

ФИТОПЛАНКТОН НОВОРОССИЙСКОЙ БУХТЫ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ЧЕРНОГО МОРЯ) В РАЗНЫЕ СЕЗОНЫ 2021 г.

О.Н. Ясакова

Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН,
г. Ростов-на-Дону
yasak71@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования таксономического состава, численности и биомассы фитопланктона в трех экологически разнородных районах Новороссийской бухты (Черное море): порт, средняя часть и открытая часть в период с февраля по декабрь 2021 г. В составе фитопланктона было обнаружено 83 вида водорослей из 9 классов: Bacillariophyceae, Dinophyceae, Prymnesiophyceae, Euglenophyceae, Cryptophyceae, Chlorophyceae, Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Cyanophyceae, что несколько превышало показатели 2020 г. (74 вида). Максимальное видовое разнообразие (36–37 видов) отмечали в марте и в мае, минимальное (20 видов) – в октябре, в другое время количество видов варьировало от 25 до 29. Наиболее высокие величины численности планктонных водорослей (в среднем по бухте 1353 тыс. кл./л) зарегистрированы в марте и были связаны с развитием диатомовых водорослей (*Proboscia alata*, *Pseudo-nitzschia seriata*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* и *Skeletonema costatum*). Самые высокие величины биомассы (в среднем по бухте 2600 мг/м³) отмечены в июне вследствие обилия в планктоне диатомовой *Cerataulina pelagica*. Наиболее высокие величины количественного развития планктонных водорослей (в среднем за период исследования 656 тыс. кл./л и 1639 мг/м³) зарегистрированы в акватории порта. Они в 2 раза превышали средние величины, отмеченные в акватории порта в 2020 г. (325 тыс. кл./л и 783 мг/м³) и в 1,2–2,1 раза превышали значения численности и биомассы, отмеченные в средней (527 тыс. кл./л и 904 мг/м³) и открытой частях бухты (397 тыс. кл./л и 773 мг/м³) в 2021 г.

Ключевые слова: Таксономический состав, численность и биомасса фитопланктона, порт, средняя часть и открытая часть Новороссийской бухты, Черное море.

Новороссийский порт – крупнейший порт северо-восточной части Черного моря – в наибольшей степени подвержен антропогенному воздействию [1]. В акватории порта всё чаще наблюдаются случаи «цветения воды», находящиеся в непосредственной зависимости от поступления в прибрежную полосу моря авто- и аллохтонной органики [2, 3].

Цель работы – исследовать сезонные изменения таксономического состава, численности и биомассы фитопланктона как в акватории порта Новороссийск, так и за его пределами, в открытом районе Новороссийской бухты в разные сезоны 2021 г.

Материалы и методы. Пробы фитопланктона (объемом 1–1,5 л) отбирали с поверхностного слоя моря в трех отличающихся по уровню антропогенного воздействия районах Новороссийской бухты: порт, средняя часть и открытая часть. Пробы отбирали с борта маломерных судов ФГБУ «АМП ЧМ» в период с февраля по декабрь 2021 г., фиксируя

ли раствором Люголя до конечной концентрации 5 %, дубликат проб (объемом 0,5 л) – раствором формалина до конечной концентрации 1–2 %; через 2–3 недели сгущали методом осаждения [4–6]. Клетки фитопланктона просматривали в счетной камере Нажотта при увеличении × 200, × 400. Биомассу водорослей оценивали объемным методом, используя оригинальные и литературные данные измерений объема клеток для каждого вида [7]. При идентификации видов использовали общепринятые руководства [8–11].

Для оценки сходства таксономического состава микроводорослевых сообществ в исследуемой акватории моря в разные годы использовали коэффициент Серенсена – Чекановского, Дайса и пр. [12, 13]:

$$C_s = \frac{2C}{(A+B)} \times 100\% ,$$

где *A*, *B* – общее число видов, зарегистрированных в сравниваемых пробах; *C* – количество форм, общих для двух сравниваемых проб.

Результаты исследования

I. Таксономический состав. В период февраль – декабрь 2021 г. в составе фитопланктона Новороссийской бухты было обнаружено 82 вида водорослей из 9 классов: Bacillariophyceae, Dinophyceae, Prymnesiophyceae, Euglenophyceae, Cryptophyceae, Chlorophyceae, Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Cyanophyceae, что несколько превышало показатели 2020 г. (74 вида) (табл. 1). Коэффициент общности видов между двумя годами составил 76 % [14]. В 2021 г. во всем районе исследования наиболее широко представлены были диатомовые (28 видов) и динофитовые водоросли (45 видов), другие классы были представлены одним-двумя видами. Максимальное видовое разнообразие (36–37 видов) отмечали в марте и в мае, минимальное (20 видов) – в октябре, в другое время количество видов варьировало от 25 до 29. Три вида впервые были отмечены в планктоне Новороссийской бухты: диатомовая *Cerataulina dentata* и динофитовые: *Protoperidinium persicum*, *Ceratium lineatum*.

Таблица 1. Видовой состав фитопланктона в акватории Новороссийской бухты в разные сезоны 2021 г.

Таксоны водорослей / месяц исследования	II	III	IV	V	VI	IX	X	XII
Bacillariophyceae								
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	–	–	–	–	+	+	–	+
<i>Cerataulina dentata</i> * Hasle in Hasle & Syvertsen	–	–	–	–	–	+	–	–
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendeby	–	+	+	+	+	+	–	+
<i>Chaetoceros</i> sp.	+	+	+	–	–	+	–	–
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	+	–	–	–	–	+	+	+
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder	+	–	–	+	–	–	–	–
<i>Chaetoceros curvisetus</i> P.T. Cleve	+	+	–	+	+	+	–	+
<i>Chaetoceros danicus</i> P.T. Cleve	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Chaetoceros diversus</i> P.T. Cleve	–	–	–	–	–	+	–	–
<i>Chaetoceros insignis</i> Proshkina-Lavrenko	–	–	–	–	+	–	–	–
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell	–	–	–	–	–	+	–	–
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostefeld	–	–	–	–	+	–	–	–
<i>Chaetoceros subtilis</i> P.T. Cleve	–	+	–	+	–	–	–	–
<i>Chaetoceros socialis</i> H.S. Lauder	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Chaetoceros scabrosus</i> Proshkina-Lavrenko	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran	–	–	–	–	–	+	–	–
<i>Coscinodiscus</i> sp.	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	–	–	–	+	+	–	–	–
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow	+	–	–	–	–	+	–	+
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran	–	–	+	–	+	+	–	–
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	+	–	–	+	+	+	–	–
<i>Licmophora</i> sp.	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mer.	+	–	–	–	–	+	+	+
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith	+	–	–	–	–	–	+	+
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström	+	+	+	+	+	+	+	–
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G. Sundström	+	+	–	–	–	–	–	–
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) H. Peragallo (complex)	+	+	+	+	+	+	–	–
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle (complex)	+	+	+	–	+	–	–	–
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	+	+	–	+	–	+	–	–
<i>Petrodictyon gemma</i> (Ehrenberg) D.G. Mann in Round et al.	–	–	–	–	–	–	–	+

Продолжение таблицы 1

Таксоны водорослей / месяц исследования	II	III	IV	V	VI	IX	X	XII
<i>Thalassiosira</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	+	+	+	+	+	+	+	+
Dinophyceae								
<i>Amphidinium cf. operculatum</i> Claparède & Lachmann	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Ceratium tripos</i> (O.F. Müller) Nitzsch	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratium lineatum</i> * (Ehrenberg) P.T. Cleve	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh	-	+	+	+	-	-	+	-
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg	-	+	+	-	+	-	-	-
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard, 1924	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Dinophysis rotundata</i> Claparède & Lachmann	-	+	+	+	-	-	+	+
<i>Dinophysis sacculus</i> F.Stein	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Ensiculifera carinata</i> Matsuoka, Kobayashi & Gains	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Glenodinium</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gonyaulax digitalis</i> (C.H.G. Pouchet) Kofoid	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing	+	-	+	+	-	+	-	+
<i>Gonyaulax polygramma</i> F. Stein	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Gonyaulax verior</i> Sournia	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Gymnodinium simplex</i> (Lohmann) Kofoid & Swezy	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Lessardia elongate</i> Saldarriaga & F.J.R. Taylor	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Gyrodinium fusus</i> (Meunier) Akselman	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Gyrodinium pingue</i> (Schütt) Kofoid & Swezy	-	+	+	+	+	-	-	-
<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid & Swezy	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Gyrodinium</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) F. Stein	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Katodinium glaucum</i> (Lebour) Loeblich III	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) G. Hansen	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Lingulodinium polyedra</i> (F. Stein) J.D. Dodge	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Oblea rotunda</i> (Lebour) Balech ex Sournia	-	+	-	+	+	-	+	-
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D. Dodge	-	+	+	+	+	-	+	+
<i>Prorocentrum compressum</i> (J.W. Bailey) T.H. Abé ex J.D. Dodge	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) J. Schiller	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium compressum</i> (Abe) Balech	-	+	-	-	-	-	+	-
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech	-	+	+	-	-	+	-	-
<i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech	-	-	+	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1

Таксоны водорослей / месяц исследования	II	III	IV	V	VI	IX	X	XII
<i>Protoperidinium longispinum</i> (Kofoid, 1907) Balech	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium oblongum</i> (Aurivillius) Parke & Dodge	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh	-	+	-	-	-	+	-	-
<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen, 1899) Balech	-	+	+	+	-	+	+	+
<i>Protoperidinium subinermis</i> (Paulsen) Loeblich III	-	+	+	+	+	-	-	-
<i>Protoperidinium persicum</i> * Schiller	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Protoperidinium</i> spp.	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy	+	-	-	+	-	-	-	-
<i>Polykrikos kofoidii</i> Chatton	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann	+	+	+	+	-	-	-	-
Chlorophyceae								
cf. <i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Proschkina-Lavrenko	-	-	-	+	-	-	-	-
Dictyochophyceae								
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse	-	-	-	-	-	-	-	+
Chrysophyceae								
<i>Dinobryon balticum</i> (Schutt) Lemmermann	-	-	-	+	-	-	-	-
Euglenophyceae								
<i>Euglena pascheri</i> Swirencio	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer	-	-	-	+	-	-	-	+
Prymnesiophyceae								
<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) W.W. Hay & H.P. Mohler in W.W. Hay	+	+	+	+	-	-	+	+
Cryptophyceae								
<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex G. Novarino, I.A.N. Lucas & S. Morrall	+	-	-	-	-	-	-	-
Суанопhyceae								
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková- Legnerová & Cronberg	-	-	-	-	-	+	-	+

Примечание: «+» – наличие вида, «-» – отсутствие вида, * – вид впервые отмечен в указанном источнике.

II. Величины количественного развития микроводорослей. В акватории порта зарегистрированы наиболее высокие величины количественного развития планктонных водорослей (в среднем за период исследования 656 тыс. кл./л и 1639 мг/м³). Они в 2 раза превышали средние величины, отмеченные в акватории порта в 2020 г. (325 тыс. кл./л и 783 мг/м³) [14]. Эти значения также в 1,2 и 1,8 раза превышали значения

численности и биомассы, отмеченные в средней части бухты в 2021 г. (527 тыс. кл./л и 904 мг/м³); в 1,6 и 2,1 раза – величины открытого района моря (397 тыс. кл./л и 773 мг/м³) (рис. 1).

Пик обилия фитопланктона в порту (на уровне цветения воды) отмечали в марте и июне (1231 и 2214 тыс. кл./л), в другие месяцы значения численности были существенно ниже и изменялись от 15 тыс. кл./л (октябрь) до 670 тыс. кл./л (апрель).

Максимальные величины биомассы (6700 мг/м³) также приходились на июнь и были чуть выше максимальных величин, отмеченных в мае 2021 г. (6175 мг/м³). В другое время значения биомассы варьировали от 27 мг/м³ (декабрь) до 2406 мг/м³ (сентябрь) (рис. 2).

В *средней части* бухты высокие значения численности отмечали в марте (1806 тыс. кл./л),

в другое время эти показатели были значительно ниже и изменялись от 11 тыс. кл./л (декабрь) до 857 тыс. кл./л (сентябрь). Пики биомассы (на уровне цветения воды) были зафиксированы в сентябре, марте и мае (2424; 1847 и 1577 мг/м³ соответственно). В остальное время величины биомассы варьировали от 14 мг/м³ (декабрь) до 798 мг/м³ (апрель) (рис. 3).

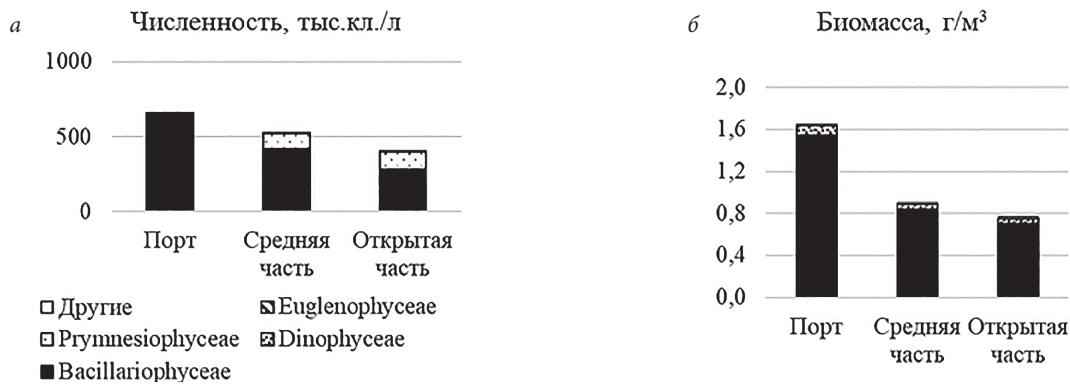


Рис. 1. Распределение средних за период исследования величин численности (а) и биомассы (б) фитопланктона в трех районах Новоросийской бухты в 2021 г.

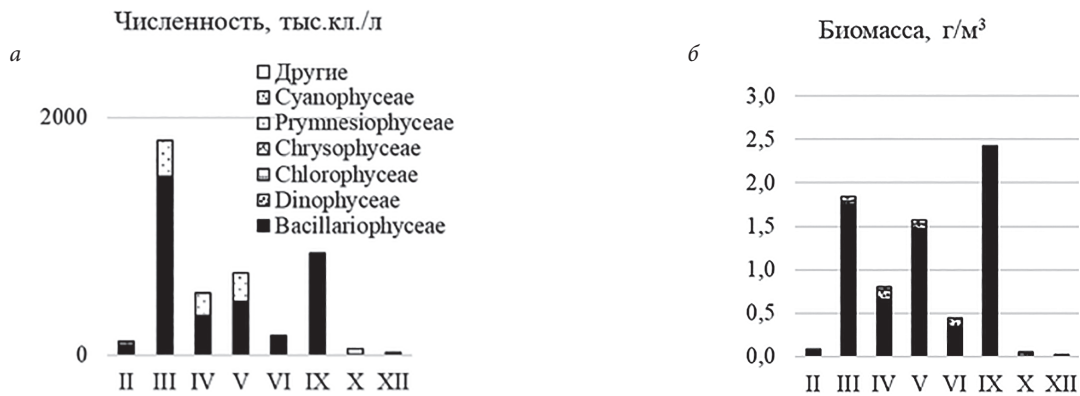


Рис. 2. Динамика величин численности (а) и биомассы (б) фитопланктона в акватории порта Новоросийск в разные сезоны 2021 г.

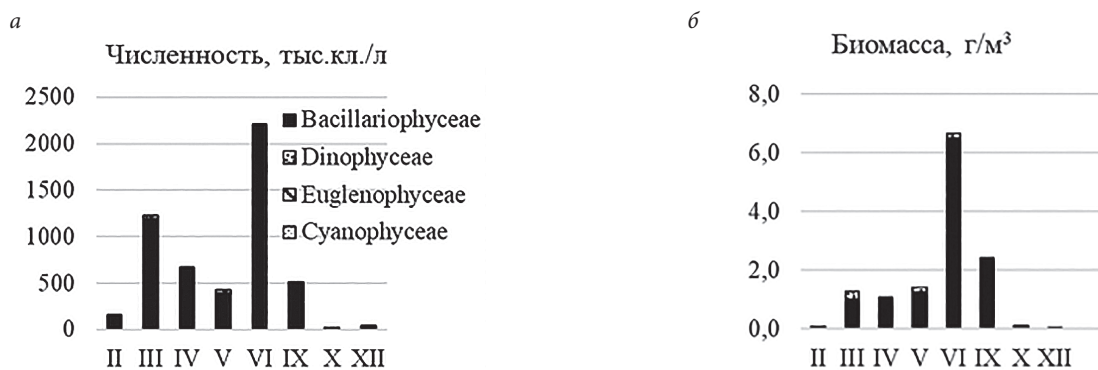


Рис. 3. Динамика величин численности (а) и биомассы (б) фитопланктона в средней части Новоросийской бухты в разные сезоны 2021 г.

В открытой части бухты высокие значения численности отмечали с марта по май (662–1022 тыс. кл./л), в другие месяцы эти показатели были значительно ниже и изменялись в пределах 47 тыс. кл./л (декабрь) 338 тыс. кл./л (сентябрь). Пик биомассы зафиксирован в марте (2203 мг/м³), высокие значения биомассы были отмечены также с апреля по сентябрь (685–1255 мг/м³). В холодное время года (февраль, октябрь, декабрь) значения биомассы были минимальными (33–103 мг/м³) (рис. 4).

Таким образом, высокие величины численности (596–1353 тыс. кл./л) и биомассы (972–2600 мг/м³) фитопланктона в среднем по Новороссийской бухте отмечали с начала по конец интенсивного вегетационного сезона (март – сентябрь) и в основном приходились на теплый период года ($T_{\text{воды}} = 12\text{--}27\text{ }^{\circ}\text{C}$) (<https://pogoda.turtella.ru/>). С конца октября и в зимние месяцы (февраль, декабрь) наблюдалось завершение интенсивной вегетации планктонных водорослей, связанное со снижением величин солнечной активности и температуры поверхности моря ($T_{\text{воды}} = 8\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$). Уровень обилия фитопланктона в это время был минимальным (30–117 тыс. кл./л и 25–85 мг/м³).

Таким образом, средние величины численности (804 тыс. кл./л), наблюдавшиеся в теплое время (март – сентябрь) в 12 раз, а биомассы (1733 мг/м³) в 29 раз превышали средние значения, отмеченные в холодный период года (февраль, октябрь, декабрь) (рис. 5).

III. Сезонная динамика доминирующих видов фитопланктона

ЗИМА. В феврале доминировал бореальный вид диатомовых *Skeletonema costatum*, составивший в среднем по бухте 65 % общей численности; на уровне субдоминант за пределами порта развивался мелкий вид примнезиевых – *Emiliana huxleyi* (более 20 % общей численности). Основу (60 + 17 %) биомассы фитопланктона вследствие более крупных размеров клеток формировали диатомовые *Chaetoceros curvisetus*, *Ditylum brightwellii*, *Proboscia alata*; представители динофитовых рода *Ceratium* и *Prorocentrum micans*.

ВЕСНА. В марте интенсивное развитие (68 % численности и 85 % биомассы) получил весенний комплекс диатомовых водорослей: *Pseudo-nitzschia seriata*, *Pseudo-nitzschia*

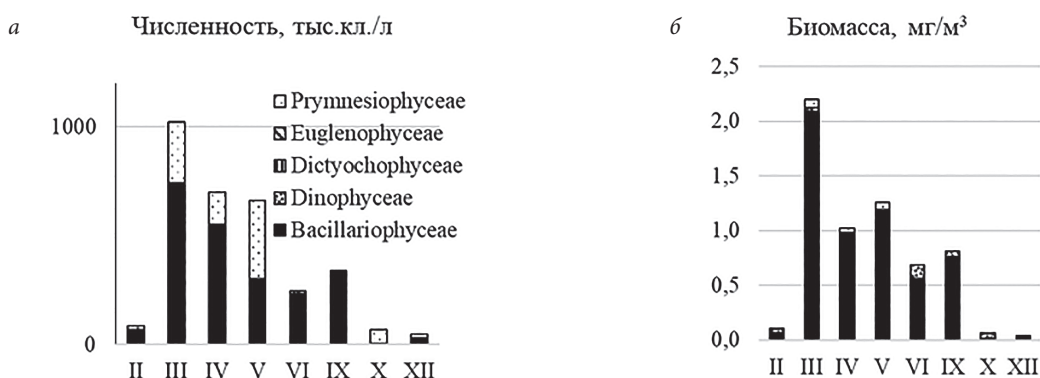


Рис. 4. Динамика величин численности (а) и биомассы (б) фитопланктона в открытой части Новороссийской бухты в разные сезоны 2021 г.

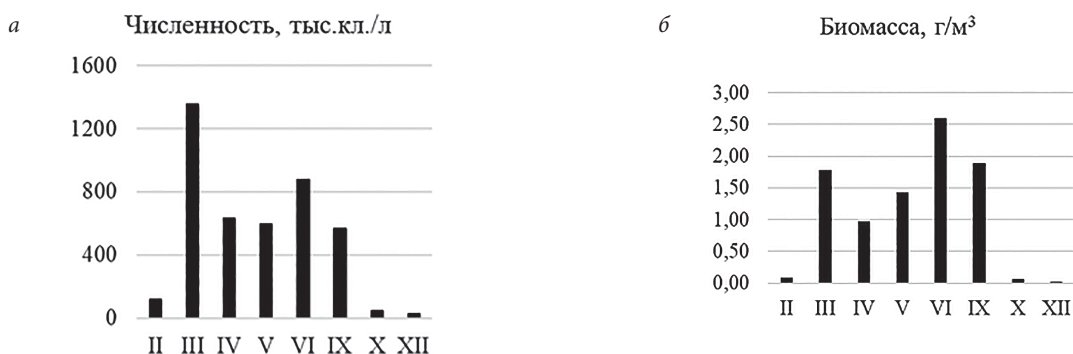


Рис. 5. Динамика средних по Новороссийской бухте величин численности (а) и биомассы (б) фитопланктона в 2021 г.

pseudodelicatissima, *Skeletonema costatum*, *Proboscia alata*, *Chaetoceros curvisetus*, обычный для этого времени года; на уровне субдоминант в средней и открытой частях бухты продолжали вегетировать (более 16–27 % общей численности) примнезиевые водоросли – *Emiliana huxleyi*. Динофлагелляты формировали 1 % численности и 6 % биомассы. В порту наибольшее значение среди них имел мелкоклеточный вид *Oblea rotunda* (17 % биомассы).

В **апреле** выделялись два доминанта среди диатомовых водорослей: *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* и *Proboscia alata* (69 % общей численности и 84 % биомассы), за пределами порта вновь отмечали обилие примнезиевых водорослей *Emiliana huxleyi* (20–36 % общей численности). Динофлагелляты формировали менее 1 % численности и 7 % биомассы.

В **мае** во всех районах исследования интенсивно развивался (48 % численности и 78 % биомассы фитопланктона) вид *Proboscia alata*. В открытой и средней части бухты, как и в мае 2020 г., 35–54 % численности формировал *Emiliana huxleyi*. В порту обильное развитие (7 % численности) получили эвгленовые водоросли: *Eutreptia lanowii* и *Euglena pasheri*.

ЛЕТО – ОСЕНЬ. В **июне** отмечено обилие (в среднем по бухте 87 % численности и 90 % биомассы фитопланктона) мезосапробного вида диатомовых *Cerataulina pelagica*. В порту отмечали цветение этого вида. Около 8 % численности формировал *Asterionellopsis glacialis* и виды рода *Leptocylindrus*. Динофлагелляты формировали 1,5 % численности и 5 % биомассы.

В **сентябре** доминировали (в среднем по бухте 87 % общей численности и 89 % биомассы) два вида диатомовых *Cerataulina pelagica*, *Asterionellopsis glacialis*. В планктоне в небольшом количестве (не более 2 % общей численности и 2 % биомассы) присутствовал новый для этого района моря вид диатомовых *Cerataulina dentata*. В средней части бухты также вегетировали (18 тыс.кл./л) колонии синезеленых *Planktolyngbya limnetica*.

В **октябре** в порту наблюдали вегетацию в основном четырех видов диатомовых: *Chaetoceros affinis*, *Nitzschia tenuirostris*, *Proboscia alata* и *Thalassionema nitzschioides* (в сумме 88 % численности и 83 % биомассы); среди динофитовых повышалась роль *Prorocentrum cordatum*, *Proto-peridinium divergens*, *Ceratium tripos* и *Ceratium furca* (9 % чис-

ленности и 10 % биомассы). Порядка 92–96 % численности и 16–18 % биомассы за пределами порта формировали примнезиевые *Emiliana huxleyi*. В этих районах динофитовые формировали 58–70 % биомассы, основными видами среди них были *Diplopsalis lenticula*, *Prorocentrum cordatum*, *Lingulodinium polyedrum*, *Proto-peridinium divergens*, *Proto-peridinium persicum*, виды рода *Ceratium*.

ЗИМА. В **декабре** в целом по району диатомовые формировали 57 % численности и 48 % биомассы фитопланктона. Основное развитие среди них получил вид, доминирующий в холодное время года *Thalassionema nitzschioides* (31 % численности и 22 % биомассы), на уровне субдоминант развивались *Nitzschia tenuirostris*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros affinis*, *Ditylum brightwellii*, *Asterionellopsis glacialis* (в сумме 25 % численности и 23 % биомассы). Динофитовые формировали 4,5 % общей численности и 32 % биомассы. Наиболее массовыми среди них были виды рода *Prorocentrum*, по биомассе преобладали представители родов *Prorocentrum*, *Proto-peridinium* и *Ceratium*.

Выводы

1. В период с февраля по декабрь 2021 г. в составе фитопланктона Новороссийской бухты было обнаружено 82 вида водорослей из 9 классов: *Bacillariophyceae*, *Dinophyceae*, *Prymnesiophyceae*, *Euglenophyceae*, *Cryptophyceae*, *Chlorophyceae*, *Dictyochophyceae*, *Chrysophyceae*, *Cyanophyceae*, что несколько превышало показатели 2020 г. (74 вида). Коэффициент общности видов между двумя годами составил 76 %.

2. Максимальное видовое разнообразие (36–37 видов) отмечали в марте и в мае, минимальное (20 видов) – в октябре, в другое время количество видов варьировало от 25 до 29.

3. Три вида водорослей впервые были отмечены в планктоне Новороссийской бухты: диатомовая *Cerataulina dentata* и динофитовые: *Proto-peridinium persicum*, *Ceratium lineatum*.

4. В акватории порта средние за период исследования величины количественного развития планктонных водорослей (656 тыс. кл./л и 1639 мг/м³) в 2 раза превышали средние величины, отмеченные в акватории порта в 2020 г. (325 тыс. кл./л и 783 мг/м³), и в 1,2–2,1 раза превышали величины численности и биомассы, зафиксированные в других исследуемых районах бухты в 2021 г.

5. Средние по бухте величины численности и биомассы (804 тыс. кл./л и 1733 мг/м³), наблюдавшиеся в теплое время (март – сентябрь) соответственно в 12 и 29 раз превышали средние значения, отмеченные в холодный период года (февраль, октябрь, декабрь).

6. Развитие примнезиевых водорослей отмечали исключительно за пределами порта, их обилие (от 20 до 96 % общей численности) наблюдали в весенние месяцы (март – май) и осенью (октябрь); в акватории порта доминировали диатомовые водоросли.

Публикация подготовлена в рамках госзадания ЮНЦ РАН № 122011900153-9.

Список литературы

1. Ясакова О.Н., Макаревич П.Р. Фитопланктон северо-восточной части Черного моря. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017. 176 с.
2. Ясакова О.Н., Кренева Е.В. «Красный прилив» в порту Новороссийск, вызванный *Heterocapsa rotundata* (Dinophyceae, Heterocapsaceae) и *Myrionecta rubra*, *Mesodinium pulex* (Ciliophora, Litostomatea) в июле 2011 года // Морской экологический журнал. 2012. Т. XI. № 2. С. 9.
3. Ясакова О.Н., Лужняк О.Н. Еще один случай «красного прилива», обнаруженный в порту г. Новороссийска (Черное море) // XVII Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства океанологических исследований» (МСОИ-2021). М.: Изд-во ИО РАН, 2021. Т. 2. С. 187–190.
4. Макаревич П.Р., Дружков Н.В. Методические рекомендации по анализу количественных и функциональных характеристик морских биоценозов северных морей. Ч. 1: Фитопланктон. Зоопланктон. Взвешенное органическое вещество. Апатиты, 1989. 50 с.
5. Современные методы количественной оценки распределения морского планктона / под. ред. Виноградова М.Е. М.: Наука, 1983. 279 с.
6. Цыбань А.В. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. Л.: Гидрометеоздат, 1980. С. 91–99.
7. Брянцева Ю.В., Лях А.М., Сергеева А.В. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря / препринт; НАН Украины, Институт биологии южных морей. Севастополь, 2005. 25 с.
8. Киселев Н.А. Панцирные жгутиконосцы. М.; Л.: АН СССР, 1950. 280 с.
9. Косинская Е.К. Определитель морских синезеленых водорослей. Л.: АН СССР, 1948. 279 с.
10. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 216 с.
11. Tomas C. (ed.). Identifying marine phytoplankton. San Diego, CA. Academic Press. Harcourt Brace Company. 1997. 821 p.
12. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Гидрометеоздат, 1984. 288 с.
13. Clarke K.P., Warwick R.M. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Bournemouth: Natural Environment Res. Council, 1994. 144 p.
14. Ясакова О.Н. Фитопланктон Новороссийской бухты, северо-восточная часть Черного моря, в разные сезоны 2020 г. // Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем (САМЭС). Экология. Экономика. Информатика: сб. статей / рец. С.В. Бердников, Ю.В. Тютюнов. 2022. Вып. 7. С. 155–161.

PHYTOPLANKTON OF NOVOROSSIYSK BAY, NORTH-EASTERN PART
OF THE BLACK SEA, IN DIFFERENT SEASONS 2021

O.N. Yasakova

Federal Research Centre Southern the Scientific Centre
of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don
yasak71@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a study of the taxonomic composition, values of abundance and biomass of phytoplankton in three ecologically heterogeneous areas of the Novorossiysk Bay (Black Sea): harbour area, middle part and open part in the period February – December 2021. 83 species of algae from 9 classes: Bacillariophyceae, Dinophyceae, Prymnesiophyceae, Euglenophyceae, Cryptophyceae, Chlorophyceae, Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Cyanophyceae were found in the phytoplankton, which slightly exceeded the data of 2020 (74 species). The maximum species diversity (36–37 species) was observed in March and May, the minimum (20 species) – in October, at other times the number of species varied from 25 to 29. The highest abundance of planktonic algae (an average of 1,353 thousand cells/l in the bay) were recorded in March and were associated with the development of diatoms (*Proboscia alata*, *Pseudonitzschia seriata*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* and *Skeletonema costatum*). The highest biomass values (on average in the bay of 2600 mg/m³) were noted in June due to the abundance of diatoms *Cerataulina pelagica*. The highest values of abundance and biomass of planktonic algae (on average, 656 thousand cells/l and 1639 mg/m³ during the study period) were registered in the water area of the harbour. They were 2 times higher than the average values recorded in the harbour area in 2020 (325 thousand cells/l and 783 mg/m³) and 1.2–2.1 times higher than the abundance and biomass values, recorded in the middle part (527 thousand cells/l and 904 mg/m³) and open parts of the bay (397 thousand cells/l and 773 mg/m³) in 2021.

Keywords: Taxonomic composition, abundance and biomass of phytoplankton, port, middle part and open part of Novorossiysk Bay, Black Sea.

References

1. Yasakova O.N., Makarevich P.R. *Fitoplankton severo-vostochnoj chasti Chernogo morja*. [Phytoplankton of the northeastern part of the Black Sea]. Rostov-on-Don: SSC RAS Publ., 2017. 176 p. (In Russian).
2. Yasakova O.N., Kreneva E.V. “Krasnyj priliv” v portu Novorossiysk, vyzvannyj *Heterocapsa rotundata* (Dinophyceae, Heterocapsaceae) i *Myrionecta rubra*, *Mesodinium pulex* (Ciliophora, Litostomatea) v ijule 2011 goda. [“Red tide” in the port of Novorossiysk caused by *Heterocapsa rotundata* (Dinophyceae, Heterocapsaceae) and *Myrionecta rubra*, *Mesodinium pulex* (Ciliophora, Litostomatea) in July 2011]. *Morskoj jekologicheskij zhurnal*. 2012. T. XI. No. 2. P. 9. (In Russian).
3. Yasakova O.N., Luzhnjak O.N. Eshhe odin sluchaj “krasnogo priliva”, obnaruzhennyj v portu goroda Novorossiyska (Chernoje more). [Another case of the “red tide” discovered in the port of Novorossiysk (Black Sea)]. *XVII Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija “Sovremennye metody i sredstva okeanologicheskij issledovanij”* (MSOI-2021). Moscow, Publishing House of P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, 2021. Vol. 2. P. 187–190. (In Russian).
4. Makarevich P.R., Druzhkov N.V. *Metodicheskie rekomendacii po analizu kolichestvennyh i funkcional'nyh harakteristik morskij biocenozov severnyh morej*. Vol. 1. *Fitoplankton. Zooplankton. Vzveshennoe organicheskoe veshhestvo*. [Methodological recommendations for the analysis of quantitative and functional characteristics of marine biocenoses of the Northern seas. Part 1: Phytoplankton. Zooplankton. Suspended organic matter]. Apatity, 1989. 50 p. (In Russian).
5. Vinogradova M.E. (ed.) *Sovremennye metody kolichestvennoj ocenki raspredelenija morskogo planktona*. [Modern methods for quantifying the distribution of marine plankton]. Moscow: Nauka, 1983. 279 p. (In Russian).
6. Cyban' A.V. *Rukovodstvo po metodam biologicheskogo analiza morskoi vody i donnykh otlozhenij*. [Guide to methods of biological analysis of seawater and bottom sediments.]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1980. P. 91–99. (In Russian).
7. Brjanceva Ju.V., Ljah A.M., Sergeeva A.V. *Raschet ob'emov i ploschadej poverkhnosti odnokletochnykh vodoroslej Chernogo moria*. [Calculation of volumes and surface areas of unicellular algae of the Black Sea], preprint; NAS of Ukraine, Institute of Biology of the Southern Seas. Sevastopol', 2005. 25 p. (In Russian).
8. Kiselev N.A. *Pancirnye zhgutikonoscy* [Armored flagellates]. Moscow; Leningrad: ANSSSR, 1950. 280 p. (In Russian).
9. Kosinskaja E.K. *Opredelitel' morskij sine-zelenykh vodoroslej*. [The determinant of marine blue-green algae]. Leningrad: AN SSSR, 1948. 279 p. (In Russian).
10. Proshkina-Lavrenko A.I. *Diatomovye vodorosli planktona Chernogo morja*. [Diatoms of the Black Sea plankton]. ANSSSR. 1963. 216 p. (In Russian).
11. Tomas C. (ed.). *Identifying marine phytoplankton*. San Diego, CA. Academic Press. Harcourt Brace Company. 1997. 821 p. (In English).
12. Shmidt V.M. *Matematicheskie metody v botanike*. [Mathematical methods in botany]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1984. 288 p. (In Russian).

13. Clarke K.P., Warwick R.M. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Bournemouth: Natural Environment Res. Council, 1994. 144 p.
14. Yasakova O.N. Fitoplankton Novorossijskoj buhty, severo-vostochnaya chast' Chernogo morya, v raznye sezony 2020 g. Phytoplankton of Novorossiysk Bay, north-eastern part of the Black Sea, in different seasons of 2020]. *Sistemnyj analiz i modelirovanie ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem (SAMES). Ekologiya. Ekonomika. Informatika*. Berdnikov S.V. (ed.), Tyutyunov Yu.V. 2022. Vol. 7. P. 155–161. (In Russian).