивалась *Eutreptia lanowii* (2.4 тыс. кл. л⁻¹, 15.3 мг м⁻³), обилие которой в акватории порта в 2 раза превышало величины,

отмеченные в других участках бухты. Надо отметить, что вследствие повышения антропогенной нагрузки на побережье Чёрного моря значение *E. lanowii* в планктоне прибрежных акваторий в последние годы значительно возросло [8]. Представители зелёных водорослей родов *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus*, *Monoraphidium*, *Closterium*, *Pterosperma* встречались эпизодически и в небольшом количестве (в среднем 0.22 тыс. кл. л⁻¹ и 1.4 мг м⁻³).

Наибольшее развитие среди золотистых водорослей в апреле – мае отмечали у *Dinobryon balticum* (22.5 – 137.5 тыс. кл. л⁻¹). Летом (июль) и осенью (сентябрь, октябрь) в открытой части Новороссийской бухты повышалась роль нанопланктонного вида *Emiliania huxleyi* (7–31 тыс. кл. л⁻¹), интенсивная вегетация которого в этом районе неоднократно отмечалась нами и ранее [16]. В 2007 г. в планктоне бухты была зарегистрирована высокая численность клеток другого вида золотистых водорослей *Dictyocha speculum* (11 тыс. кл. л⁻¹), который предпочитал открытую часть бухты. В предыдущие годы этот вид развивался в значительно меньшем количестве (35 кл. л⁻¹) [16].

Обсуждение. Исследования показали, что уровень развития фитопланктона в Новороссийской бухте достаточно высок: средние значения численности и биомассы составили 943 тыс. кл. л⁻¹ и 784 мг м⁻³. Как и в предыдущие годы, сезонная динамика планктона Новороссийской бухты соответствовала общей для северо-восточной части Чёрного моря схеме [4]. Осенние и весенние вспышки были обусловлены массовым развитием диатомовых водорослей: весной – *S. costatum* (93 % от общей численности и 77 % биомассы), осенью – *P. alata* (до 69 % биомассы). На уровне субдоминант в течение года развивались *P. pseudodelicatissima*, *C. pelagica*, *C. curvisetus*, *C. socialis*, *T. nitzschoides* и др. В мае – июле по мере уменьшения численности диатомовых, в планктоне существенно повышалась роль динофитовых водорослей – 22 % общей числен-

ности и 56 % биомассы фитопланктона. Высокий уровень эвтрофикации вод порта и западного побережья бухты, возникший в результате выпуска городских сточных вод, способствовал более интенсивному развитию в их акватории мезосапробных видов эвгленовых и сине-зелёных водорослей. Общее обилие фитопланктона в этих районах, как и в прошлые годы, было в 1.5 – 4 раза выше, чем в открытой части бухты.

В последние десятилетия динофитовые стали доминирующим компонентом фитопланктона северо-западной части моря, всё чаще становясь причиной наблюдаемых в этом районе «цветений» воды. Так, в сентябре 2000 г. в акватории Одесского порта была зафиксирована вспышка развития токсичного вида *Akashiwo sanguinea* (Hirasaka) G. Hansen et Moestrup (678 тыс. кл. л⁻¹ и 55.3 г м⁻³), составившего 79 % численности и 96 % биомассы фитопланктона [14]. В августе того же года «цветение» вызвал *Gymnodinium simplex* (250 млн. кл. л⁻¹). В июне и августе 1998 г. после «цветения» диатомовых в планктоне Одесского порта доминировали *Gyrodinium cornutum* (Pouchet) Kofoid & Swezy и *Polykrikos schwartzii* Bütschli, составившие до 95 % биомассы фитопланктона. В Днепро-Бугском районе неоднократно наблюдались «красные при-

ливы», спровоцированные мощной вспышкой развития *P. cordatum* и *P. compressum* [9].

В отличие от северо-западного района моря в Новороссийской бухте, также как и в Севастопольской, доминирующими были Bacillariophyta, составившие основу численности (75 %) и биомассы (67 %) фитопланктона [5]. Относительная доля динофитовых в общих значениях биомассы возрастала летом – в период их максимального обилия, и зимой – на фоне завершения интенсивной вегетации фитопланктона. Таким образом, развитие динофитовых в акватории Новороссийской бухты, как и в целом в северо-восточной части Чёрного моря в 2007 г. не достигало силы «цветения воды». Однако уже в марте 2008 г. в акватории бухты был отмечен «красный прилив», спровоцированный развитием потенциально токсичного вида динофитовых *S. trochoidea*, что вызывает обоснованную тревогу повторения этого инцидента [17].

Благодарности. Выражаю благодарность Начальнику Администрации морского порта Новороссийск Ерыгину В.В. и начальнику отдела экологии АМПН Бердникову В.С. за оказанное содействие в отборе проб, с.н.с. ЮНЦ РАН Ковалевой Г.В. за ценные замечания и помощь в подготовке статьи.

1. Брянцева Ю. В., Лях А. М., Сергеева А. В. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря. Севастополь, 2005. – 25 с. (Препринт / НАН Украины, Институт биологии южных морей).
2. Иванов И. А. Характеристика качественного состава фитопланктона Черного моря. Исследования планктона Черного и Азовского морей. – Киев: Наук. думка, 1965. – С. 16–36.
3. Кольцова Т. Н., Лихачева Н. Е., Федоров В. Д. О количественной обработке проб фитопланктона // Биол. науки. – 1979. – № 6. – С. 96 – 100.
4. Кузьмина И. А. Сезонные изменения фитопланктона Новороссийской бухты Черного моря // Рыбохоз. исслед. Планктона. Ч. 1. Океан. Краевые моря. – М.: ВНИРО, 1991. – С. 80 – 87.
5. Лопухина О. А., Манжос Л. А. Фитопланктон Севастопольской бухты (Черное море) в теплый и холодный периоды 2001-2002 гг. // Экология моря. – 2005. – Вып. 69. – С. 25 – 30.
6. Луговая И. М., Болгова Л. В. Фитопланктон акватории порта Новороссийской бухты как показатель состояния экосистемы // Состояние экосистем шельфовой зоны Черного и Азовского морей в условиях антропогенного воздействия. – Краснодар: КубГУ, 2011. – С. 100 – 108.
7. Михайловская З. Н. Фитопланктон Новороссийской бухты и его вертикальное распределение // Тр. Новорос. биост. – 1936. – 2, 1. – С. 37 – 54.
8. Нестерова Д. А. Размерная структура фитопланктона западной части Черного моря в летний период // Океанология. – 1986. 36, Вып. 3. – С. 474 – 479.
9. Нестерова Д. А. «Цветение» воды в северо-западной части Черного моря (обзор) // Альгология. – 2001. – 11, № 4. – С. 502 – 513.

10. Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. – Ботанический ин-т им. В.Л.Комарова, 1963. – 216 с.
11. Селифонова Ж. П., Якушев Е. В., Часовников В. К., Ясакова О. Н., Антипова Е. А. Планктон Новороссийской бухты Черного моря в июле 2005 г.: таксономический состав, биомасса и их связь с гидрохимической структурой вод // Эко-системные исследования Азовского, Черного, Каспийского морей. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006. – 8. – С. 90 – 103.
12. Сеничкина Л. Г. К методике вычисления объемов клеток планктонных водорослей // Гидробиол. журн – 1978. – 14, 5. – С. 102 – 106.
13. Сеничкина Л. Г. Численность и видовой состав фитопланктона Новороссийской бухты (август 1997, август 2001 гг.) // Геоэкологические исследования и охрана недр: Информ. сборн. – М.: Геоинформцентр, 2002. – Вып. 2. – С. 50 – 57.
14. Теренько Л. М. Трофическая структура динофлагеллят прибрежной зоны Черного моря / Проблемы динамики экосистем Азовского моря и Керченского пролива: Тез докл. Межд. научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: Изд. ЮНЦ РАН, 2004. – С. 92 – 94.
15. Ясакова О. Н. Многолетние исследования фитопланктона Новороссийской бухты Черного моря. // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата: тез. докл. межд. симпозиума (г. Астрахань 18 – 20 апреля 2007 г.) – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. – С. 100–102.
16. Ясакова О. Н. Новые виды в составе фитопланктона северо-восточной части Черного моря // Российский журнал биологических инвазий. – 2010. – №4. – С. 90 – 97.
17. Ясакова О. Н., Бердников В. С. Необычное цветение воды в результате массового развития динофитовой водоросли *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Balech в акватории Новороссийской бухты в марте 2008 г. // Морск. экол. журн. – 2008. 7, 4. – С. 98.
18. Dodge J. D. Marine Dinoflagellates of the British Island. – London: HMSO, 1982. – 301 pp.
19. Tomas C. (ed.). Identifying marine phytoplankton. San Diego, CA. Acad. Press. Harcourt Brace Company. 1997. – 821 pp.

Поступила 06 февраля 2012 г.
После доработки 18 октября 2012 г.

Річна динаміка фітопланктону в Новоросійській бухті в 2007 р. О. Н.Ясакова. Досліджено сезонна динаміка якісного складу та кількісного розвитку фітопланктону Новоросійської бухти, проведених з лютого по грудень 2007 року. Встановлено, що в районі рейду видова різноманітність планктонних водоростей (90 видів) в 1.5 рази вище, чим у порту. Встановлене весняний пік кількості (6.43 млн. кл. л⁻¹) та два піка біомаси (2.14 і 1.22 г м⁻³) фітопланктону, які були викликані розвитком діатомових водоростей. Весняний пік кількості та біомаси утворив дрібноклітинний вид *Skeletonema costatum*, осінній пік біомаси – крупноклітинний *Proboscia alata*. Найвища кількість планктонних водоростей встановлена на акваторії порту та у виходу стічних вод біля західного узбережжя бухти (1.12 млн. кл. л⁻¹ і 0.87 г м⁻³). На східному узбережжі та в районі рейду кількість і біомаса фітопланктону в 4 та 1.5 рази нижче.

Ключові слова: кількість і біомаса фітопланктону, Новоросійська бухта, Чорне море

The annual dynamics of the phytoplankton in the Novorossiysk bay in 2007. O. N. Yasakova. The seasonal dynamics of qualitative structure and quantitative development of the phytoplankton in the Novorossiysk bay were studied from February till December, 2007. The greatest species number (90) has been registered in the open parts of the bay. Peak of the abundance (6.43 mln. cell l⁻¹) of phytoplankton and two peaks (2.14 and 1.22 g m⁻³) of the biomass were fixed, caused by development Bacillariophyta. The spring peak of the abundance and the biomass has been formed by *Skeletonema costatum*, autumn peak of the biomass – by *Proboscia alata*. The maximal abundance and biomass of planktonic algae have been registered in the port area and local zones of the western coast of bay (1.12 mln. cell l⁻¹ and 0.87 g m⁻³). The abundance and biomass of phytoplankton near east coast and in the open parts of bay were lower in 4 and 1.5 times.

Key words: abundance and biomass of phytoplankton, Novorossiysk bay, Black Sea