

О.Н. Ясакова
П.Р. Макаревич



Современное состояние
Фитопланктона
северо-восточной части
Черного моря

Федеральный исследовательский центр
Южный научный центр Российской академии наук
Мурманский морской биологический институт Российской академии наук



О.Н. Ясакова
П.Р. Макаревич

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
ФИТОПЛАНКТОНА
СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ**

Ростов-на-Дону
Издательство ЮНЦ РАН
2023

УДК 581.526.325(262.5)

Я80

*Работа выполнена в рамках тем НИР ГЗ ЮНЦ РАН № гос. рег. 122011900153-9
и ГЗ ММБИ РАН № гос. рег. 121091600105-4*

Рецензенты:

докт. биол. наук *А.Н. Шаров* – ведущий научный сотрудник лаборатории альгологии
Института биологии внутренних вод имени И.Д. Папанина РАН
канд. биол. наук *Е.И. Дружкова* – заведующая лабораторией планктона
Мурманского морского биологического института РАН

Ответственный редактор

академик *Г.Г. Матишов*

Ясакова, О.Н.

Я80 Современное состояние фитопланктона северо-восточной части Черного моря: [монография] / О.Н. Ясакова, П.П. Макаревич; [отв. ред. акад. Г.Г. Матишов]. – Ростов-на-Дону: Издательство ЮНЦ РАН, 2023. – 232 с. – ISBN 978-5-4358-0247-4.

В книге представлены результаты исследований современного состояния фитопланктона северо-восточной части Черного моря. Проанализированы особенности изменений таксономического состава за последние 100 лет; содержится информация о видах-вселенцах в Черное море, сезонной динамике развития вредоносных и потенциально токсичных видов планктонных водорослей, а также случаях обнаружения «красных приливов» в исследуемой зоне моря.

Предлагаемая монография характеризует межгодовую (2007–2020 гг.) и сезонную динамику количественных величин развития фитопланктона в открытой северо-восточной части Черного моря (от Керченского пролива до Абхазии включительно) и в акватории Новороссийской бухты. Проведенные исследования существенно дополняют уже имеющуюся информацию о видовом составе и уровне обилия фитопланктона в северо-восточной части Черного моря, изложенную авторами ранее в работе «Фитопланктон северо-восточной части Черного моря» (Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2017. 176 с.), и позволяют внести серьезные коррективы в представления о структуре, функционировании и продуктивности микродорослевых пелагических сообществ данного региона. Детальное, комплексное описание естественной и антропогенной изменчивости прибрежных экосистем дает возможность сформулировать научную основу для организации хозяйственных и природоохранных мероприятий, таких как рыболовство, марикультура и мониторинг окружающей среды.

Книга предназначена для специалистов в области гидробиологии, океанологии, экологии, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

УДК 581.526.325(262.5)

*Утверждено на заседании научно-издательского совета ЮНЦ РАН
(протокол № 2 от 29.11.2021)*

ISBN 978-5-4358-0247-4

© ЮНЦ РАН, 2023

© ММБИ РАН, 2023

© Ясакова О.Н., Макаревич П.П., 2023

Federal Research Centre
The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences
Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences



Yasakova, O.N. and P.R. Makarevich

**CURRENT STATE
OF PHYTOPLANKTON
IN THE NORTH-EASTERN BLACK SEA**

Rostov-on-Don
SSC RAS Publishers
2023

UDC 581.526.325(262.5)

Y31

*The study was carried out within the following research themes: SSC RAS State Task
(State Registration No. 122011900153-9) and MMBI RAS State Task
(State Registration No. 121091600105-4)*

Reviewers:

Sharov, A.N., Dr. (Biology), Lead Researcher, Laboratory of Algology,
the I.D. Papanin Institute of Biology for Inland Waters RAS
(Borok, Yaroslavl Region, Russia)

Druzhkova, E.I., PhD, Head of the Laboratory of Plankton,
Murmansk Marine Biological Institute RAS (Murmansk, Russia)

Managing Editor

Matishov, G.G., Academician RAS

Yasakova, O.N. and P.R. Makarevich (2023).

Y31 Current state of phytoplankton in the North-Eastern Black Sea: [monograph].
Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers, 232 p. (In Russian). ISBN 978-5-4358-0247-4

The monograph presents the results of studies on the current state of phytoplankton in the North-Eastern Black Sea. The authors analysed the specific features of changes in phytoplankton taxonomic composition for the last 100 years. The publication also contains information on non-indigenous species in the Black Sea, the seasonal dynamics of development of harmful and potentially toxic species of planktonic algae and harmful algal blooms in the studied sea area.

The inter-annual (2007–2020) and seasonal dynamics of quantitative values of phytoplankton abundance and biomass in the offshore areas of the North-Eastern Black Sea (from the Kerch Strait to Abkhazia) and in the Novorossiysk Bay are considered. The studies conducted significantly expand our knowledge of and data on the phytoplankton species composition and abundance in the study region, previously published in the book “Phytoplankton in the North-Eastern Black Sea” (2017) (Rostov-on-Don: SSC RAS, 176 p.), and permit to update the obtained results on the structure, functioning and productivity of pelagic micro-algal communities. A comprehensive description of natural and anthropogenic variability of the coastal ecosystems permits establishing the scientific grounds for organizing economic and nature protection activities, such as fisheries, mariculture, and environmental monitoring.

The book is addressed to experts in hydrobiology, oceanology, and ecology, university teachers, postgraduate and undergraduate students.

UDC 581.526.325(262.5)

*Approved for publishing at the meeting of SSC RAS Scientific and Publishing Council
(Protocol No. 2 of 29.11.2021)*

ISBN 978-5-4358-0247-4

© SSC RAS (2023)

© MMBI RAS (2023)

© Yasakova, O.N. and P.R. Makarevich (2023)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
ГЛАВА 1. Физико-географическая характеристика северо-восточной части Черного моря	16
1.1. Открытая северо-восточная часть Черного моря	16
1.2. Район Абхазии	24
1.3. Керченский пролив	27
1.4. Новороссийская бухта	30
ГЛАВА 2. Материалы и методы исследования	36
ГЛАВА 3. Многолетняя динамика качественных характеристик фитопланктона в северо-восточной части Черного моря. Новые виды	42
ГЛАВА 4. Потенциально токсичные и вредоносные виды планктонных водорослей	52
ГЛАВА 5. «Красные приливы» в северо-восточной части Черного моря	64
ГЛАВА 6. Долговременные изменения в величинах количественного развития фитопланктона	70
6.1. Открытая шельфовая зона северо-восточной части Черного моря	70
6.2. Новороссийская бухта	97
6.3. Район Абхазии	140
6.4. Район Керченского пролива	143
Заключение	153
Перечень условных сокращений	155
Список литературы	156
Приложение 1	172
Приложение 2	174
Приложение 3	214
Приложение 4	224

TABLE OF CONTENTS

Introduction	7
CHAPTER 1. Physical-geographical characteristics of the North-Eastern Black Sea	16
1.1. Offshore areas in the North-Eastern Black Sea.....	16
1.2. Abkhazia area.....	24
1.3. Kerch Strait	27
1.4. Novorossiysk Bay	30
CHAPTER 2. Materials and methods	36
CHAPTER 3. Long-term dynamics of phytoplankton qualitative characteristics in the North-Eastern Black Sea. New species	42
CHAPTER 4. Potentially toxic and harmful species of planktonic algae	52
CHAPTER 5. ‘Red tides’ in the North-Eastern Black Sea	64
CHAPTER 6. Long-term changes in phytoplankton quantitative values (abundance and biomass)	70
6.1. Shelf zone of the North-Eastern Black Sea.....	70
6.2. Novorossiysk Bay.....	97
6.3. Abkhazia area	140
6.4. Kerch Strait area	143
Conclusions	153
List of abbreviations	155
References	156
Annex 1	172
Annex 2	174
Annex 3	214
Annex 4	224

ВВЕДЕНИЕ

В предлагаемой монографии представлены результаты исследований современного состояния фитопланктона северо-восточной части Черного моря (СВЧМ). Проанализированы особенности изменений таксономического состава за последние 100 лет. В отдельной главе приводится информация о видах-вселенцах в Черное море, сезонной динамике развития вредоносных и потенциально токсичных видов планктонных водорослей, а также случаях обнаружения «красных приливов» в исследуемой зоне моря. Прослежена многолетняя (12 лет) динамика количественных характеристик фитопланктона в открытой СВЧМ (в основном по результатам комплексных экспедиций НИС «Денеб» ЮНЦ РАН от Керченского пролива до Абхазии включительно) и в акватории Новороссийской бухты. Проведенные исследования существенно дополняют уже имеющуюся информацию о видовом составе и уровне обилия фитопланктона в СВЧМ [Ясакова, Макаревич, 2017] и позволяют внести серьезные коррективы в представления о структуре, функционировании и продуктивности микроводорослевых пелагических сообществ данного региона. Детальное, комплексное описание естественной и антропогенной изменчивости прибрежных экосистем дает возможность сформулировать научную основу для организации хозяйственных и природоохранных мероприятий, таких как рыболовство, марикультура и мониторинг окружающей среды.

Изучение проблемы влияния на морские экосистемы усиливающегося воздействия хозяйственной деятельности человека и изменений в глобальной климатической системе является одной из приоритетных задач океанологии в последние десятилетия. Ключевым направлением, помимо сохранения и сбалансированного использования хозяйственно ценных, промысловых видов морских растений и животных, стало изучение антропогенной деформации базовой биотической структуры морских экосистем.

Фитопланктон является ключевым звеном пищевой цепи в океане, от его качественных и количественных характеристик зависит развитие организмов других трофических уровней. Планктонные водоросли являются также индикатором состояния морских экосистем, отражающих ход биопродукционных процессов, протекающих в морях [Брянцев, Брянцева, 2003; Юнев и др., 2009]. Одной из основных задач современной гидробиологии

является определение степени антропогенного влияния на экосистему на фоне природной (естественной) изменчивости структурных параметров и временной динамики среды и биоты. Наиболее важным и удобным с методической точки зрения объектом таких исследований морских биоценозов являются микропланктонные сообщества. Обладая высокими показателями регенерации и высокой экологической пластичностью и, следовательно, быстрой реакцией на изменения внешних условий, они оказываются наилучшим индикатором нарушения природной среды.

Среди внешних воздействий, определяющих жизнеспособность и устойчивость экосистем во многих районах Мирового океана (а в некоторых аспектах и во всем океане), важнейшим считается антропогенное загрязнение. Исследования планктона дают возможность судить о тенденциях в изменениях структуры и функционирования прибрежных экосистем под воздействием усиливающегося антропогенного пресса. В акваториях, подверженных антропогенному воздействию, главным образом в виде бытовых и промышленных сбросов, прослеживаются изменения качественного и количественного состава фитопланктона. Чаще всего это проявляется в «цветении» воды, вызванном интенсивным развитием отдельных видов водорослей, некоторые из которых проявляют токсичные свойства. Это снижает рекреационную ценность побережья и существенно влияет на состояние всей экосистемы в целом. Оценка состояния пелагических фитоценозов, их структуры, сезонной и межгодовой изменчивости на акваториях, подверженных сильному антропогенному прессу, важна для понимания тенденций в направленности изменений, происходящих в экосистемах этих районов. В российском секторе Черного моря негативным изменениям, связанным с повышением уровня эвтрофикации, в первую очередь, подвержен фитопланктон шельфовой зоны моря, в том числе бухт. Поэтому определенный интерес представляют сведения о состоянии фитопланктона в прибрежных водах Черного моря [Сорокин, Сорокина, 2008].

Степень разработанности проблемы. Изучение фитопланктона Черного моря имеет более чем 100-летнюю историю [Ковалев, Финенко, 1993]. Исследования планктонных альгоценозов в СВЧМ были начаты в начале XX века [Михайловская, 1936а, б]. На сегодняшний день имеется большая база данных, основанных на результатах исследований величин качественного и количественного развития фитопланктона в российской зоне моря [Прошкина-Лавренко, 1963; Суханова и др., 1980–1995; Незлин, Зернова, 1983; Вершинин, Моручков, 2003; Вершинин и др., 2004, 2005, 2008; Теренько, 2007; Горайнова и др., 2008, 2011; Vershinin, Kamnev, 2001; Vershinin et al., 2004–2006, 2008a–e]. В XXI веке основное изучение планктонных водорослей

было сосредоточено в открытых глубоководных районах моря [Микаэлян и др., 2011; Микаэлян, 2018; Mikaelyan et al., 2006–2017]. Отдельные исследования фитопланктона были выполнены в районе Абхазии в 2010, 2013, 2016–2017 гг. [Матишов и др., 2014; Якубенко и др., 2019; Selifonova et al., 2019]. Планктонный фитоценоз в разные сезоны 2000–2018 гг. изучали в акватории Керченского пролива [Брянцева и др., 2010; Заремба, 2011, 2013; Жугайло и др., 2011, Матишов и др., 2013; Ремизова, Теюбова, 2021]. Исследования фитопланктона в шельфовой зоне СВЧМ в основном были проведены в районе Голубой бухты (г. Геленджик) [Силкин и др., 2009–2015; Лифанчук, 2017; Лифанчук, Федоров, 2018; Pautova et al., 2007, 2011, 2013; Silkin et al., 2009–2019]. Оценка развития морского фитопланктона в прибрежной полосе (до изобаты 40–50 м) от Керченского пролива до Адлера в 2010–2016 гг. представлена сотрудниками АзНИИРХ [Афанасьев и др., 2013; Корпакова и др., 2014; Сафронова и др., 2015; Сафронова, Налетова, 2017]. Основные результаты исследований ЮНЦ РАН в шельфовой и глубоководной зонах СВЧМ содержатся в трудах [Ясакова, Макаревич, 2017; Yasakova, 2011, 2013; Yasakova et al., 2017, 2020]. Они включают анализ изменений качественных и количественных величин развития фитопланктона как в открытой СВЧМ (по рейсам НИС «Денеб»), так и в акваториях крупных портовых и курортных городов за период 2007–2012 гг. Данные о состоянии планктонных сообществ в российском секторе Черного моря в более поздний период оставались практически без освещения.

Настоящая монография характеризует межгодовую (2007–2020 гг.) и сезонную динамику количественных величин развития фитопланктона в открытой СВЧМ и в акватории Новороссийской бухты. Исследование также отражает произошедшие за последние 100 лет изменения в таксономическом составе пелагического фитоценоза, связанные с естественной долгопериодной климатической изменчивостью и нарастающим прессом антропогенного воздействия.

Морские научные исследования в водах Республики Абхазия проводились до середины 1980-х гг. и были полностью прекращены в 1991 г. в связи с распадом СССР и военным конфликтом между Абхазией и Грузией. В июне 2010 г. в территориальных водах Республики Абхазия сотрудниками ЮНЦ РАН были возобновлены комплексные экосистемные исследования и сделана фоновая оценка современного экологического состояния абхазских вод. В составе фитопланктона идентифицирован 91 таксон (рангом ниже рода) микроводорослей из 8 отделов. Наибольшим видовым разнообразием отличались динофитовые и диатомовые водоросли – 49 и 17 видов соответственно. Наибольшее количество видов было выявлено в родах *Chaetoceros*, *Protoperdinium*, *Prorocentrum*, *Gynmodinium*,

Dinophysis, *Ceratium*. Основной вклад в формирование численности фитопланктона вносили мелкоклеточные зеленые и динофитовые водоросли [Матишов и др., 2014]. Максимальные значения численности и биомассы отмечены в приповерхностном слое моря ($663,7$ тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и $1,7$ г \cdot м $^{-3}$). Биомасса фитопланктона формировалась преимущественно за счет развития двух групп фитопланктона: динофитовых и диатомовых водорослей, что типично для летнего периода развития альгоценоза Черного моря [Матишов и др., 2014]. В марте 2011 г. и в конце мая 2013 г. отмечали «цветение» кокколитофорид ($2 \times 10^6 - 4,4 \times 10^6$ кл. \cdot л $^{-1}$) в Абхазском секторе Черного моря [Якубенко и др., 2018; 2019]. В июне-сентябре 2016–2017 гг. в фитопланктоне Сухумского залива было обнаружено 55 таксонов: Bacillariophyta (21), Dinophyta (28), а также Cyanophyta, Cryptophyta, Euglenophyta, Chrysophyta. Средние значения численности фитопланктона за исследуемый период составили $234,0 \pm 67,9$ тыс. кл. \cdot л $^{-1}$, биомассы – $471,0 \pm 141,2$ мг \cdot м $^{-3}$. Максимальная численность (582 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) наблюдалась в июле, максимальная биомасса ($658-1120$ мг \cdot м $^{-3}$) – в августе. Летом (июнь-июль) повышалось значение кокколитофориды *Emiliania huxleyi* (80–96 % от общей численности фитопланктона). Диатомовые водоросли доминировали в конце лета – начале осени (82–94 % от общего обилия фитопланктона). В августе наблюдали обилие *Dactyliosolen fragilissimus*, *Pseudosolenia calcaravis*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, *Talassiosira* sp., *Skeletonema costatum* и в сентябре – *Cylindrotheca closterium*. Доля динофлагеллят в общей биомассе фитопланктона в июне-июле варьировала от 48 до 65 % ($130-300$ мг \cdot м $^{-3}$). Массовыми были *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella acuminata*, *Dinophysis rotundata*, виды родов *Protoberidinium*, *Gyrodinium*, *Glenodinium*, *Gymnodinium*. Среди динофитовых водорослей зарегистрирован редкий для Черного моря вид *Peridinium quinquecorne*. В ходе исследования 2–8 % от общего обилия фитопланктона было сформировано эвгленовыми водорослями (родов *Eutreptia*, *Euglena*) и цианобактериями (*Oscillatoria*, *Lyngbya*). Присутствие этих видов указывает на более высокий уровень питательных веществ, загрязнение и опреснение морской акватории [Selifonova et al., 2019]. В составе фитопланктона устьевых участков рек побережья Абхазии было выявлено 84 таксона рангом ниже рода, среди них диатомовых – 44, зеленых – 17, эвгленовых – 10, других – 13 [Мингазова и др., 2016]. Таким образом, ранее проведенные в районе Абхазии исследования фитопланктона носили эпизодический характер и не отражали особенностей сезонных изменений обилия планктонных водорослей за многолетний период. Поэтому цель нашей работы – проследить основные изменения, происходящие в таксономической структуре, величинах численности и биомассы планктонных альгоценозов в основной вегетационный период (весна-осень) в 2011–2020 гг.

Современные исследования фитопланктона в различных акваториях Керченского пролива, Динского и Таманского заливов были проведены с мая по сентябрь 1989 г. [Черникова, 2004]; в июне 1997, 2000 гг. и декабре 1998, 1999 гг. [Ковалева, 2008]; в осенний период 2003–2008 гг. [Заремба, 2011]; в августе 2009 и 2011 гг. [Брянцева и др., 2010; Троценко и др., 2012]; в июне 2009–2012 гг. [Заремба, 2013], во все сезоны 2000–2011 гг. [Жугайло и др., 2011]; все сезоны 2007–2008 гг. [Матишов и др., 2013] и в сентябре 2018 г. [Ремизова, Теюбова, 2021] (табл. 1). Было обнаружено от 42 до 154 видов водорослей, относящихся к следующим систематическим отделам: диатомовые, динофитовые, зеленые, золотистые, криптофитовые, цианопрокариоты, эвгленовые, гаптофитовые, празиофитовые. Фитопланктон был представлен морскими, солоноватоводными и пресноводными видами. Такому разнообразию видов способствовали величины солености и температуры воды в районе исследований, изменяющиеся в пределах от 5 до 27 ‰ и в диапазоне от 0 до 26 °С. Высокие значения биомассы фитопланктона ($1,0\text{--}5,8\text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$) отмечали в теплое время года: с июля по декабрь 2007 г. и в августе 2008, 2009 гг.; средние – в мае 2003 г., октябре 2005 г. июне и сентябре 2008 г. и в августе 2011 г. ($0,39\text{--}0,61\text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$); низкие – в остальное время ($0,111\text{--}0,263\text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$). Обильное развитие планктонных водорослей, на уровне цветения воды, наблюдали в августе 2009 г. ($2,3\text{ млн кл}\cdot\text{л}^{-1}$); в другое время численность клеток фитопланктона была существенно ниже ($26,9\text{--}405\text{ тыс. кл}\cdot\text{л}^{-1}$). Результаты исследований, выполненных в западной и центральной части Керченского пролива в августе 2009 г., показали, что на сравнительно небольшой исследуемой акватории величины количественного развития фитопланктона могут изменяться на несколько порядков: численности – от 96 до 9754 тыс. кл. $\cdot\text{л}^{-1}$ и биомассы – от 0,162 до 9,887 $\text{г}\cdot\text{м}^{-3}$ [Брянцева и др., 2010].

Несмотря на значительный интерес, проявленный к исследованию планктонных сообществ в открытой СВЧМ, районе Керченского пролива и в Абхазии, данных по сезонной динамике качественного состава и количественного развития фитопланктона этого района, на наш взгляд, недостаточно. Задачей наших исследований было изучить межгодовую изменчивость видового состава и обилия фитопланктона в районе Керченского пролива в весенне-осенний период 2009–2019 гг.

Таблица 1. Основные гидрологические характеристики, количество таксономических единиц, средние величины численности и биомассы фитопланктона в районе Керченского пролива и прилегающих акваториях в 1989–2018 гг.

Период исследований / Study period	Район Керченского пролива / Kerch Strait area	Количество видов / Number of species	Температура воды / соленость // Water temperature / Salinity	Численность, тыс. кл.·л ⁻¹ / Abundance, thousand cell·l ⁻¹	Биомасса, мг·м ⁻³ / Biomass, mg·m ⁻³	Источник, год / Source, year
1	2	3	4	5	6	7
Май-сентябрь 1989 / May-September 1989	Северная часть	90	17–25 °С / 11–16 ‰	–	–	[Черникова, 2004]
Июнь 1997, 2000; декабрь 1998, 1999 / June 1997, 2000; December 1998, 1999	Керченский пролив, Динской и Таманский заливы	154	0–26 °С / 5–27 ‰	–	–	[Ковалева, 2008]
Ноябрь 2003 / November 2003	Южная часть	44	–	43,5	81,9	[Заремба, 2011]
Октябрь 2005 / October 2005	Южная часть	48	–	69,1	355,1	[Заремба, 2011]
Октябрь 2007 / October 2007	Южная часть	46	–	275,6	1514,7	[Заремба, 2011]
Сентябрь 2008 / September 2008	Южная часть	46	–	79,5	378,6	[Заремба, 2011]
Июнь 2009 / June 2009	Южная часть	47	–	27,8	111,3	[Заремба, 2013]
Июнь 2010 / June 2010	Южная часть	46	–	26,9	263,3	[Заремба, 2013]

Окончание таблицы 1
Continued from the previous Table 1

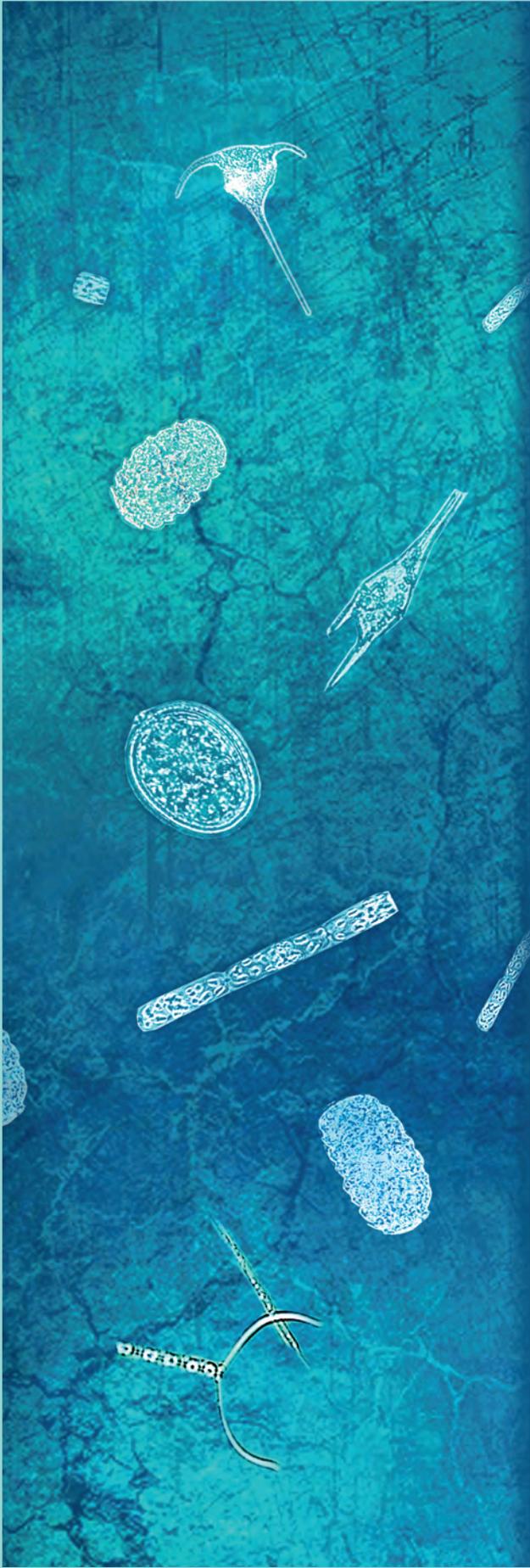
1	2	3	4	5	6	7
Июнь 2011 / June 2011	Южная часть	42	-	90,0	202,3	[Заремба, 2013]
Июнь 2012 / June 2012	Южная часть	54	-	65,9	209,2	[Заремба, 2013]
Октябрь 2007 / October 2007	Центральная часть	-	-	220	4500	[Магишов и др., 2013]
Ноябрь 2007 / November 2007	Центральная часть	42	-	365	5800	[Магишов и др., 2013]
Декабрь 2007 / December 2007	Центральная часть	-	-	250	1500	[Магишов и др., 2013]
Апрель 2008 / April 2008	Центральная часть	-	-	405	200	[Магишов и др., 2013]
Июнь 2008 / June 2008	Центральная часть	-	-	145	400	[Магишов и др., 2013]
Август 2008 / August 2008	Центральная часть	-	-	205	1200	[Магишов и др., 2013]
Август 2009 / August 2009	Центральная и за- падная части	42	- / 11–14 ‰	2298 ± 1945 (96,12–9754,40)	4128 ± 2023 (162,20–9887,55)	[Брянцева и др., 2010]
Август 2011 / August 2011	Центральная часть	72	27,6 °C / 12,22–16,59 ‰	45,60	412,95	[Троценко и др., 2012]
Май-декабрь 2000–2011 / May–December 000–2011	Южная часть	-	5–27 °C / 15,00–17,78 ‰	-	436 (от 80 до 1400)	[Жугайло и др., 2011]
Сентябрь 2018 / September 2018	Южная часть	84	-	105,7 ± 22,0	227 ± 32	[Ремизова, Тенюбова, 2021]

Примечание: «-» – нет данных.

Note: “-” – no data.

Благодарности. Авторы выражают глубокую признательность за возможность проведения научных работ директору ЮНЦ РАН С.В. Бердникову, научному руководителю ЮНЦ РАН академику Г.Г. Матишову; команде НИС «Денеб» и научной группе ЮНЦ РАН за помощь в отборе гидробиологического материала в исследуемой акватории моря. Авторы благодарны Администрации ФГБУ «АМП Черного моря» за техническую поддержку и начальнику группы ПП и ОЛЗ В.С. Бердникову.

Авторы выражают огромную благодарность Ю.Б. Околоткову (Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, Mexico) и М.М. Gowing (Seattle, WA, USA) за ценные замечания в процессе подготовки рукописи; А.В. Стахеевой, Л.В. Безбородовой (ЮНЦ РАН) за редакторскую правку и дизайнерское оформление книги, а также Р.Г. Михалюку (ЮНЦ РАН) за перевод отдельных частей рукописи на английский язык.



ГЛАВА

1

ФИЗИКО-
ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА
СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ
ЧАСТИ
ЧЕРНОГО МОРЯ

В главе описана физико-географическая характеристика СВЧМ от м. Панагия до Сухуми, включая акваторию Керченского пролива и Цемесской бухты (рис. 1). Приведена характеристика антропогенной нагрузки в разных районах, описаны особенности распределения биогенных элементов и основных поллютантов.

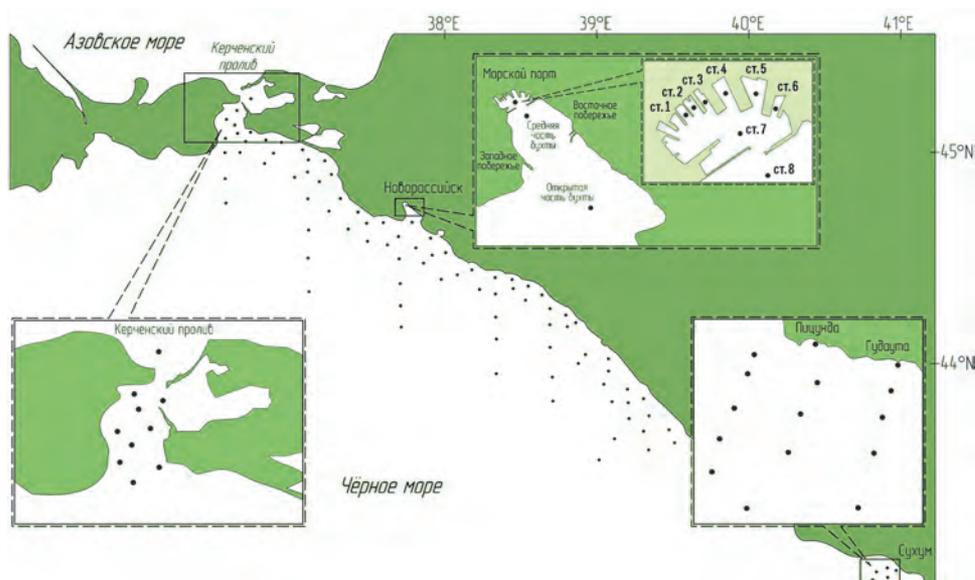


Рис. 1. Карта-схема отбора проб фитопланктона в северо-восточной части Черного моря в период исследований (2005–2020 гг.)

Fig. 1. Map-scheme of phytoplankton sampling stations in the Northeastern part of the Black Sea during the research period (2005–2020)

1.1. ОТКРЫТАЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ЧЕРНОГО МОРЯ

Район Черноморского побережья РФ расположен между $43^{\circ}023'$ – $45^{\circ}012'$ с.ш. и $40^{\circ}000'$ – $36^{\circ}036'$ в.д. В южной части берега гористые. Рельеф дна характеризуется узким шельфом и сильно расчлененным материковым склоном. Граница шельфа редко превышает глубину 110 м. Переход к материковому склону резкий, уклон составляет 15 – 20° . Склон сильно расчленен каньонами,

часть которых приурочена к устьям рек, и осложнен грядами и возвышенностями, основания которых распространяются до глубин 1400–1800 м. Кавказское побережье и прилегающие районы моря отличаются наименьшими скоростями ветра в течение всего года. Это объясняется влиянием горных хребтов Северного Кавказа, расположенных здесь почти параллельно берегу [Качество морских вод... 2011–2020]. Черное море, являясь глубоководным бассейном (глубины – до 2250 м), ограничено в водообмене с соседними морями. Наиболее яркой особенностью гидрологической структуры является наличие на глубине от 70 до 160 м интенсивного постоянного пикноклина-халоклина со средним вертикальным градиентом в $0,04 \text{ кг/м}^3$, образованного в результате притока высокосоленых вод Мраморного моря [Кривошея и др., 2011; 2012]. Наличие этого пикноклина ограничивает вертикальный водообмен, поэтому расположенные ниже пикноклина глубинные воды насыщены сероводородом, толща сероводородных вод превышает 2000 м. Деятельный слой (ДС) моря – верхний кислородосодержащий слой, ограниченный снизу сероводородной зоной (СВЗ). Обычно ДС подразделяется на следующие гидрологические структуры: верхний квазиоднородный слой (ВКС); сезонный термоклин (СТК), расположенный в приповерхностном слое и достигающий своего максимума в летний период; холодный промежуточный слой (ХПС) – область самых низких значений температуры воды [Кривошея и др., 2012; Инжебейкин, 2015, 2018]. Вертикальный водообмен в ДС Черного моря осуществляется главным образом через конвективное перемешивание во время осенне-зимнего выхолаживания поверхностных вод.

Прикавказский шельф характеризуется неравномерной шириной – 2–10 км (в среднем 8 км), а его край на большем своем протяжении отмечен крутым уступом тектонического происхождения [Зацепин и др., 2011; 2012]. Это существенно меньше, чем ширина Основного Черноморского течения (ОЧТ) – до 40 км, или диаметр мезомасштабных вихрей в глубоководном районе моря. Особенности гидродинамики в прибрежной зоне в большей степени контролируются циркуляцией вод и гидрометеобстановкой в открытых областях бассейна. То же самое происходит и с гидрохимической структурой. Кроме того, прибрежно-морская зона из-за высокой гидродинамической активности являет собой область преимущественного транзита тонкодисперсного осадочного материала, с которым связана транспортировка многих загрязняющих веществ [Николаев, 1994]. Их аккумуляция наблюдается и в других зонах шельфа, и за его пределами. Максимальной техногенной нагрузке подвержена прибрежная зона моря, поскольку основной объем загрязняющих веществ поставляется с водосбора и преимущественно реками, эти нагрузки меняются в зависимости от сезонного режима рек.

Уровень Черного моря характеризуется суточными, сезонными и многолетними изменениями, обусловленными различными факторами, от ветра и приливообразующих сил до климатических циклов. Изменение уровня моря носит четко выраженный сезонный характер, определяемый соотношением составляющих уравнения водного баланса в течение года. Основная роль в приходной части водного баланса принадлежит стоку рек (42 %). Большая часть годового объема стока приходится на весенне-летний период (61 %), чему соответствует прирост уровня моря на 49 см. Осенью проходит всего 16 % стока, дающих прирост уровня в 13 см. В меньшей степени влияют на уровень моря атмосферные осадки. Их роль в приходной части баланса составляет 29 %, повышение уровня моря за их счет равно в среднем за год 56 см [Гицба, Экба, 2014; 2015].

Гидрологическая структура вод

Температура воды. Распределение температуры воды по вертикали в зимний период в исследуемом районе характеризуется почти полной гомотермией в верхнем 40-метровом слое [Качество морских вод... 2018]. В феврале средние значения температуры здесь составляли 9 °С. Зимой температура воды в этом слое может колебаться от 7 до 10 °С, иногда понижаясь до 5–6 °С. Далее, с глубиной, температура воды плавно понижается примерно до горизонтов 75–100 м, где отмечается ее минимум. Значения температуры в зимний период на этих горизонтах составляют 6,5–7,5 °С. Глубже минимума температура воды плавно растет и с горизонта 400 м остается почти постоянной (8,5–9 °С). К апрелю температура воды поверхностного слоя моря прогревается до 10–11 °С [Инжебейкин, 2018; Зацепин, Куклев, 2018]. Характерной особенностью летнего вертикального распределения температуры воды является наличие относительно тонкого вертикального квазиоднородного слоя и резко выраженного термоклина под ним. В этом 40-метровом слое перепад температур летом составляет 15–19 °С. Формирование СТК начинается в апреле и продолжается по июнь включительно. В июне-сентябре наблюдается максимальный прогрев поверхностных вод как по значениям температуры (до 25–26 °С), так и по мощности слоя [Инжебейкин, 2018]. Наибольшей мощности (25 м) теплый поверхностный слой достигает в сентябре. Активное разрушение СТК начинается в октябре-ноябре: температура воды поверхностного слоя понижается, а слой скачка температуры заглубляется, температурный минимум залегает на глубине 70–80 м, т.е. несколько выше, чем зимой. Далее, с глубиной, вертикальный ход температуры воды такой же, как и в зимний период. В сентябре начинается повсеместное выхолаживание вод с опережением в мелководных районах, вследствие чего уже в октябре-ноябре наблюдается зимний тип

распределения температуры поверхностного слоя прибрежных вод с минимумами в мелководных и максимумами в относительно приглубых областях. В течение года средние значения температуры воды на поверхности моря повышаются от наименьших значений ($9\text{ }^{\circ}\text{C}$) в феврале-марте до максимальных величин ($25\text{--}26\text{ }^{\circ}\text{C}$) в августе, т.е. годовой размах температур на поверхности моря – $15\text{--}17\text{ }^{\circ}\text{C}$. На горизонте 25 м размах сезонных колебаний температуры воды составляет $8\text{--}9\text{ }^{\circ}\text{C}$ в феврале-марте, максимальные ($17\text{ }^{\circ}\text{C}$) наблюдаются в сентябре. На горизонте 50 м ее изменения не превышают $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, на горизонтах 75–100 м – $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на горизонте 300 м сезонный ход температур практически не прослеживается. В 2007–2010 гг. наблюдалось повышение среднегодовых показателей температуры воды в море [Москаленко и др., 2011].

Летом глубина залегания верхней границы ХПС уменьшается с северо-запада на юго-восток с 50 м в районе Новороссийска до 30 м в районе Сочи. Толщина холодного промежуточного слоя, соответственно, имеет тенденцию повышаться с севера на юг вдоль кавказского побережья с 60 м в районе Новороссийска до 70 м в районе Сочи за счет смещения ближе к поверхности верхней границы ХПС. Ниже ХПС температура воды медленно и равномерно повышается до $8,78\text{--}8,87\text{ }^{\circ}\text{C}$ до горизонтов 300–350 м или до дна на акваториях, ограниченных по глубине этими значениями [Инжебейкин, 2018; Зацепин, Куклев, 2018].

В теплый период года верхний перемешанный слой Черного моря имеет толщину менее 10 м. В это время его подстилает слой сезонного пикноклина (термоклина), тоже тонкий (10–20 м), но с более высокими вертикальными градиентами температуры ($0,2\text{--}0,3\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{м}^{-1}$) и, соответственно, плотности ($0,10\text{--}0,15\text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$) вод. В начале второй декады июля 2007 г. после весенне-летнего прогрева в ВПС толщиной 7,5–10 м температура уже повысилась до летних норм ($24,5\text{--}25,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) на всем протяжении северо-восточного шельфа Черного моря. Ниже ВПС располагался сезонный термоклин, который в июле 2007 г. занимал слой толщиной 12–22 м на глубинах от 6–9 до 20–23 м, то есть его нижняя граница соответствовала среднемноголетнему положению. Вертикальные градиенты температуры в термоклине в среднем составили $0,45\text{--}0,48\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{м}^{-1}$, доходя в максимуме иногда до $2,98\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{м}^{-1}$. Абсолютный минимум в вертикальном профиле температуры воды приходился на глубину порядка 60 м, составив $7,5\text{--}7,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ХПС толщиной около 50 м занимал горизонты от 30–50 до 80–100 м, находясь в верхней части основного пикноклина. Гидростатическая устойчивость слоя минимума температуры поддерживалась пониженной ($18,0\text{--}18,5\text{ ‰}$), относительно ее значений в нижележащих слоях, соленостью. Летом глубина залегания верхней границы ХПС уменьшается с северо-запада на юго-восток с 50 м

в районе Новороссийска до 30 м в районе Сочи. Толщина холодного промежуточного слоя, соответственно, имеет тенденцию повышаться с севера на юг вдоль кавказского побережья с 60 м в районе Новороссийска до 70 м в районе Сочи за счет смещения ближе к поверхности верхней границы ХПС. Ниже ХПС температура воды медленно и равномерно повышается до 8,78–8,87 °С [Инжебейкин, 2018].

Показатели температуры воздуха и воды изменяются в соответствии с изменениями направления меридионального переноса воздуха [Мельников, Зацепин, Костяной, 2011]. Как следует из оценки линейных трендов за последние 30 лет, фоновое потепление составляет 0,072 °С·год⁻¹ по температуре воды и 0,051 °С·год⁻¹ по температуре воздуха.

Соленость воды. Вертикальное распределение солености вод Черного моря формируется под влиянием солевого баланса, определяемого атмосферными осадками, испарением, изменением стока рек, адвекцией вод из Мраморного и Азовского морей, а также образованием и разрушением льда, в основном в северо-западной и северо-восточной частях моря. Пресные воды, которые поступают в Черное море с речным стоком и осадками, перераспределяются течениями и турбулентностью в верхнем слое толщиной от 5–10 м весной и летом до 40–60 м в конце зимы [Инжебейкин, 2018]. Распределение солености по вертикали зимой в исследуемом районе характеризуется почти полной однородностью верхнего 40-метрового слоя, слабыми вертикальными градиентами до глубин 60–75 м и повышенными градиентами до глубин 250–300 м [Качество морских вод... 2018]. Далее, с глубиной, соленость медленно повышается. В летний период поверхностный, однородный по солености слой составляет всего 10–15 м. Глубже ее вертикальный ход такой же, как и зимой. Среднемесячные значения солености несколько изменяются в течение года. Так, на поверхности моря соленость от своих максимальных величин (~18,2 ‰) в декабре постепенно понижается и достигает наименьших в июне-июле (~17,6 ‰). Характерной особенностью годового хода солености на горизонте 25 м является то, что на протяжении всего года она остается почти постоянной (18,1–18,3 ‰). На горизонтах 75–100 м соленость воды меняется в обратном порядке от 18,3–18,8 ‰ в феврале до 18,9–19,4 ‰ в октябре-ноябре. Далее, с глубиной, амплитуда сезонных изменений уменьшается и на глубинах 400–500 м исчезает совсем. В поверхностном слое вблизи берега наблюдается распреснение воды ниже 17,5 ‰ под влиянием речного стока, по мере удаления от берега влияние речного стока ослабевает, соленость постепенно возрастает и приобретает свои обычные для поверхностного слоя открытых вод моря значения (более 18,0 ‰). Область постоянного галоклина находится в слое от 60 до 130 м. Поле солености обладает не меньшей, чем поле температуры, пространственной изменчивостью

в горизонтальной плоскости. В мае на поверхности воды наблюдаются очаги минимальной солености, расположенные вблизи берега. В восточной части моря они обусловлены весенним полноводным стоком рек кавказского побережья. Полоса распресненных вод распространяется течением вдоль берега. Диапазон горизонтальной изменчивости поля солености в мае в слое 0–5 м достигает 1,91 ‰. Влияние распреснения заметно на глубинах до 25–30 м, глубже 40–50 м оно практически не проникает.

Прибрежные воды от Анапы до Сочи относятся к району с относительно пониженной соленостью во все сезоны года. Особенно заметно локальное понижение солености на юге района, в месте впадения в море р. Сочи. От этого участка по направлению к северу соленость повышается. Минимум в сезонном ходе приходится на апрель–март на всех участках района и меняется от 16,39 ‰ (Сочи) до 17,99 ‰ (Анапа). Летом наблюдается незначительное повышение солености прибрежных вод, максимум обычно отмечается в октябре–ноябре и составляет от 16,92 ‰ (Сочи) до 18,26 ‰ (Анапа) [Качество морских вод... 2011–2018]. Значения ниже 15 ‰ были отмечены в устьях всех трех крупных рек – Сочи, Хосты и Мзымты, в конце февраля, а также в июле и октябре 2010 г.

Динамика течений в прибрежной зоне. Течения и их пространственно-временная изменчивость являются основным фактором, определяющим перенос, пространственное распределение, перемешивание и изменение концентрации растворенных и взвешенных в морской воде субстанций, в том числе антропогенных загрязнений. Главным в районе исследований является часть Основного Черноморского течения (ОЧТ), омывающая побережье Кавказа и называемая Кавказским течением (КТ). Оно охватывает полосу вдоль берега шириной порядка 30–40 миль и несет свои воды в генеральном направлении на северо-запад [Зацепин и др., 2011]. На расстоянии 15–20 миль от берега находится область наибольших скоростей (стержень течения) и достигает 50–60 см/с, проникновение ОЧТ в глубину при такой скорости может достигать 200–250 м [Кривошея и др., 2007]. В обе стороны от стержня скорость течения постепенно снижается до 5–10 см/с. При скорости ОЧТ 70–80 мсм/с на шельфе отмечаются нагон вод, повышение уровня моря над шельфом и глубинное противотечение, которое наблюдалось над верхней частью континентального склона последние два десятилетия. В прибрежной зоне квазистационарный режим КТ нарушается частыми и интенсивными возмущениями вихревого характера. Наибольшие градиенты скорости, достигающие 5–8 см/с на милю, наблюдаются в 8–11 милях от берега. Ширина зоны максимальных градиентов скорости составляет 2–3 мили. При прохождении антициклонического вихря (АВ) в его прибрежной части орбитальное движение воды противоположно направлению КТ. Поэтому движение здесь

меняется на диаметрально противоположное (юго-восточное) и сохраняет это направление на все время действия АВ (обычно несколько суток) [Зацепин и др., 2011; Титов, Часовников, 2011]. После прохождения АВ во всей прибрежной зоне восстанавливается прежнее (северо-западное) направление КТ. В мористой же части его орбитальное движение совпадает по направлению с КТ, и поэтому здесь смены течения на противоположное не происходит. Таким образом, режим течений в прибрежной зоне, благодаря воздействию АВ, характеризуется эпизодической сменой северо-западного направления на юго-восточное и наоборот. Ширина зоны прибрежных реверсивных течений у кавказского побережья составляет 6–8 миль. За пределами этой зоны поток вод имеет преимущественно однонаправленный характер в генеральном направлении на северо-запад [Якубенко, 2011; Якубенко и др., 2019].

Динамические процессы в шельфовой области оказывают существенное влияние на чистоту водной среды [Розанов, Гурский, 2016]. Значительный вклад в водо- и массообмен шельфовых вод вносит апвеллинг как один из значимых процессов [Сапожников, 2007]. Циркуляция вод, возникающая при апвеллинге, приводит к самоочищению прибрежных вод, в результате чего береговая полоса воды освобождается от загрязняющих веществ антропогенного происхождения. Загрязненные воды дрейфовым течением выносятся в открытое море, где на значительных глубинах происходит осаждение взвешенных, в том числе и загрязняющих, веществ. Глубинная, более чистая вода поднимается на поверхность. Весьма важное следствие апвеллинга – возрастание биогенных элементов в поверхностном слое воды, что приводит к росту биомассы фито- и зоопланктона и к поддержанию прибрежной экосистемы.

Кислотность, рН, щелочность. Водородный показатель (рН) воды в открытых водах СВЧМ в период 2007–2019 гг. варьировал в пределах 8,13–8,57; среднее за год 8,31 (см. табл. 2) Показатели общей щелочности в это время изменялись от 2,532 мг-экв/дм³ (2008 г.) до 3,070 мг-экв/дм³ (2018 г.). Среднее значение общей щелочности составило 2,730 мг-экв/л.

Кислород. Растворенный кислород в открытой СВЧМ в период 2007–2019 гг. варьировал от 8,60 (2007 г.) до 9,58 мгО₂/дм³ и в среднем составил 8,31 мгО₂/дм³.

Нитратный азот. Концентрация нитратов в районе Большого Сочи в период 2007–2019 гг. изменялась в пределах от 3,2 мкг/дм³ (2018 г.) до 26,0 мкг/дм³ (2007 г.) и в среднем за многолетний период составила 10,28 мкг/дм³.

Таблица 2. Средние значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в открытой СВЧМ в 2007–2019 гг. [Качество морских вод... 2008–2020]

Наименование показателя / Год исследования // Indicator name / Year of research	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Средние показатели за 2007–2019 гг.
Температура воды, °С	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13,95	19,09	16,18	–
pH	8,30	8,32	8,29	8,39	8,25	8,33	–	8,36	8,57	8,33	8,20	8,30	8,13	8,31
Цветность, °	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³	8,60	9,58	9,18	8,64	9,13	9,42	–	8,90	9,00	8,27	8,28	9,60	7,75	8,86
Соленость, ‰	18,56	18,61	17,20	17,50	17,98	18,40	–	18,02	17,59	16,45	18,90	18,34	18,91	18,04
N total, мкг/дм ³	459,00	416,00	209,00	211,00	172,00	123,00	–	198,00	193,00	163,00	325,00	163,00	162,00	232,80
Аммоний ион (N-NH ₄), мкг/дм ³	16,10	10,00	29,00	16,80	12,50	22,60	–	12,00	47,30	36,60	31,90	3,60	9,20	20,63
Нитриты (N-NO ₂), мкг/дм ³	0,20	0,70	0,30	1,37	0,50	0,60	–	0,40	0,70	0,30	0,50	0,60	0,00	0,51
Нитраты (N-NO ₃), мкг/дм ³	26,00	5,30	5,30	14,70	14,40	10,10	–	6,30	6,00	12,60	15,60	3,20	3,90	10,28
P total, мкг/дм ³	10,10	22,50	28,20	21,30	24,90	40,10	–	29,90	57,90	9,69	24,90	24,80	41,10	27,95
Фосфаты (P-PO ₄), мкг/дм ³	4,70	7,00	8,50	4,80	13,30	6,80	–	7,30	5,10	4,70	6,10	6,90	5,90	6,76
Кремний, мкг/дм ³	45,00	90,00	109,00	1000,00	157,00	318,00	–	166,00	66,00	156,00	755,00	126,00	144,00	261,00
СПАВ, мкг/дм ³	11,10	9,30	9,00	10,00	7,00	6,10	4,80	9,60	10,00	8,00	19,00	0,00	10,00	8,76
HУ, мг/дм ³	0,05	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	–	0,009	0,006	0,010	0,010	0,013	0,012	0,018

Примечание: «–» – нет данных; ПДК – предельно допустимые концентрации. Note: «–» – no data; МРС – maximum permissible concentrations.

Нитритный азот. В течение 2007–2019 гг. концентрация нитритного азота в открытых водах района Большого Сочи изменялась от величин ниже предела обнаружения (2019 г.) до 1,37 мкг/дм³ (2010 г.) и в среднем за многолетний период составила 0,51 мкг/дм³.

Аммонийный азот. В открытой СВЧМ содержание аммонийного азота в период 2007–2019 гг. изменялось от 3,6 мкг/дм³ (2018 г.) до 47,3 мкг/дм³ (2015 г.) и в среднем за многолетний период составило 20,63 мкг/дм³.

Общий азот. Концентрация общего азота в прибрежье Сочи в течение 2007–2019 гг. изменялась в широком диапазоне от 123 мкг/дм³ (2012 г.) до 459 мкг/дм³ (2007 г.) и в среднем за исследуемый период составила 233 мкг/дм³.

Фосфаты. Среднегодовая концентрация фосфатов варьировала в пределах от 4,7 мкг/дм³ (2007 и 2016 гг.) до 13,3 мкг/дм³ (2011 г.) и в среднем за исследуемый период составила 6,76 мкг/дм³.

Кремний. Содержание силикатов в пересчете на кремний в открытом море в районе Сочи в 2007–2019 гг. варьировало от 45 мкг/дм³ (2007 г.) до 990 мкг/дм³ (2010 г.) и в среднем за исследуемый период составило 261 мкг/дм³.

СПАВ. Синтетические поверхностно-активные вещества в 2007–2019 гг. в водах открытой СВЧМ отмечались в широком диапазоне концентраций (0,0–11,1 мкг/дм³, но даже самые высокие величины не превышали десятой доли ПДК (100 мкг/дм³); средние за период исследования величины составили 8,76 мкг/дм³.

Нефтепродукты. В 2007–2019 гг. уровень загрязнения прибрежных вод НУ (0,006–0,5 мкг/дм³) в районе Адлер-Сочи был в пределах ПДК (0,05 мкг/дм³) и средняя за исследуемый период концентрация НУ составила 0,018 мкг/дм³.

Надо отметить, что средние показатели анализируемых химических веществ в водах открытой СВЧМ были значительно ниже ПДК.

1.2. РАЙОН АБХАЗИИ

Для климата Абхазии существенное значение имеет температура поверхностного слоя Черного моря, омывающего берега Абхазии. Из среднемесячного распределения температуры поверхностных вод следует, что она понижается с августа (26,2 °С) по февраль (8,8 °С) включительно [Гицба, Экба, 2014].

Гидрологическая структура вод

Температура воды. На протяжении наблюдаемого периода (1993–2014 гг.) максимальная среднегодовая температура воды и воздуха

наблюдалась в 2010 г. (18,3 °С и 18,4 °С соответственно). Минимальная среднегодовая температура воды фиксировалась в 1997 г. (16,2 °С), воздуха – в 1994 г. (12,9 °С). Наибольшее положительное отклонение температуры воды от средней многолетней температуры (16,9 °С) наблюдалось в 2010 г. (+1,4 °С). Среднегодовая температура морской воды в период регионального потепления (1993–2014 гг.) увеличилась на 0,8 °С, тренд годовой температуры обусловлен в основном повышением летних и осенних температур поверхностных морских вод [Гицба, Эмба, 2015].

Годовые колебания температуры воды на поверхности сухумской акватории моря достигали больших величин. Годовая амплитуда определяется как разность между среднемесячной температурой воды в августе и среднемесячной температурой воды в феврале. Годовые колебания меняются в пределах от 15,5 °С в 2009 г. до 19,7 °С в 2012 г. В 2009 г. в феврале наблюдалось одно из наиболее высоких значений температуры воды за последние 22 года (9,5 °С) и достаточно низкая температура в августе (25 °С). Среднегодовая температура в 2009 г. находилась на уровне среднего многолетнего значения. В 2012 г. наоборот в феврале наблюдалась минимальная температура воды (7,6 °С), а в августе наибольшее значение температуры (27,3 °С) и отклонение среднегодового значения от многолетнего в 2012 г. составило +0,3 °С [Гицба, Эмба, 2014].

Умеренная корреляционная связь между среднегодовыми и сезонными значениями температуры морской воды в весенние месяцы связана с наибольшими суточными колебаниями температуры воды, что объясняется нарушением термической стабильности моря из-за повышения количества речного стока, осадков, турбулентного перемешивания и прогревания поверхностных вод. Так, в мае 2013 г. наблюдалась рекордно высокая температура морской воды, которая оказалась на 2,3 °С больше, чем средняя многолетняя температура мая (16,8 °С) за период регионального потепления. В среднем отмечается повышение среднемесячных значений температуры воды на 1,3 °С.

Уровень моря. Многолетний средний уровень моря в Сухуме равен 93 см, максимум уровня моря наблюдается в июле (105,8 см) и минимум – в октябре (84,2 см). Колебание уровня моря хорошо коррелирует с речным стоком ($r = 0,81$). Нарастание уровня моря в течение пяти месяцев (март–июль) идет быстро, что объясняется интенсивным поступлением в море речных вод. Снижение уровня моря наблюдается с июля в связи с уменьшением притока речных вод и увеличением испарения с поверхности моря. Увеличение с октября по декабрь количества осадков вновь вызывает незначительный подъем уровня. Таким образом, наиболее часто наибольшие среднемесячные уровни моря отмечались в июне (45 %), наименьшие в октябре (33 %).

Почти все экстремальные уровни на кавказском побережье обязаны своим происхождением сгонно-нагонным явлениям. Зимой, когда весь поверхностный слой моря охвачен вертикальной циркуляцией и имеет однородный характер распределения температуры, эффект сгонно-нагонных явлений невелик. В летний период, когда имеются значительные различия в температуре поверхности моря и глубинных слоев, сгонно-нагонные явления проявляются особенно резко. При нагонной циркуляции происходят отток воды по дну в открытое море и повышение придонных температур, в редких случаях сгонной циркуляции – приток воды из прилегающих участков моря и, соответственно, понижение придонных температур [Экба и др., 2012].

В течение теплой половины года в 90 % случаев преобладает циклоническая циркуляция водных масс, вызванная северо-восточным, северо-западным и циклоническим восточным полями ветра. Остальные 10 % включают в себя антициклоническую циркуляцию, вызванную южным полем ветра, и циркуляцию вод, вызванную западным полем ветра. В холодную половину года циклоническая циркуляция осуществляется в 60 % случаев, антициклоническая в 30 % случаев и в 10 % случаев наблюдается циркуляция, вызванная западным и циклоническим восточным полями ветра. Таким образом, в течение года в 80 % случаев встречается циклоническая, в 20 % – антициклоническая циркуляция водных масс [Гицба, Экба, 2014].

Режим течений, роза ветров и волнение. В юго-восточной части моря наблюдают замкнутую антициклоническую циркуляцию, что объясняется западным полем ветра над Черным морем. Это круговорот оказывает существенное влияние на режим моря в сухумской акватории, аккумулируя зимой холодную воду. Важной особенностью для режима течений является отклонение основной струи течения вокруг своей оси под влиянием силы Кориолиса. При наличии течения, следующего на северо-запад вдоль кавказского побережья, поверхностные более легкие воды под влиянием силы вращения Земли отклоняются вправо, т.е. к берегу. При обратном направлении течения, т.е. на юго-восток, наблюдается противоположная картина. Таким образом, возникает вертикальная циркуляция сгонно-нагонного типа, оказывающая большое влияние на термический режим прибрежной зоны.

Господствующее направление ветра в сухумской акватории в течение года – западное летом и восточное зимой. В летний период преобладает повторяемость западных румбов и составляет 36,1 %, в зимний период господствует восточное направление ветра (31,5 %). Наиболее часто повторяемость западных румбов наблюдается в июне (39,5 %), повторяемость восточных румбов – в феврале (33,8 %). Наибольшая повторяемость северных румбов

наблюдается зимой (3,4 %), наименьшая – летом (1,7 %), но эти ветры обычно слабые (средняя скорость их составляет 0,8 м/с) и не вызывают сколько-нибудь значительного волнения. Поэтому северное направление волнения моря не наблюдается. Повторяемость южных и юго-западных ветров максимальна в летний период и имеет наименьшие значения в зимний сезон.

Противоположный характер сезонного хода имеют ветры юго-восточного румба: в осенний сезон их повторяемость максимальна (11,2 %) и минимальна в летний сезон (8,8 %), также юго-восточные ветры отличаются значительными скоростями ($v_{cp} = 3,3$ м/с). Повторяемость штиля в среднем за год составляет 7,7 %, наибольшая повторяемость штиля наблюдается в январе (11,7 %).

В абхазской акватории Черного моря в течение года доминирует слабое и умеренное волнение, высота волн не превышает 1 м и их повторяемость составляет 77 %. Повторяемость волн высотой более одного метра (3–5 баллов) в течение года составляет 23 %. Летом повсеместно преобладает волнение силой 1–2 балла, повторяемость таких волн составляет 85,4 %. Зимой их повторяемость уменьшается и составляет 69,1 %. Волны высотой более одного метра (3–5 баллов) чаще всего наблюдаются в зимний период, повторяемость их достигает в этот период 30,9 %, что очевидно связано с усилением атмосферной циркуляции в это время. В среднем в течение года наблюдаемость штормов силой до 5 баллов составляет 90 дней, в отдельные годы количество таких штормов составляет более 140 дней (2004 г.). Наибольшее количество штормов наблюдается в феврале и составляет 35,8 %, наименьшее в мае – 14,8 %. Количество штормовых дней силой 6 баллов в течение всего периода наблюдений (2002–2014 гг.) составило 9 дней. Высота волн от 3,5 до 5,3 м наблюдалась с октября по февраль, и их повторяемость не превышает 0,8 %.

1.3. КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ

Керченский пролив – пролив между Керченским (Крым) и Таманским (Кавказ) полуостровами в России. Соединяет Черное и Азовское моря. Длина около 41 км, ширина от 4 до 45 км. Преобладающие глубины на фарватере 5–15 м, наибольшая – 18 м. Керченский пролив мелководен. Наибольшие глубины при входах в пролив не превышают 10 м на севере и 17 м на юге пролива. К середине пролива глубины постепенно уменьшаются и на значительной площади между параллелями мысов Камыш-Бурну и Еникале не превышают 5,5 м. Таманский залив имеет довольно ровное дно; глубины в нем 4–5,4 м. Залив Динской, являющийся северной частью Таманского залива, мелководен. Грунт в наиболее глубоких местах Керченского пролива илистый, в районе кос – илистый с песком и ракушкой.

Ветры. Большую часть года в Керченском проливе дуют ветры от NE, отличающиеся большой силой и продолжительностью. Летом довольно часты ветры южных направлений. Сильные ветры наблюдаются в любое время года, но преимущественно зимой и осенью. Ветры силой 9 баллов довольно редки. Штили наблюдаются часто, главным образом летом. Зимой ветры от NE приносят похолодание.

Течения в Керченском проливе в основном зависят от ветров, а также от стока воды из Азовского моря. Течение из Азовского моря наблюдается в среднем чаще и обычно при южных ветрах. Замечено также, что при сильных продолжительных ветрах от NE после стока воды из Азовского моря в средней части пролива независимо от направления ветра начинается обратное течение, идущее из Черного моря. Наибольшая скорость течений наблюдается на самых узких частях пролива; при сильных ветрах она может достигать 1,54 м/с. В широкой части пролива скорость течений 0,05–0,25 м/с.

Ледовая обстановка. Лед в Керченском проливе появляется почти ежегодно в среднем в конце декабря. Ледяной покров под влиянием переменных течений и ветров в течение зимы часто нарушается. В очень суровые зимы при северо-восточных ветрах пролив покрывается сравнительно прочным льдом. Полное очищение пролива от льда наблюдается в конце февраля – начале марта. Дрейфующие льды в проливе наблюдаются главным образом весной по вскрытии Азовского моря. Лед из Азовского моря идет в пролив обычно сплошной массой, иногда сильно наторошенный, образуя на косах Чушка и Тузла нагромождения. Значительная часть льда проникает в южную часть пролива [Люция Азовского моря, 1932].

Обитатели пелагиали Керченского пролива в значительной степени подвержены влиянию как природных, так и антропогенных факторов, выражающихся в интенсивном судоходстве, строительстве гидротехнических сооружений, работе портовых и рейдовых перегрузочных комплексов, эксплуатации береговых нефтехранилищ в Тамани и порту Кавказ, перевалке нефти и сыпучих грузов. Все более актуальной становится проблема поступления биогенных элементов с хозяйственно-бытовыми сточными водами [Жугайло и др., 2011; Матишов и др., 2012; 2013].

Температура и соленость. Температура воды в Керченском проливе в течение года может изменяться от 6 °С (от 0 °С – у берегов) в январе до 27,6 °С в июле-августе, среднегодовые величины за период 2012–2019 гг. составили 16,2 °С (см. табл. 3). Средняя соленость вод в Керченском проливе после 2006 г. непрерывно возрастала от 11 ‰ до максимальной 18 ‰ (2017 г.) и после стабилизировалась на значении около 15 ‰.

Кислотность, рН, щелочность. Кислотность изменялась в диапазоне от 7,2 до 8,28 и в среднем за период 2012–2019 гг. составила 7,9. Величины щелочности в 2019 г. варьировали в диапазоне 2,492–3,430/2,805 мг-экв/дм³.

Таблица 3. Среднегодовые значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в водах Керченского пролива в 2012–2019 гг. [Качество морских вод... 2013–2020]

Наименование показателя / Год исследования // Indicator name / Year of research	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Сред- нее
Температура воды, °С	18,10	19,70	16,20	14,10	15,12	14,00	–	–	16,20
pH	7,70	8,00	8,00	7,20	7,70	–	8,10	8,28	7,90
Цветность, °	10,10	9,70	8,70	9,30	8,50	–	–	–	9,30
Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³	8,05	8,60	9,30	8,87	9,08	8,33	9,86	8,31	8,80
Соленость, ‰	13,02	13,38	14,13	14,21	14,37	15,09	14,59	14,71	14,19
Аммоний ион (N-NH ₄), мкг/дм ³	1,30	15,00	11,00	23,00	13,00	39,80	27,30	21,40	19,00
Нитриты (N-NO ₂), мкг/дм ³	1,80	3,60	1,10	0,60	0,40	3,70	9,80	7,40	3,60
Нитраты (N-NO ₃), мкг/дм ³	271,00	114,00	204,00	182,00	131,00	11,40	16,90	18,10	118,60
Фосфаты (P-PO ₄), мкг/дм ³	14,00	8,00	6,00	5,60	7,00	6,10	2,90	6,30	7,00
Кремний, мкг/дм ³	270,00	380,00	410,00	340,00	230,00	222,00	201,00	208,00	283,00
СПАВ, мкг/дм ³	9,00	2,70	6,70	9,20	5,00	13,80	19,10	17,30	10,40
НУ, мг/дм ³	0,013	0,015	0,007	0,007	0,008	0,040	0,155	0,050	0,037

Примечание: «–» – нет данных; ПДК – предельно допустимые концентрации; ПДК – maximum permissible concentrations. Note: “–” – no data; MPC – maximum permissible concentrations.

Нефтепродукты. В период с 2009 по 2020 г. содержание НУ в водах Керченского пролива изменялось от 0,01 мг/л (2013–2016 гг.) до 0,15 мг/л (2018 г.) и в среднем составило 0,062. Причем средняя концентрация НУ в некоторые годы (2009, 2010, 2018 и 2019 гг.) была равна либо превышала ПДК.

Кислород. Растворенный кислород в среднем столбе воды Керченского пролива в 2012–2019 гг. варьировал от 8,05 до 9,86 и в среднем составил 8,8 мгО₂/дм³, насыщенность изменялась в диапазоне от 81 до 119 %.

Нитратный азот. Среднегодовые концентрации нитратов в период 2012–2019 гг. изменялись от 11,4 до 271 мкг/дм³, в среднем составили 118,6 мкг/дм³.

Нитритный азот. Содержание нитритов в 2012–2019 гг. колебалось в пределах 0,4 до 9,8 мкг/дм³ и в среднем составило 3,6 мкг/дм³.

Аммонийный азот. Концентрация аммонийного азота в период наблюдений (2012–2019 гг.) изменялась в пределах 1,3–39,8 мкг/дм³, со средней величиной 19 мкг/дм³.

Фосфаты. Содержание фосфатов в 2012–2019 гг. изменялось от 2,9 до 14 мкг/дм³ и в среднем составило 7 мкг/дм³.

СПАВ. Концентрация катионных СПАВ в 2012–2019 гг. изменялась от 2,7 до 19,1 мкг/дм³; в среднем – 10,4 мкг/дм³.

Таким образом, средние показатели всех приведенных выше химических веществ в водах Керченского пролива были значительно ниже ПДК.

1.4. НОВОРОССИЙСКАЯ БУХТА

Новороссийская бухта – одна из крупнейших бухт северо-восточного побережья Черного моря, представляет собой удлинённый залив, юго-восточная часть которого непосредственно примыкает к открытому морю. Географические координаты – 44°41' с.ш. и 37°50' в.д. [Лочия Черного моря, 1958]. Характерной чертой этого водоема считается его сравнительно небольшая глубина, оказывающаяся причиной специфических особенностей в годичном цикле развития планктона. Район восточного берега характеризуется крутыми склонами, с чем связана высокая прибойность в прибрежной зоне, высоким уровнем техногенного загрязнения, вследствие функционирования нефтегазавани «Шесхарис», «5-я пристань», предприятий цементной промышленности, тяжелого машиностроения, базирования военного и торгового флота. У западного берега, где сохранился естественный биотоп скал и камней, очень высокая загрязненность бытовыми канализационными стоками и более слабый гидрологический режим в связи с низкими отлогими берегами. Протяженность Новороссийской бухты от м. Дооб

до оконечности Суджукской косы составляет 28 км, из них 16,7 км приходится на восточный берег (от корня восточного мола до м. Дооб), 5,6 км – на западный берег (от корня западного мола до оконечности Суджукской косы) и 5,7 км – на бассейн порта. Общая площадь бухты – 53,86 км². По рельефу дна и гидрологическим условиям Новороссийская бухта делится на три экологических района: порт, средняя и открытая часть [Водяницкий, 1936]. Порт расположен в кутовой части бухты (площадь – около 3 км²), характеризуется небольшой глубиной (7–10 м) и слабым водообменом с другими частями бухты в связи с ее огражденностью моловыми сооружениями. Средняя часть бухты – промежуточная между кутовой частью и открытым морем (глубина (17,6–23 м). Третий район расположен у выхода из Новороссийской бухты (горло с открытой частью). Его максимальные глубины составляют 30–35 м.

Циркуляция вод. Процессы перемешивания вод в бухте и обмена их с открытым морем протекают весьма интенсивно, за исключением непродолжительных штилевых периодов. Течения в бухте зависят от ветра, который определяет направление и скорость поверхностного течения. При сгонных ветрах нарушается циклоническая система течений и устанавливается обратное течение, при котором у берегов на поверхность выходят глубинные воды. Господствующие ветра северо-восточные (более 26 % повторяемости). Северо-восточный ветер отличается наибольшей устойчивостью и силой [Овчинников и др., 1996]. Явление «бора», отмечаемое в г. Новороссийске преимущественно в зимний сезон, наблюдается в среднем 47 дней в году при скорости ветра более 20 м/с. С 1990 г. повторяемость норд-остов в 1,5–2,5 раза выше, чем в более ранний период, но средние скорости уменьшились [Москаленко и др., 2011]. Ветровым переносом охватывается вся толща воды, и в стационарном состоянии сгонно-нагонное компенсационное течение равно по массопереносу поверхностному. Отклонение среднего поверхностного течения вправо от направления ветра, его вызвавшего, составляет для района порта – 14°, для средней части бухты – 35°, для открытой части – 45°. Летом возрастает повторяемость штилевой погоды. В летний сезон с развитием вертикальной стратификации вод глубина трения уменьшается и создаются более благоприятные условия для расслоения поля течений по вертикали. Реакция поля течения на изменение ветра достаточно быстрая (от 15 до 60 мин.). По данным инструментальных наблюдений определен ветровой фактор. В среднем его величина колеблется от 1,6 до 1,8 см/с. Для ветров южного сектора значение ветрового фактора может быть больше, но и в этом течения не будут чисто дрейфовыми. Дополнительным фактором служит ветровой нагон в бухту. Отношение скорости придонного компенсационного течения к поверхностному составляет в среднем 0,8. Скорости течений в бухте распределяются следующим образом: наибольшие значения

отмечаются у м. Дооб (в среднем 15,2 см/с, максимум – 33 см/с), а также у восточного берега (в среднем 11 см/с, максимум – 25 см/с). В районе порта и у западного берега течения более слабые (в среднем 8 см/с, максимум – 20 см/с). Циркуляция вод в бухте отмечается и при штилях. Максимальная скорость поверхностного течения при штиле составляет 10 см/с, среднее значение – 7 см/с. На рисунке 3а в работе [Ясакова, Макаревич, 2017] показана схема циркуляции воды в бухте при северо-восточном ветре. Эта схема реализуется зимой с 35 %-ной повторяемостью, летом – 20 %-ной, в среднем за год – 26 %-ной. Компенсационное придонное течение замыкает своеобразный вертикальный круговорот, который охватывает акваторию порта и способствует ее водообмену с открытой частью бухты. Ветровая депрессия проявлялась в апреле, мае, августе-октябре и декабре 2007 г., в остальные периоды значения скорости ветра не превышали норму [Жукова и др., 2008]. Бора в районе Новороссийска наблюдалась 17–18 февраля и 14 марта (14–20 м/с). Аналогичный круговорот, но в обратном направлении, зарождается при западных и юго-западных ветрах [Ясакова, Макаревич, 2017, рис. 3б]. Однако при этом в бухту затягиваются поверхностные воды открытого моря, что благоприятно для экологического состояния бухты. Такая обстановка реализуется в среднем с повторяемостью 15 % в год. Юго-восточные и южные ветра за год в сумме повторяются 27 % случаев, летом – около 35 %. При этом скорость ветра и соответственно течений невелика. Схема течений показана в [Ясакова, Макаревич, 2017, рис. 3в]. В этом случае происходит наибольший нагон поверхностных вод открытого моря в бухту. Наиболее благоприятны для экологического состояния вод бухты и акватории порта сгонные северо-западные ветра [Ясакова, Макаревич, 2017, рис. 3г]. Подобная картина возникает относительно редко, в среднем за год с повторяемостью в 7 %. Распределение течений в бухте при штилях (повторяемость 18 % в год, максимум в мае – 29 %) более сложно и не постоянно, при этом имеют значение направление и сила предшествующих течений, а также процессы, происходящие в открытом море, в частности прохождение антициклонических вихрей прибрежной зоны конвергенции (ПЗК). При приближении вихрей в его передней части составляющая скорости направлена в бухту и способствует нагону поверхностных вод, при удалении вихрей составляющая скорости в тыловой части направлена в сторону открытого моря, и часть поверхностных вод бухты увлекается в этом направлении, компенсируясь водой нижележащих горизонтов.

Среднегодовая температура морской воды у поверхности достигает 14,4 °С, в придонном слое – 11,2 °С. В течение года средние значения температуры воды на поверхности моря изменяются от 8 °С в феврале-марте до 26–28 °С в августе, т.е. годовой размах колебаний температуры воды на поверхности моря составляет 15–17 °С (см. табл. 4).

Таблица 4. Средние значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в акватории Новороссийской бухты в 2007–2018 гг. [Качество морских вод... 2008–2019]

Наименование показателя / Год исследования // Indicator name / Year of research	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Средние показатели за 2007–2018 гг.
Температура воды, °С	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	16,00	17,30	8,32
pH	–	8,31	8,26	8,26	8,23	8,19	–	8,37	8,42	8,39	8,37	8,44	8,86
Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³	≥6,00	8,99	9,25	8,15	8,86	9,34	–	9,44	8,29	8,52	9,54	8,46	16,59
Соленость, ‰	–	16,77	15,87	15,57	14,24	14,49	17,00	18,30	18,42	17,79	17,49	17,63	63,15
Аммоний ион (N-NH ₄), мкг/дм ³	389,00	2,18	40,00	84,00	52,00	43,10	61,00	94,50	78,40	173,70	26,50	49,42	2,38
Нитриты (N-NO ₂), мкг/дм ³	24,00	2,50	3,40	3,00	1,70	4,10	2,90	1,30	2,70	1,50	1,47	0,67	18,77
Фосфаты (P-PO ₄), мкг/дм ³	67,00	11,00	13,00	18,00	13,80	10,30	15,00	12,30	57,80	12,50	19,73	15,78	275,69
Кремний, мкг/дм ³	–	382,00	400,00	477,00	128,00	271,00	200,00	266,00	471,00	155,50	173,70	15,10	8,13
СПАВ, мкг/дм ³	100,00	5,00	8,20	12,50	4,60	5,20	5,50	9,20	7,50	10,83	–	–	0,020
НУ, мг/дм ³	0,050	0,015	0,045	0,032	0,012	0,003	0,013	0,024	0,035	0,019	0,014	0,011	

Примечание: «–» – нет данных; ПДК – предельно допустимые концентрации; «–» – no data; МРС – maximum permissible concentrations.

Соленость. Среднегодовые показатели солености изменялись от 14,24 (2011 г.) до 18,42 ‰ (2015 г.) и в среднем за многолетний период составили 16,59 ‰.

Кислотность, рН, щелочность. Среднегодовые значения рН в 2007–2018 гг. изменялись от 8,19 до 8,44 и в среднем за исследуемый период составили 8,32. Значения общей щелочности были в пределах диапазона обычной межгодовой изменчивости от 2,786 мг-экв/дм³ (2017 г.) до 3,49 мг-экв/дм³ (2012 г.), в среднем – 3,156 мг-экв/дм³.

Нефтепродукты. В районе Новороссийска в 2007–2018 гг. концентрации НУ в воде не превышали ПДК (0,05) в среднем составили 0,021 мг/дм³. Среднегодовое содержание нефтяных углеводородов (НУ) варьировало от 0,003 мг/дм³ (2012 г.) до 0,045 мг/дм³ (2008 г.).

Кислород. Минимальная среднегодовая концентрация растворенного в воде кислорода (8,15 мгО₂/дм³) была отмечена в 2010 г., максимальная – в 2017 г. (9,54 мгО₂/дм³), средние за период исследования величины составили 8,86 мгО₂/дм³.

Нитритный азот. Среднегодовая концентрация нитритов в воде в 2018 г. была минимальной и составила 0,067 мкг/дм³; максимальный уровень этих веществ (4,1 мкг/дм³) был зафиксирован в 2012 г.; а в среднем за исследуемый период составил 2,38 мкг/дм³; что было существенно ниже норматива (ПДК = 24 мкг/дм³).

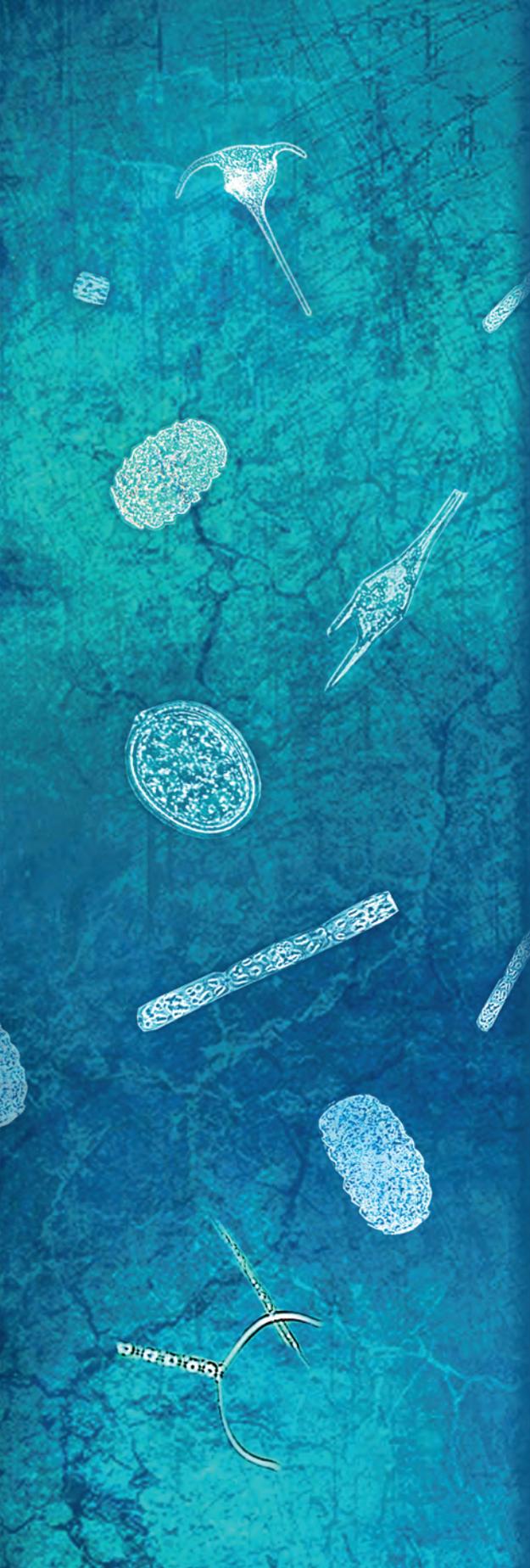
Аммонийный азот. Содержание аммонийного азота в 2007 г. в акватории Новороссийской бухты было самым низким (2,18 мкг/дм³), а в 2016 г. – критически высоким (173,7 мкг/дм³), однако и он был в 2 раза ниже ПДК (389 мкг/дм³). Средние за исследуемый период 2007–2018 гг. концентрации этого вещества составили 63,15 мкг/дм³.

Фосфаты. Диапазон изменчивости средневзвешенных значений фосфатов в период наблюдений составил от 10,3 мкг/дм³ (2012 г.) до 57,8 мкг/дм³ (2015 г.), что приближалось к значениям ПДК (67 мкг/дм³). Средняя за 12-летний период исследования величина фосфатов составила 18,77 мкг/дм³.

Кремний. Среднегодовая концентрация кремния в районе Цемесской бухты колебалась в значительном диапазоне: от 15,1 мкг/дм³ (2018 г.) до 77 мкг/дм³ (2010 г.), и в среднем за период наблюдения составила 76 мкг/дм³.

СПАВ. Среднегодовая концентрация катионных СПАВ в бухте изменялась от 4,6 мкг/дм³ (2011 г.) до 12,8 мкг/дм³ (2009 г.), со средними за 2007–2016 гг. значениями 8,13 мкг/дм³, что на порядок ниже значений ПДК (100 мкг/дм³).

Средние за многолетний период показатели химических веществ в водах Новороссийской бухты так же, как и в других исследуемых районах моря, были значительно ниже ПДК.



ГЛАВА

2

МАТЕРИАЛЫ
И МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования послужили сборы фитопланктона в открытой северо-восточной части Черного моря (от Керченского пролива до Абхазии включительно) и в акватории Новороссийской бухты в разные сезоны 2007–2020 гг. Сезонные исследования фитопланктона открытой СВЧМ были проведены во время комплексных экспедиций НИС «Денеб» в разные сезоны 2007–2018 гг. В монографию вошли также данные по исследованию планктонных альгоценозов, выполненных в открытой СВЧМ в августе-сентябре 2016, 2017 и 2019 гг. в рамках проекта EMBLAS-II (Improving Environmental Monitoring in the Black Sea – Phase II, ENPI/2013/313-169) and EMBLAS-Plus (Improving Environmental Monitoring in the Black Sea – Selected Measures, ENI/2017/389-859). Изучение вертикальной структуры фитопланктона проводили на стандартных горизонтах 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50 м; либо на 3–5 горизонтах: поверхность, $\frac{1}{2}$ слоя воды до термоклина (ТК); в начале, непосредственно в слое и в конце ТК; поверхность и дно – в районе Керченского пролива. Проанализировано 1026 проб (см. табл. 5). Отбор проб в акватории Новороссийской бухты выполняли во время коротких рейсов на маломерных судах ФГБУ «АМП ЧМ». Проанализировано 326 проб.

Пробы фитопланктона объемом 1–1,5 л отбирали в дневное время суток с помощью батометров Молчанова (прибрежные станции) и Нансена, Нискина (глубоководные станции). В акватории Новороссийской бухты пробы концентрировали методом обратной мягкой фильтрации через ядерные фильтры (диаметр пор 1–2 мкм) с помощью фильтрационной воронки Ю.И. Сорокина (1979). Сгущение проб фитопланктона в открытой северо-восточной части Черного моря (рейсы НИС «Денеб») осуществляли осадочным методом до 20–50 мл. Фиксировали 5 %-ным раствором Люголя, дубликат проб – раствором нейтрального формальдегида до конечной концентрации 2 % [Щыбань, 1980; Суханова, 1983; Макаревич, Дружков, 1989]. Клетки фитопланктона просматривали в счетной камере собственной модификации и камере Nageotte, объемом 0,05 и 0,1 мл при увеличении $\times 200$, $\times 400$, не менее чем в трех повторностях [Федоров, 1979; Кольцова и др., 1979; Руководство... 1980; Радченко и др., 2010].

Большинство форм микро- и нанопланктонных водорослей классов Chrysophyceae, Euglenophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae, Cryptophyceae

и некоторые «голые» представители Dinophyceae не имеют плотных клеточных оболочек, их нежные клеточные мембраны легко разрушаются даже под действием даже слабых фиксаторов. Учет этой размерной группы проводили в «живой капле». Для определения редких и крупных форм фитопланктона просматривали часть концентрата (1/5–1/10). Минимальный размер учитываемых клеток – 3–5 мкм. Для колониальных синезеленых водорослей в качестве одной условной единицы счета принимали нить длиной 50–100 мкм.

Видовую классификацию фитопланктона проводили с использованием материалов интернет-сайта «Algae Base.org» [<http://www.algaebase.org/search/species>]. При идентификации видов использовали руководства [Косинская, 1948; Определитель... 1953, 1959; Киселев, 1950; Прошкина-Лавренко, 1955, 1963; Коновалова, 1988; Коновалова и др., 1989; Dodge, 1982; Identifying... 1997]. Расчет численности фитопланктона проводили по формуле:

$$N = \frac{V_2 \cdot n}{V_1 \cdot V_3},$$

где V_1 – объем профильтрованной воды, мл; V_2 – объем концентрата, мл; V_3 – объем счетной камеры, мл; n – количество клеток в счетной камере.

Биомассу водорослей оценивали объемным методом, исходя из размеров и форм клеток по наиболее сходному геометрическому подобию, используя оригинальные и литературные данные измерений объема клеток для каждого вида [Кольцова, 1970; Сеничкина, 1978; Брянцева и др., 2005]. Считая удельный вес водорослей равным единице, определяли вес клетки, исходя из ее объема: $B = B_{кл} \cdot N / 100\,000$, где B – биомасса фитопланктона, мг/м³; $B_{кл}$ – биомасса клетки, пг.

Для оценки сходства таксономического состава микроводорослевых сообществ исследуемых акваторий СВЧМ использовали коэффициент Серенсена – Чекановского, Дайса и пр. [Шмидт, 1984; Clarke, Warwick, 1994]:

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

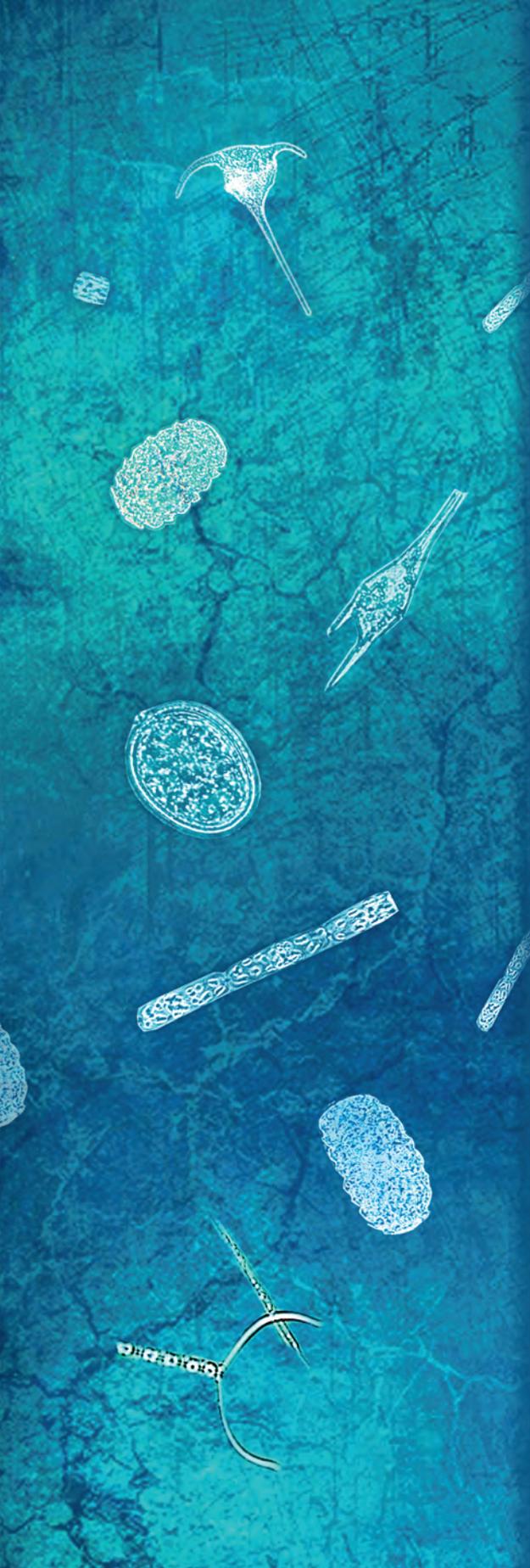
где A, B – общее число видов, зарегистрированных в сравниваемых пробах; C – количество форм, общих для двух сравниваемых проб. Массовые виды формировали более 10 % численности или биомассы фитопланктона, обычные – от 1 до 10 %; редкие – до 1 %.

Таблица 5. Таблица отбора проб фитопланктона в северо-восточной части Черного моря в 2007–2020 гг. Table 5. Table of phytoplankton sampling in the Northeastern part of the Black Sea in 2007–2020

Район исследования / Research area	Дата / Date	Количество станций / Number of stations	Количество проб / Number of samples	Район исследования / Research area	Дата / Date	Количество станций / Number of stations	Количество проб / Number of samples
I	2	3	4	5	6	7	8
	V, VII, IX 2007	8	24		VII 2007	18	36
	VII, IX, X 2008	8	24		IV, VI, X 2008	55	161
	VI, VIII, X 2009	8	24		IV 2009	17	29
	VII, IX, X 2010	8	24		VII 2010	18	65
	VI, VII, IX 2011	18–22	62		V, VI, X 2011	30	120
	VI, VIII, X 2012	8	24		IV, VII, X 2012	19	60
	V, VIII, IX 2013	8	24		V, VII, XI 2013	24	71
	VI, VIII, X 2014	8	24		IX 2014	6	18
	IX, X, XI, 2015	8	24		VI 2015	4	12
	VII, IX, XI, 2016	8	24		X, XI 2016	15	43
	VI, VIII, X 2017	8	24		V, VI 2017	4	24
	V, VIII, IX 2018	8	24		II 2018	4	12
Всего проб / Number of Samples 326				Всего проб / Number of Samples 651			

Окончание таблицы 2 / Continued from the previous Table 2

1	2	3	4	5	6	7	8			
Керченский пролив (рейсы НИС «Денеб») / Kerch Strait (flights of NIS "Deneb")	IV 2009	3	6	Район Абхазии (рейсы НИС «Денеб») / The region of Abkhazia (flights of research vessel "Deneb")	VI, VII, X 2011	18	60			
	VII 2010	4	8							
	VI, IX 2011	12	14					IV, VII, X 2012	12	52
	V, VII 2012	3	3					V 2013	10	53
Рейсы Embias / flights of research vessel Embias	V, VII 2013	4	4		IX 2014	9	45			
	VIII, 2016	5	5					X 2019	15	15
	VIII, 2019	3	9					X 2020	15	33
	Всего проб/ Number of Samples 49									
Всего проб/ Number of Samples 258										
Район Большого Сочи (рейсы по программе Embias) / Greater Sochi Area (flights of Embias)	XI, 2016	14	14	Вся СВЧМ (рейсы по про- грамме Embias) / The NEBS (flights of Embias)	VIII, 2019	23	31			
	XI, 2017	11	23							
Всего проб / Number of Samples 68										
ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ПРОБ / TOTAL NUMBER OF SAMPLES 1352										



ГЛАВА

3

МНОГОЛЕТНЯЯ
ДИНАМИКА
КАЧЕСТВЕННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК
ФИТОПЛАНКТОНА
В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ
ЧАСТИ
ЧЕРНОГО МОРЯ.
НОВЫЕ ВИДЫ

В составе фитопланктона шельфовой зоны СВЧМ отмечено 15 классов и от 237 (за период исследования 2012–2020 гг.) до 320 видов водорослей (1948–2011 гг.), включая 41 вид потенциально токсичных и вредоносных, и 19 видов новых для исследуемой зоны моря (см. Приложение 1). Наибольшим видовым разнообразием отличались динофитовые (116–156 видов) и диатомовые (89–124), другие классы были представлены 1–10 видами (Приложение 2). Ряд видов диатомовых водорослей, указанных в составе фитопланктона СВЧМ XX века [Михайловская, 1936; Морозова-Водяницкая, 1948; Прошкина-Лавренко, 1955; Незлин, Зернова, 1983], в первые два десятилетия XXI века в этой зоне моря отмечены не были, это виды: *Cerataulina velifera* Mereschkowsky, 1902; *Chaetoceros abnormis* Proshkina-Lavrenko, 1953; *Chaetoceros convolutus* Castracane, 1886; *Chaetoceros densus* Cleve (Cleve), 1899; *Chaetoceros dictyota* Ehrenberg, 1844; *Chaetoceros holsaticus* F. Schütt, 1895; *Chaetoceros neogracilis* VanLand., 1968; *Coscinodiscus gigas* Ehrenberg, 1841; *Coscinodiscus concinnus* W. Smits, 1856; *Coscinodiscus marginatus* Ehrenberg, 1844; *Coscinodiscus nitidus* W. Gregory, 1857; *Grammatophora angulosa* Ehrenberg, 1841; *Endictya oceanic* Ehrenberg, 1845; *Hemiaulus membranaceus* Cleve; *Leptocylindrus adriaticus* Schroder, 1908; *Melosira dubia* Kützing, 1844; *Melosira lineate* (Dillwyn) C. Agardh, 1924; *Melosira nummuloides* C. Agardh, 1924; *Navicula cancellata* Donkin, 1872; *Nitzschia bicapitata* Cleve, 1901; *Podosira hormoides* (Mont) Kützing; *Porosira glacialis* (Grunow) E. Jørgensen, 1905; *Rhizosolenia delicatula* Cleve, 1900; *Thalassiosira nana* Lohmann, 1908) и динофлагелляты (*Ceratium falcatum* (Kofoid) Jørgensen, 1920; *Ceratium pentagonum* Gourret, 1883; *Glenodinium danicum* Paulsen, 1907; *Gymnodinium rhomboides* Schütt, 1895; *Oxytoxum viride* Schiller, 1937; *Prorocentrum vaginula* (F. Stein) Dodge, 1975; *Peridinium achromaticum* Levander, 1902; *Pyrophacus horologium* F. Stein, 1883). Другие 37 видов были отмечены исключительно в период 2012–2020 гг., среди них 10 видов диатомовых, 21 вид динофитовых и виды других классов водорослей [Теренко, 2004, 2007; Ясакова, Макаревич, 2017; Vershinin, Moruchkov, 2003; Vershinin et al., 2005; Vershinin, Morton, 2005; Vershinin et al., 2006; Checklist, 2010; Yasakova, 2011; Silkin et al., 2018].

В составе фитопланктона СВЧМ обнаружено значительное количество (199) видов, которые встречались как в ранний (1948–2011 гг.), так и в более

поздний период исследования (2012–2020 гг.), среди них 80 видов диатомовых, 94 вида динофитовых и 25 видов, относящихся к другим классам водорослей. При этом коэффициент общности видового состава планктонных водорослей (коэффициент Серенсена – Чекановского, Дайса), обнаруженных в течение сравниваемых периодов исследования, составил 72 %. Изменения, отмеченные в таксономическом составе фитопланктона СВЧМ в течение длительного периода (1948–2020 гг.), могут быть связаны с естественными динамическими процессами в пространстве и во времени, инвазией новых видов посредством морских течений и морского балласта, несовпадением исследуемых акваторий и различий в изучении вертикального распределения фитопланктона, а также разными подходами к таксономической идентификации видов.

НОВЫЕ ВИДЫ В СОСТАВЕ ФИТОПЛАНКТОНА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

В последние десятилетия в составе фитопланктона Черного моря все чаще стали регистрировать новые, не характерные для данного водоема виды фитопланктона [Георгиева, 1993; Сеничева, 2002; Vershinin et al., 2005; 2006]. Многие авторы связывают этот факт с балластными водами коммерческих судов [Александров, 2004; Матишов, Селифонова, 2006; Звягинцев и др., 2009]. Некоторые виды планктонных водорослей, ранее отмечаемые только в северо-западном и прибосфорском районах Черного моря, стали появляться в северном и северо-восточном районах моря. В таблице 6 приводится обзор литературных с 1940-х гг. и оригинальных данных с 1998 г., посвященных теме вселенцев среди планктонных водорослей, обнаруженных в разных районах Черного моря. Отмечено значительное разнообразие старых и новых вселенцев, среди которых большинство видов (38–58) фитопланктона распространено в западной части моря (особенно в районе Одесского залива) и в районе Босфора. В последние годы прослеживается тенденция к натурализации инвазионных видов планктонных водорослей в северо-восточной акватории моря.

Таблица 6. Виды-вселенцы среди планктонных водорослей, обнаруженные в разных районах Черного моря в период 1940–2020 гг.

Table 6. Alien species among planktonic algae found in different areas of the Black Sea in the period 1940–2020

Таксон / Район моря // Taxon / Sea area	
Bacillariophyta:	Dinophyta:
<i>Biddulphia alternans</i> (Bail.) V.H. ¹	<i>Diplopsalopsis orbicularis</i> (Paulsen) ^{2,3}
<i>Eucampia cornuta</i> (Cl.) Grun ¹	<i>Dinophysis odiosa</i> (Pavillard) Tai & Scogsberg. ^{2,3}
<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightw. ¹	<i>D. schuttii</i> Murr. et Whitt. ²
<i>Thalassiothrix mediterranea</i> Pavill. ^{1,2,3}	<i>Katodinium rotundatum</i> (Lohm.) Loeblich. ^{2,3}
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (Grun) Hallegr. ^{1,3}	<i>Goniadoma striatum</i> Mang. ²
<i>Fragillaria striatula</i> Lyngb. ¹	<i>Gymnodinium aeruginosum</i> Stein ²
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castr.) Round. ^{2,3}	<i>G. blax</i> Harris ^{2,3}
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> Cleve. ²	<i>G. heterostriatum</i> Kof. et Sw. ²
<i>Chaetoceros trondsenii</i> ³	<i>G. lacustre</i> Schill. ²
<i>Chaetoceros divergens</i> var. <i>papilionis</i> Senich ²	<i>G. paradoxum</i> Schill. ¹
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran. ^{2,3}	<i>G. pygmaeum</i> Lebour. ^{1,2}
<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle. ^{2,3}	<i>G. stellatum</i> Hulburt. ^{2,3}
<i>Pseudonitzschia inflatula</i> Hasle ²	<i>G. uberrimum</i> (Allman) Kof. et Sw. ²
Dinophyta:	<i>Gyrodinium</i> cf. <i>aureolum</i> Hulburt ²
<i>Alexandrium acatenella</i> (Whed. et Kof.) Balech ²	<i>G. ovum</i> (Schutt) Kof. et Sw. ²
<i>A. affine</i> (Inoue et Fukuyo) Balech ²	<i>Oxyphysis oxytoxoides</i> Kof. ^{2,3}
<i>A. ostensfeldii</i> (Pauls.) Balech et Tangen. ^{2,3}	<i>Oxytoxum parvum</i> Schill. ¹
<i>A. tamarense</i> (Lebour) Balech. ^{2,3}	<i>O. turbo</i> Kof. ²
<i>A. minutum</i> Halim ³	<i>O. variabile</i> Schill. ^{1,3}
<i>A. monilatum</i> (Howell) Balech ²	<i>O. viride</i> Schill. ¹
<i>A. pseudogoniaulax</i> (Biecheler) Horiguchi ²	<i>Peridinium aciculiferum</i> Lemm. ^{2,3}
<i>Achardina sulcata</i> Lohm. ²	<i>P. sinaicum</i> Matz ¹
<i>Amphidinium conradi</i> (Conrad.) Schill. ^{1,2}	<i>Protoperidinium ponticum</i> Versh. et Morton ³
<i>A. inflatum</i> Kof. ²	<i>Podolampas spinifer</i> Okatumura ²
<i>A. lanceolatum</i> Schrod ²	<i>Polykrikos kofoidii</i> Chatton. ^{2,3}
<i>A. lacustre</i> Stein ²	<i>Pronoctiluca acuta</i> (Lohm.) Schill. ¹
<i>A. larvale</i> Lindem. ²	<i>P. pelagica</i> Fabre-Domer. ^{1,3}
<i>A. vigrense</i> Wolosz. ^{1,2}	<i>Pyrocystis hamulus</i> Cl. ¹
<i>A. mannanini</i> Herd. ¹	<i>P. fusiformis</i> (W. Th.) Mur. ¹

Продолжение таблицы 6

Continued from the previous Table 6

Таксон / Район моря // Taxon / Sea area	
<i>Ceratum hexacanthum</i> f. <i>contortum</i> (Lemm.) Jorg. ¹	<i>Spatulodinium pseudonociluca</i> (Pouchet) Cachon et Cachon ^{1, 2, 3}
<i>C. massiliense</i> (Gourret) Jorg. ¹	<i>Warnowia maculate</i> (Kof. et Sw.) Lind. ²
<i>C. furca</i> var. <i>eugrammum</i> (Ehr.) Jorg. ^{1, 2}	<i>W. schuettii</i> (Kof. et Sw.) Schill. ²
<i>C. furca</i> var. <i>seta</i> (Ehr.) Jorg. ¹	Chrysophyta:
<i>C. fusus</i> var. <i>schuttii</i> Lemm. ²	<i>Distephanus speculum</i> var. <i>septenarius</i> Jorg. ²
<i>C. longirostrum</i> Gourr. ²	<i>D. octonarius</i> var. <i>polyactis</i> (Jorg.) Gleser ²
<i>C. pulchellum</i> f. <i>dalmaticum</i> (Bohm.) Schill. ²	<i>Syracosphaera coronata</i> Lochm. ^{1, 3}
<i>C. strictum</i> (Okam. et Nishik.) Kof. ²	<i>S. cornifera</i> Schill. (Helladosphaera) ¹
<i>C. teres</i> Kof. ¹	<i>S. quadricornu</i> (Antthosphaera) Schill. ¹
<i>C. trichoceros</i> (Ehr.) Kof. ¹	<i>S. quadricornu</i> (Antthosphaera) Schill. ¹
<i>C. tripos</i> var. <i>atlanticum</i> Ostf. ¹	<i>S. spinosa</i> Lochm. ¹
<i>C. tripos</i> (O.F. Mull.) var. <i>tripos</i> ²	<i>Calyptotrophaera incise</i> Schill. ¹
<i>C. hexacantum</i> f. <i>aestuarium</i> (Schrod) Schill ¹	<i>Coccolithus pelagicus</i> (Walich.) Schill. ¹
<i>Cochlodinium citron</i> Kof. et Sw. ^{1, 3}	<i>Rhabdosphaera stylifera</i> Lohm. ¹
<i>C. geminatum</i> (Schutt) Schutt ²	<i>Phaeocystis pouchetii</i> (Hariot) Lagerheim ^{2, 3}
<i>C. helicoides</i> Lebour ²	Chlorophyta, Prasinophyceae:
<i>C. helix</i> (Pouch.) Lemm. ²	<i>Mantoniella squamata</i> (Manton & Parke) Desikach. ²
<i>Margalefidinium polykrikoides</i> (Margelef) F. Gómez, Richlen & D.M. Anderson ^{2, 3}	<i>Pyramimonas longicauda</i> Van Meel ²

Примечание: 1 – прибосфорский район Черного моря [Skolka, Bodyanu, 1963; Гергиева, 1993]; 2 – Одесский залив, Крым: Ялта, Севастополь [Сеничкина, 1973; 2001; Александров, 2001; 2004; Теренько, Теренько, 2001; Сеничева, 2002; Теренько, 2005a,б]; 3 – Северо-восточная часть Черного моря [Вершинин и др., 2005; Вершинин, Орлова, 2008; Ясакова, 2010, Ясакова, 2022; Силкин и др., 2011].

Note: 1 – pribosforsky district of the Black Sea [Skolka, Bodyanu, 1963; Gergieva, 1993]; 2 – Odessa Bay, Crimea: Yalta, Sevastopol [Senichkina, 1973; 2001; Alexandrov, 2001; 2004; Terenko, Terenko, 2001; Senicheva, 2002; Terenko, 2005a,b]; 3 – The Northeastern part of the Black Sea [Vershinin et al., 2005; Vershinin, Orlova, 2008; Yasakova, 2010, Yasakova, 2022; Silkin et al., 2011].

Таким образом, большинство новых видов водорослей вселилось в прибосфорский район и западную часть Черного моря, восточная часть моря в меньшей степени подвержена биологическим инвазиям. Вероятно, вселение новых видов водорослей сдерживалось более олиготрофными условиями и меньшим разнообразием различных биотопов, в которых смогли бы прижиться виды-вселенцы, а также конкурентными отношениями с видами-аборигенами. В результате исследований фитопланктона в СВЧМ в 2000–2020 гг. было обнаружены несколько новых видов динофитовых: *Margalefidinium*

polykrikoides, *Alexandrium minutum*, *Alexandrium ostenfeldii*, *Alexandrium tamarense*, *Peridinium aciculiferum*, *Protoperidinium ponticum*, *Dinophysis odiosa*, *Oxytoxum variabile*, *Gymnodinium stellatum*, *Oxyphysis oxytoxoides*, *Spatulodinium pseudonociluca*, *Scaphodinium mirabile*, *Actiniscus pentasterias*; диатомовых *Pseudo-nitzschia pungens*, *Chaetoceros tortissimus*, *Chaetoceros trondsenii*, *Asterionellopsis glacialis*, *Lioloma pacificum*, и примнезвивая *Phaeocystis pouchetii* (см. Приложение 2). Некоторые из перечисленных видов являются потенциально токсичными [Ясакова, 2010; 2015; Силкин и др., 2011; Ясакова, Макаревич, 2017; Vershinin, Moruchkov, 2003; Vershinin et al., 2005; Vershinin, Morton, 2005; Vershinin et al., 2006; Vershinin, 2008; Vershinin, Velikova, 2008].

Недавний вселенец в российскую часть моря – *Dinophysis odiosa* – в небольшом количестве (0,012–0,055 тыс. кл.·л⁻¹) был обнаружен на некоторых станциях открытой СВЧМ в летний период 2010, 2011 и 2015 гг. и в районе Абхазии в мае 2013 г. в слое воды от поверхности до 30 м. Впервые редкий эвритермный вид динофитовых водорослей *Dinophysis odiosa* (0,3 тыс. кл.·л⁻¹) был зарегистрирован в Новороссийской бухте в 2008 г. [Yasakova, 2011]. Раньше вид встречался в районе Севастополя в летний период 2001 г. при температуре 17,2 °С на глубине 30 м со средней численностью 1 тыс. кл./м³ [Сеничева, 2002].

Виды рода *Alexandrium* впервые были зафиксированы в открытой части Новороссийской бухты в 2004 г. в небольшом количестве (0,2 тыс. кл.·л⁻¹) [Ясакова, 2010]. Представители этого рода с численностью от 0,006 до 0,355 тыс. кл.·л⁻¹ также встречались и в открытой СВЧМ в летний период (июнь-июль) 2010 и 2011 гг., в сентябре 2014 г., марте 2015 г. и в районе Абхазии в мае 2013 г. и в летний период 2011 г. в слое воды от поверхности до 36 м. Их появление можно рассматривать как пример биологической инвазии посредством водяного балласта, т.к. ранее эти виды на акватории бухты не встречались, но были отмечены в балластных водах танкера “Achilleas” (0,12 тыс. кл.·л⁻¹), следовавшего из порта Бургас (Болгария) под погрузку в порт Новороссийск в октябре 2006 г. Цисты водорослей этого рода давно известны из донных отложений северо-западного района моря и были успешно проращены в лабораторных условиях на черноморской воде [Александров и др., 2001]. Токсины этих водорослей обладают сильным нервно-паралитическим действием. При попадании вида в новую среду обитания, с оптимальными для него условиями существования, может произойти «экологический взрыв» численности, что в конечном итоге приведет к непредсказуемым последствиям. Следовательно, потенциально токсичные микроводоросли, обнаруженные в балластных водах, подлежат особому контролю; необходимо исследовать их возможное распространение в составе планктонных сообществ и токсичный эффект.

В сентябре 2005 г. в Новороссийской бухте (0,1–0,2 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) было обнаружено развитие нового вида диатомовых *Lioloma pacificum*, впервые отмеченного в прибосфорском и северо-западном (Одесский порт) районах Черного моря [Гергиева, 1993; Александров и др., 2001; Теренько, Теренько, 2001]. Кратковременная вспышка численности вселенца (до 5,6 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) была отмечена в открытом районе бухты в октябре 2006 г., в ноябре его численность вновь снизилась до 0,2–0,6 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$. В осенний период (сентябрь–ноябрь) 2006 г. со средней численностью 0,240–0,550 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ вселенец развивался в Туапсинской бухте и в районе Анапы. В последующие годы вид более не встречался. Первоначальное появление *Lioloma pacificum* в 2005 г. в открытой части Новороссийской бухты, в местах интенсивного сброса балластных вод, указывает на его вероятное вселение посредством водяного балласта.

Неритический эвригалинный тропическо-бореально-арктический вид диатомовых водорослей *Asterionellopsis glacialis* впервые в Новороссийской бухте был зарегистрирован в октябре 1998 г. (15,7–46 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), затем на несколько лет исчез из состава фитопланктона. В октябре–ноябре 2009 г. на акватории Новороссийского порта вновь были обнаружены клетки этого вида (20–51 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), что составило 8–67 % обилия диатомовых водорослей. В сентябре 2013 г. численность вида в акватории порта Новороссийск и за его пределами заметно сократилась (0,92–2,01 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$). В ноябре 2013 г. вид (со средней численностью 3,32 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) был обнаружен в открытом районе Черного моря вблизи порта Тамань.

Развитие нового вида диатомовых *Chaetoceros tortissimus* наблюдали вдоль всего побережья СВЧМ в октябре 2019 г. с диапазоном численности 0,18–0,686 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$, и он был распространен от поверхности до сезонного ТК (35 м). Высокую численность этого вида (92 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) отмечали также в ноябре 2014 г. в средней части Новороссийской бухты.

Новый вид динофитовых *Oxytoxum variabile* был зафиксирован (0,038–35,43 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) на некоторых станциях открытого побережья СВЧМ в пробах, отобранных в рейсах ЮНЦ РАН в июне 2008 г., в июле 2010 г. и в мае 2013 г. В вертикальном направлении вид был распространен до глубины 20 м.

Крупноклеточный вид динофитовых *Oxyphysis oxytoxoides* в небольшом количестве (0,007–0,147 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) вегетировал вдоль всего побережья СВЧМ, в том числе в районе Абхазии в сентябре 2014 г. и в районе п-ова Абрау в июне 2017 г. [Ясакова, 2022]. Глубина его распространения ограничивалась 50 м. В своей обзорной статье по динофитовым водорослям Черного моря Л.М. Теренько обозначает его как экзотический вид, известный только в водах болгарского побережья, где зачастую, однако, он становится причиной цветения воды [Теренько, 2007].

В мае 2013 г. в районе Абхазии в слое воды от поверхности до 20 м был широко распространен другой крупноклеточный вид – *Spatulodinium pseudonociluca* (0,007–0,171 тыс. кл.·л⁻¹), считающийся недавним вселенцем в акваторию Черного моря [Ясакова, 2022]. В июне 2017 г. вид был отмечен в порту Новороссийск (0,022 тыс. кл.·л⁻¹), а в июне 2015 г. на некоторых станциях п-ова Абрау в слое ТК (0,036–0,080 тыс. кл.·л⁻¹).

Новый вид динофитовых *Actiniscus pentasterias* в небольшом количестве (6 кл.·л⁻¹) встречался в районе Б. Утриша, на прибрежной мелководной станции в придонном горизонте моря в июне 2016 г.

Вселение и массовое развитие этих видов могут иметь непредсказуемые последствия для окружающей среды и здоровья человека. Сделано предположение об их интродукции с балластными водами коммерческих судов. Нужно отметить, что многие из перечисленных видов не образовывали устойчивой популяции: численность большинства из них в последующие годы резко снижалась либо они полностью выпадали из состава фитопланктона. Вероятно, их развитие сдерживалось неблагоприятными условиями среды и конкурентными взаимоотношениями с аборигенными видами. Поэтому возможность акклиматизации новых видов фитопланктона в северо-восточной части Черного моря еще под вопросом и требует дальнейшего изучения.

Район Абхазии. В период с 2011 по 2020 г. в составе фитопланктона исследованного района Абхазии было обнаружено 109 видов водорослей и несколько не идентифицированных до вида таксономических форм, относящихся к классам: Bacillariophyceae (диатомовые), Dinophyceae (динофитовые), Prymnesiophyceae (примнезивые), Cyanophyceae (синезеленые), Dictyochophyceae (диктиоховые) и Ebriophyceae (эбридиевые), Cryptophyceae (криптофитовые), Euglenophyceae (эвгленовые), Prasinophyceae (празиофитовые) и Chlorophyceae (зеленые) (Приложение 3, табл. 1) [Ясакова, 2022]. Наибольшим видовым разнообразием отличались динофитовые (71 вид) и диатомовые водоросли (27 видов). Другие классы насчитывали от 1 до 3 видов. Ранее проведенные исследования показали, что таксономический состав фитопланктона в открытой северо-восточной части Черного моря включает значительное количество видов динофитовых, в то время как разнообразие диатомовых водорослей значительно им уступает [Ясакова, Макаревич, 2017]. Наибольшее количество видов (62–71) обнаружено в весенне-летний сезон (май-июль) 2011–2013 г., что обусловлено высоким разнообразием в составе альгоценоза тепловодных видов динофитовых водорослей (43–58). В другое время общее число видов фитопланктона было несколько ниже (42–50).

Солоноватоводные представители синезеленых (родов *Oscillatoria*, *Planktolyngbya*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*) и эвгленовых водорослей (*Eutreptia*

lanowii, *Euglena viridis* и *Euglena* sp.), показательные для загрязненных водоемов, не были широко распространены и предпочитали верхние горизонты моря (0–15 м). Немногочисленные представители диктиоховых (*Dictyocha speculum*, *Octactis octonaria*) и эбридиевых (*Hermesinum adriaticum*) обычно обнаруживались в нижних исследуемых горизонтах (30–50 м). В районе исследований было выявлено 14 потенциально токсичных и вредоносных видов планктонных динофитовых водорослей родов *Ceratium*, *Prorocentrum*, *Dinophysis*, *Lingulodinium*, *Polykrikos*, *Protoceratium*, *Protoperidinium*; 2 вида диатомовых рода *Pseudo-nitzschia*; 2 вида синезеленых родов *Planktolyngbya* и *Aphanizomenon*, которые вследствие небольших значений численности не могли оказать существенного негативного воздействия на морскую флору и фауну.

В районе Керченского пролива в период исследования было обнаружено 118 видов фитопланктона, относящихся к классам Bacillariophyceae (диатомовые), Dinophyceae (динофитовые), Euglenophyceae (эвгленовые), Chlorophyceae (зеленые), Prymnesiophyceae (примнезиевые), Prasinophyceae (празиофитовые), Cyanophyceae (цианопрокариоты), Cryptophyceae (криптофитовые водоросли). Высоким видовым разнообразием отличались классы Dinophyceae (56 видов) и Bacillariophyceae (33 вида) (Приложение 4, табл.). В июне 2011 г. и августе 2019 г. наблюдали максимальное разнообразие динофитовых водорослей (38 и 41 вид), что отразилось на общем видовом составе фитопланктона (54 и 62 вида). Диатомовые водоросли наиболее разнообразно были представлены в апреле 2009 г. (19 видов). Минимальное видовое разнообразие (17) приходилось на июль 2013 г., в другое время число видов варьировало от 37 до 47. Количество видов внутри других классов фитопланктона мало изменялось в зависимости от сезона и года исследований.

В составе фитопланктона Керченского пролива наиболее распространенными были общие для Черного и Азовского морей виды диатомовых: *Nitzschia tenuirostris*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Thalassionema nitzschioides*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Chaetoceros affinis*, *C. curvisetus*, *C. simplex*, *C. subtilis*; динофитовых водорослей: *Gyrodinium fusiforme*, *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, *Protoperidinium granii*, *P. divergens*, *P. steinii*; криптофитовых: *Plagioselmis prolonga*, *P. punctata* и примнезиевых водорослей – *Emiliania huxleyi*. Несмотря на обилие видов диатомовых и динофитовых водорослей, значительное развитие в проливе получили солоноватоводные представители классов Cryptophyceae, Euglenophyceae, Chlorophyceae, Prasinophyceae, Cyanophyceae, широко распространенные в планктоне Азовского моря. Незначительные глубины, а также высокая гидродинамическая активность в районе Керченского пролива способствовали обогащению фитопланктона

перифитонными видами диатомовых водорослей: *Amphora hyalina*, *Cocconeis scutellum*, *Coscinodiscus granii*, *Licmophora ehrenbergii*, *Pleurosigma elongatum*, представителей родов *Gyrosigma*, *Striatella*, *Synedra*.

Видовое разнообразие фитопланктона (118 видов), обнаруженное в Керченском проливе в 2009–2019 гг., было несколько выше ранее опубликованных значений (42–90 видов) [Черникова, 2004; Брянцева и др., 2010; Заремба, 2013]. Вероятно, это связано с более продолжительным периодом наших исследований и охватом трех сезонов (весна-осень). Однако таксономический состав планктонных водорослей существенно уступал числу видов (154), обнаруженных в более обширном районе Керченского пролива, включающем Динской и Таманский залив в период 1997–2000 гг. [Ковалева, 2008]. Список видов, обнаруженных в этот период, был расширен за счет представителей фитопланктона исследованных заливов.



ГЛАВА

4

ПОТЕНЦИАЛЬНО
ТОКСИЧНЫЕ
И ВРЕДНОСНЫЕ
ВИДЫ
ПЛАНКТОННЫХ
ВОДОРОСЛЕЙ

Случаи цветения воды, связанного с интенсивным развитием потенциально токсичных и вредоносных видов планктонных водорослей в Черном море, значительно участились и находятся в непосредственной зависимости от поступления в прибрежную экосистему моря авто- и аллохтонной органики [Нестерова, 1979, 2001; Зернова, Незлин, 1983; Вершинин, Моручков, 2003; Moncheva et al., 2001; Vershinin, Kamnev, 2001; Terenko, Terenko, 2005, 2007].

В период 2000–2018 гг. в составе фитопланктона СВЧМ зарегистрировано 42 вида потенциально токсичных и вредоносных видов водорослей, среди них 36 видов динофитовых, 4 вида диатомовых, 1 вид примнезиевых водорослей и 1 вид цианей (табл. 7).

Таблица 7. Потенциально токсичные и вредоносные виды фитопланктона, обнаруженные в СВЧМ в период 2000–2018 гг. **Table 7.** Potentially toxic and harmful phytoplankton species detected in NEBS in the period 2000–2018

Классы и виды водорослей / Algae class and species	Вредоносный эффект, типы отравлений, токсины / Harmful effect. Types of poisoning, toxins	Источник / Source
1	2	3
DINOPHYCEAE		
<i>Akashiwo sanguinea</i> (K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000	Вызывает цветение воды в Черном море [Velikova et al., 1999; Moncheva et al., 2001; Feyzioğlu, Oğut, 2006]	[Yasakova, 2013]
<i>Alexandrium ostenfeldii</i> (Paulsen) Balech et Tangen, 1985	Производит токсины, вызывающие паралитическое отравление моллюсками (PSP), и нейротоксин (NSP)*	[Yasakova, 2013]
<i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech, 1995	Производит токсины, вызывающие паралитическое отравление моллюсками (PSP), в некоторых случаях становится причиной гибели рыбы*	[Вершинин и др., 2005; Yasakova, 2013]
<i>Alexandrium minutum</i> , Halim, 1960	PSP; сакситоксин и его производные	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède et Lachmann	Вызвал массовую гибель рыбы в 1994 г. в б. Св. Елены и на западном побережье Южной Африки [Geohab, 2001]	[Yasakova, 2013]

Продолжение таблицы 7

Continued from the previous Table 7

1	2	3
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	Может стать причиной ранения личинок беспозвоночных [Manual on Harmful Marine... 2003]	[Yasakova, 2013]
<i>Ceratium tripos</i> (O.F. Müller) Nitzsch	В период развития вида были отмечены гибель личинок устриц и явление гипоксии [Manual on Harmful... 2003]	[Yasakova, 2013]
<i>Cochlodinium polykrioides</i> Margalef, 1961	Возможна ихтиотоксичность, цветение в августе 2001 г. у кавказского берега [Вершинин и др., 2004]	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède et Lachmann, 1859	Производит оокадаевую кислоту и токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*, сообщает токсичность мидиям [Vershinin, Morton et al., 2004]	[Vershinin, Orlova, 2008; Yasakova, 2013]
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg, 1839	Производит оокадаевую кислоту, динофизистоксины (DTX1, DTX2) и токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008; Yasakova, 2013]
<i>Dinophysis apiculata</i> Meunier, 1910	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Dinophysis arctica</i> Mer., 1879	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Dinophysis baltica</i> (Paulsen) Kofoid et Skogsb., 1928	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent, 1881	Производит оокадаевую кислоту и токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP), а также пектенотоксин (PTX2)*, сообщает токсичность мидиям [Vershinin, Morton et al., 2004]	[Vershinin, Orlova, 2008; Yasakova, 2013]
<i>Dinophysis dentata</i> Schiller, 1928	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard, 1924	Производит оокадаевую кислоту, динофизистоксин (DTX1), пектенотоксин (PTX2) и токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*, сообщает токсичность мидиям [Vershinin, Morton et al., 2004]	[Vershinin, Orlova, 2008; Yasakova, 2013]
<i>Dinophysis hastata</i> Stein, 1883	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Dinophysis levanderi</i> Wolosz., 1928	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Dinophysis minuta</i> (Cleve) Balech	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008]

Продолжение таблицы 7

Continued from the previous Table 7

1	2	3
<i>Dinophysis norvegica</i> Claparède et Lachmann, 1859	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Dinophysis ovata</i> Claparède et Lachmann, 1859	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Dinophysis ovum</i> Schütt, 1895	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Dinophysis paulsenii</i> (Schiller) Ballech, 1967	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Dinophysis pulchella</i> (Lebour) Balech, 1967	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Dinophysis rotundata</i> Claparède et Lachmann, 1859	Производит динофизистоксин (DTX1) в районе Японских островов*; производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*. Случаи отравления с DSP-синдромом	[Vershinin, Orlova, 2008; Yasakova, 2013]
<i>Dinophysis sacculus</i> F. Stein, 1883	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret, 1883	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing, 1866	Производит токсины, вызывающие диаретическое отравление моллюсками (DSP)*, сообщает токсичность мидиям [Vershinin, Morton et al., 2004]	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) G. Hansen, 1995 (= <i>Katodinium rotundatum</i> Lohmann) Loeblich III 1965)	Вызывает цветение воды в Черном море [Velikova et al., 1999]	[Ясакова, Кренева, 2012]
<i>Lingulodinium polyedra</i> (Stein) Dodge	DSP, сообщает токсичность мидиям [Vershinin, Morton et al., 2004]. Вызывает цветение воды в Черном море [Velikova et al., 1999]	[Vershinin, Orlova, 2008; Yasakova, 2013]
<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli, 1885	Возможный продуцент йессотоксинов	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) F. Stein, 1978	Основной источник DSP-токсинов в мидиях в Черном море	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge, 1975	Вызывает цветение воды в Черном море [Нестерова, 1979; Terenko, Terenko, 2005]	[Yasakova, 2013]

Продолжение таблицы 7

Continued from the previous Table 7

1	2	3
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) Dodge, 1975	Вызывает цветение воды в Черном море [Velikova et al., 1999; Moncheva et al., 2001]	[Yasakova, 2013]
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg, 1834	Вызывает цветение воды в Черном море [Velikova et al., 1999]	[Yasakova, 2013]
<i>Protoberidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech, 1974	Возможный источник азоспироцидов	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, 2015 (= <i>Scrippsiella trochoidea</i> (F. Stein) A.R. Loeblich III, 1976)	Вызывает цветение воды в Черном море [Velikova et al., 1999]	[Yasakova, 2013]
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden; <i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle, 1993	В штаммах Канады и Новой Зеландии обнаружена домоевая кислота*, в Черном море вызывает цветение воды [Velikova et al., 1999]	[Vershinin, Orlova, 2008; Yasakova, 2013]
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) G.R. Hasle, 1993	Некоторые штаммы этого вида производят домоевую кислоту*; вызывает цветение воды в Черном море [Velikova et al., 1999; Moncheva et al., 2001]	[Vershinin, Orlova, 2008]
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) H. Peragallo, 1899	Являются причиной амнезического отравления моллюсками, т.к. некоторые штаммы этого вида производят домоевую кислоту*; вызывает цветение воды в Черном море [Velikova et al., 1999; Moncheva et al., 2001]	[Vershinin, Orlova, 2008; Yasakova, 2013]
PRYMNESIOPHYCEAE		
<i>Phaeocystis pouchetii</i> (Hariot) Lagerheim, 1896	Токсичен для личинок трески (Норвегия)*; вызывает цветение воды в Черном море [Velikova et al., 1999; Moncheva et al., 2001]	[Yasakova, 2013]
CYANOPHYCEAE		
<i>Planktolyngbya limnetica</i> Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg 1992	Является причиной гаафской болезни [Рябушко, 2003]	[Ясакова, Макаревич, 2017]

Примечание: * IOC-UNESCO. Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae [http://www.marinespecies.org/HAB/aphia.php?p=taxdetails&id=149153 on 2010].

Современные исследования количественного развития потенциально токсичных и вредоносных видов водорослей были выполнены в трех различающихся по уровню испытываемого антропогенного воздействия районах СВЧМ: порт Новороссийск, средняя часть Новороссийской бухты и открытая

часть моря, максимально приближенная к устью Новороссийской бухты в разные сезоны 2008–2018 гг. Наиболее многочисленными среди потенциально токсичных и вредоносных видов водорослей были представители диатомовых рода *Pseudo-nitzschia*, средняя численность рода в акватории Новороссийской бухты составила 20,3–20,8 тыс. кл.·л⁻¹, в открытой части моря эти величины были несколько ниже – 13,8 тыс. кл.·л⁻¹ (табл. 8). Вспышки численности видов этого рода в исследуемом районе моря обычно отмечали в теплый период года, когда температура воды превышала 10 °С (рис. 2). Так, в порту Новороссийск пики численности (105–197 тыс. кл.·л⁻¹) приходились на апрель–октябрь 2009, 2011 гг., в средней части бухты (89–107 тыс. кл.·л⁻¹) и в открытом море (90–187 тыс. кл.·л⁻¹) зарегистрированы в июне 2009 и 2014 гг. и в сентябре 2018 г. Надо отметить, что в акватории Новороссийской бухты максимум развития видов рода *Pseudo-nitzschia* (2,82 млн кл.·л⁻¹) ранее был зарегистрирован в апреле–мае 2007 г., когда они формировали до 90 % общей численности фитопланктона [Yasakova, 2013].

Наиболее многочисленными среди токсичных и вредоносных динофитовых водорослей были виды родов *Prorocentrum*, *Dinophysis* и *Scrippsiella*. Средние за период 2008–2018 гг. величины численности рода *Prorocentrum* в порту Новороссийск составили 3,83 тыс. кл.·л⁻¹; в средней части бухты – 2,55 тыс. кл.·л⁻¹; в открытой части моря – 1,98 тыс. кл.·л⁻¹ (табл. 8). Наиболее высокие пики численности (11,5–38,3 тыс. кл.·л⁻¹) отмечали в акватории порта в теплый период года (июнь–октябрь 2010, 2011 гг.) (рис. 3). Две небольшие вспышки развития наблюдали также в средней части бухты (14,4 тыс. кл.·л⁻¹) в октябре 2010 г. и в районе открытого моря (10,5 тыс. кл.·л⁻¹) в ноябре 2015 г.

Вторым в величинах количественного развития среди динофитовых водорослей был представитель рода *Scrippsiella*, ставший причиной «красного прилива», наблюдавшегося вдоль всего побережья СВЧМ в марте 2008 г. [Ясакова, Бердников, 2008]. Средние значения численности *Scrippsiella acuminata* в акватории порта Новороссийск составили 0,90 тыс. кл.·л⁻¹; в средней части бухты – 0,962 тыс. кл.·л⁻¹; в открытой части моря были в 3 раза ниже – 0,305 тыс. кл.·л⁻¹ (табл. 8). В порту было зарегистрировано три пика обилия вида: максимальный – в октябре 2009 г. (12,2 тыс. кл.·л⁻¹) и два небольших (3,5 и 3,8 тыс. кл.·л⁻¹) – в июне–июле 2011, 2012 гг. (рис. 4). В средней части бухты вспышка численности (14 тыс. кл.·л⁻¹) пришлось на июнь 2014 г. В открытом море вид обильно развивался (5,87 тыс. кл.·л⁻¹) в июле 2011 г.

Наибольшее развитие видов рода *Dinophysis* наблюдали в средней части бухты (177 кл.·л⁻¹): средние за десятилетний период значения численности в 2 раза превышали таковые величины, отмеченные в порту Новороссийск и в районе открытого моря (87–93 кл.·л⁻¹) (табл. 8; рис. 5).

Таблица 8. Средние/максимальные величины численности кл.·л⁻¹ основных видов и родов вредоносных и потенциально токсичных водорослей в исследуемых районах СВЧМ за период 2008–2018 гг.

Table 8. Average/maximum abundance cl·l⁻¹ of the main species and genera of harmful and potentially toxic algae in the studied areas of NEBS for the period 2008–2018

Классы и виды водорослей / Район исследования // Algae taxa / Research area	Порт Новороссийск / Novorossiysk Port	Новороссийская бухта / Novorossiysk Bay	Открытое море / Open Sea
BACILLARIOPHYCEAE			
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	20 856/196 661	20 367/106 667	13 778/186 755
DINOPHYCEAE			
<i>Alexandrium</i> spp.	3/64	15/415	1/6
<i>Akashiwo sanguinea</i>	62/1637	1/10	44/685
<i>Ceratium furca</i>	58/285	112/1067	70/333
<i>Ceratium fusus</i>	63/486	80/344	53/400
<i>Ceratium tripos</i>	7/68	8/107	12/88
<i>Dinophysis acuminata</i>	3/88	5/107	1/8
<i>Dinophysis acuta</i>	4/48	7/115	5/47
<i>Dinophysis caudata</i>	13/136	67/1389	15/141
<i>Dinophysis rotundata</i>	67/695	98/1389	72/548
<i>Gonyaulax spinifera</i>	36/554	62/1167	20/375
<i>Heterocapsa rotundata</i>	30 524/1 009 946	706/ 24 000	5/139
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	2/36	0/0	53/1545
<i>Polykrikos kofoidii</i>	2/44	3/81	21/291
<i>Prorocentrum compressum</i>	203/952	310/2700	228/1369
<i>Prorocentrum cordatum/ minima</i>	2574/36 639	1461/8919	1213/5564
<i>Prorocentrum micans</i>	1054/4422	779/4800	537/7200
<i>Protoperdinium crassipes</i>	2/29	10/107	3/39
<i>Protoceratium reticulatum</i>	21/408	17/344	32/154
<i>Scrippsiella acuminata</i>	900/12 222	962/14 000	305/5873
CYANOPHYCEAE			
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	2425/61 084	1/10	10/154

Вспышка численности (2,78 тыс. кл.·л⁻¹) отмечена в самый теплый период года (июль-август 2013 г.), когда температура поверхностных вод в прибрежье достигала 26 °С.



Рис. 2. Сезонная динамика численности диатомовых рода *Pseudo-nitzschia* в период 2008–2018 гг.

Fig. 2. Seasonal dynamics of the abundance of diatoms of the genus *Pseudo-nitzschia* in the period 2008–2018



Рис. 3. Сезонная динамика численности динофлагеллят рода *Prorocentrum* в период 2008–2018 гг.

Fig. 3. Seasonal dynamics of the abundance of dinoflagellate of the genus *Prorocentrum* in the period 2008–2018



Рис. 4. Сезонная динамика численности вида динофлагеллят *Scrippsiella acuminata* в период 2008–2018 гг.

Fig. 4. Seasonal dynamics of the abundance of the species of dinoflagellate *Scrippsiella acuminata* in the period 2008–2018

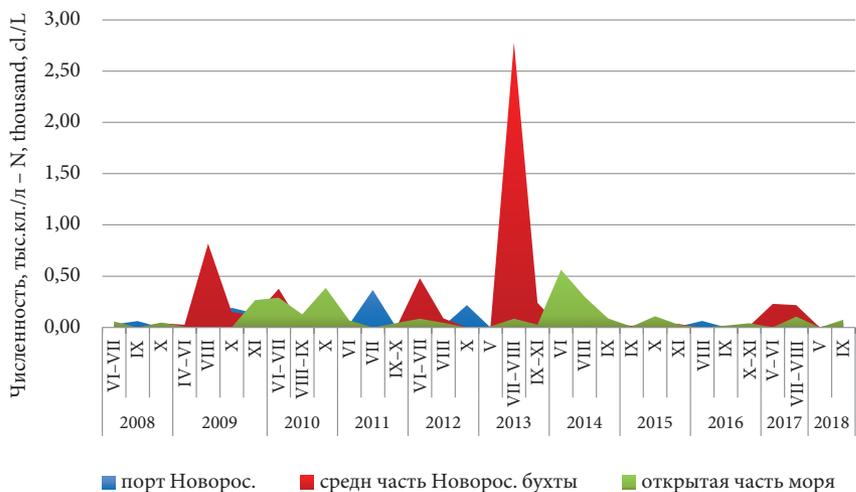


Рис. 5. Сезонная динамика численности динофлагеллят рода *Dinophysis* в период 2008–2018 гг.

Fig. 5. Seasonal dynamics of the abundance of dinoflagellate of the genus *Dinophysis* in the period 2008–2018

Динамика развития видов водорослей рода *Ceratium* в исследуемом районе моря отличалась многопиковой структурой. Максимальные среднесезонные величины численности наблюдали в средней части бухты (200 кл. \cdot л $^{-1}$), на акватории порта и в районе открытого моря эти значения были в 1,5 раза ниже (128–135 кл. \cdot л $^{-1}$) (табл. 8; рис. 6). В средней части бухты зарегистрировано 5 пиков численности: максимальный (1,44 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) приходился на летнее время года (июнь-июль 2012 г.), остальные (0,4–0,88 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) наблюдались в осенний сезон (сентябрь-ноябрь 2008–2010 и 2013 гг.). В порту всплески обилия (0,31–0,59 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) значительно уступали величинам, отмеченным в средней части бухты, но также наблюдались в летне-осеннее время года (июнь-август 2012, 2017 гг. и сентябрь-ноябрь 2008, 2009 гг.). В открытой части моря наиболее значительная вспышка численности (0,8 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) была отмечена в ноябре 2009 г.

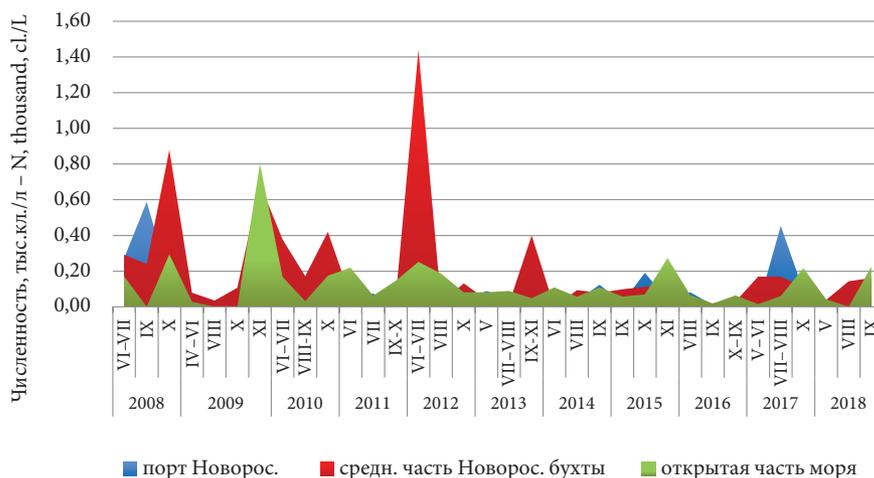


Рис. 6. Сезонная динамика численности динофлагеллат рода *Ceratium* в период 2008–2018 гг.

Fig. 6. Seasonal dynamics of the abundance of dinoflagellate of the genus *Ceratium* in the period 2008–2018

В июле 2011 г. в акватории Новороссийского порта наблюдали «красный прилив», вызванный обилием мелкоразмерного, характерного для высокоэвтрофных вод моря вида динофитовых водорослей *Heterocapsa rotundata* (1,0 млн кл. \cdot л $^{-1}$), формировавшего до 80 % общей численности фитопланктона [Коновалова, 1988; Ясакова, Кренева, 2012]. Средняя численность вида за десятилетний период в порту составила 30,52 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ (табл. 8). В средней части бухты максимум *H. rotundata* (24 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) был отмечен в июне 2014 г., в районе открытого моря вид практически не встречался.

Другие виды, отмеченные среди вредоносных и потенциально токсичных динофитовых водорослей (*Alexandrium* spp., *Akashiwo sanguinea*, *Gonyaulax spinifera*, *Protoperdinium crassipes*, *Protoceratium reticulatum*, *Lingulodinium polyedrum*, *Polykrikos kofoidii*), были не столь многочисленными (со средней численностью от 1 до 62 кл.·л⁻¹, максимальными вспышками численности до 1,637 тыс. кл.·л⁻¹), их развитие зачастую носило эпизодический характер (см. табл. 8).

Надо отметить, что в большинстве случаев обильное развитие всех потенциально токсичных и вредоносных видов водорослей, отмеченных в исследуемом районе Черного моря, как и ранее, было приурочено к относительно теплomu периоду года (апрель-октябрь), когда температура воды находилась в диапазоне 12–26 °С [Yasakova, 2013]. В холодное время года (ноябрь-март) эти водоросли либо не встречались в фитопланктоне, либо присутствовали в нем в значительно меньшем количестве.

Массовое развитие данных водорослей может иметь непредсказуемые последствия для окружающей среды и здоровья человека. На побережье СВЧМ находятся такие крупные порты как, например, Новороссийск, испытывающие значительное загрязнение от городских стоков и стоков портовой индустрии, поэтому для прогнозирования негативных ситуаций, связанных с развитием токсичных видов водорослей, обозначенные виды нуждаются в постоянном контроле.



ГЛАВА

5

«КРАСНЫЕ
ПРИЛИВЫ»
В СЕВЕРО-
ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ
ЧЕРНОГО МОРЯ

В последние два десятилетия явление «красного прилива» в северо-восточной части Черного моря наблюдали 4 раза (табл. 9). Первый раз он был отмечен в 2001 г. в районе Большого Утриша как результат массового развития ихтиотоксичного вида динофитовых *Margalefidinium polykrikoides* (Margalef) F. Gómez, Richlen & D.M. Anderson, 2017. Второй раз – в марте 2008 г. на значительной акватории северо-восточного шельфа, включая Новороссийскую бухту, и был вызван обильным развитием *Scrippsiella acuminata* (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S. Soehner, Kirsch, Kusber et Gottschling, 2015. Два случая были отмечены в порту Новороссийск в июле 2011 г. и сентябре 2014 г., они были связаны с развитием видов *Scrippsiella acuminata*, *Heterocapsa rotundata* (Lohmann) Hansen, 1995, *H. minima* A.J. Pomroy 1989, *H. niei* (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981, *Pentaparsodinium* cf. *tyrrhenicum* (Balech) Montresor, Zingone et Marino, 1993.

В конце марта 2008 г. в северо-восточной акватории Новороссийской бухты был зафиксирован феномен небывало раннего массового развития (до 350 тыс. кл. $л^{-1}$ и 3,14 $г \cdot м^{-3}$) динофитовой водоросли *Scrippsiella trochoidea* (= *Scrippsiella acuminata*). В результате цветения воды в восточной части бухты образовался темно-коричневый шлейф размером в несколько сотен квадратных метров, который распространялся от мыса Дооб до Восточного мола. Характерно, что в портовой акватории и на западном побережье бухты развитие *S. acuminata* отмечено не было, превалярующей в фитопланктоне этих акваторий была диатомовая *Skeletonema costatum* (6120 тыс. кл. $л^{-1}$, 1,96 $г \cdot м^{-3}$). Наличие в восточной части бухты большого количества бытового мусора и смытых с горных склонов Кавказа стволов деревьев указывало на тот факт, что цветущие воды были занесены в акваторию бухты кольцевым прибрежным течением. Наблюдения, проведенные в этот же период Центром космических исследований СКАНЭКС, показали, что полосой цветения было охвачено все северо-восточное побережье Черного моря, включая Новороссийскую и Геленджикскую бухты. Уже 28 марта цветение воды распространилось и на северо-западный шельф моря. Надо отметить, что в предыдущие годы весной в исследуемой акватории Черного моря развивались диатомовые водоросли, биомасса которых могла достигать 6,0 $г \cdot м^{-3}$. Интенсивной вегетации диатомовых, как наиболее

требовательного к биогенной насыщенности вод компонента планктона, способствовал подъем во время весеннего апвеллинга в верхние горизонты моря более богатых биогенными веществами глубинных вод [Прошкина-Лавренко, 1963]. Весной 2008 г. в результате продолжительных проливных дождей, прошедших по всему черноморскому побережью Кавказа, и интенсивного таяния снегов с территориальным стоком в морскую среду поступило значительное количество почвенной взвеси. Вероятно, это и стало причиной массового развития в прибрежной части Черного моря динофитовых водорослей, которые при наличии в воде растворенных органических веществ и почвенной вытяжки способны переходить на гетеротрофный рост [Киселев, 1950; Кабанова, 1961].

Таблица 9. Случаи «красного прилива», обнаруженные в северо-восточной части Черного моря

Table 9. Cases of “Red Tide” detected in the northeastern part of the Black Sea

Дата и место обнаружения / Date and area of detection	Виды водорослей / Types of algae	Величины численности и биомассы / Abundance and biomass values	Вредоносный эффект, типы отравлений / Harmful effect, types of poisoning	Источник / Source
Август 2001 г. в районе Большого Утриша / August 2001 in the area of Bolshoy Utrish	<i>Margalefidinium polykrikoides</i>	69 тыс. кл.·л ⁻¹ и 0,517 г·м ⁻³	Ихтиотоксичность	[Вершинин и др., 2004]
Март 2008 г., СВЧМ, в том числе Новороссийская бухта / March 2008 NEBS, including Novorossiysk Bay	<i>Scrippsiella acuminata</i>	350 тыс. кл.·л ⁻¹ и 3,14 г·м ⁻³	Вызывает цветение воды Черном море [Velikova et al., 1999]	[Ясакова, Бердников, 2008]
Июль 2011 г., порт г. Новороссийск / July 2011, Novorossiysk Port	<i>Heterocapsa rotundata</i>	2,22 млн кл.·л ⁻¹ , 0,712 г·м ⁻³	–	[Ясакова, Кренева, 2012]
Сентябрь 2014 г., порт г. Новороссийск / September 2014, Novorossiysk Port	<i>Heterocapsa minima</i> , <i>Heterocapsa niei</i> , <i>Scrippsiella acuminata</i> , <i>Pentapharsodinium cf. tyrrenicum</i>	3,98 млн кл.·л ⁻¹ и 5,19 г·м ⁻³	–	[Ясакова, Лужняк, 2021]

В июле 2011 г. в акватории Новороссийского порта впервые за многолетний период исследований, выполняющихся с 2006 г., наблюдали «красный прилив», вызванный обилием Dinophyceae, формировавших 81 % общей численности и 80 % биомассы фитопланктона. Среди них доминировал мелкокоразмерный вид *Heterocapsa rotundata*, характерный для высокоэвтрофных акваторий [Коновалова, 1988]. Средние значения его численности и биомассы составили (в среднем $1,01$ млн кл. \cdot л $^{-1}$ и $0,234$ г \cdot м $^{-3}$). Максимальную численность вида (до $2,22$ млн кл. \cdot л $^{-1}$, при биомассе $0,712$ г \cdot м $^{-3}$) отмечали на участках, расположенных в непосредственной близости от выхода ливне-стоков. За пределами акватории порта *H. rotundata* не развивалась, вследствие чего численность фитопланктона в средней части бухты в 14 раз уступала показателям в портовой акватории. В сообществе микрозоопланктона в акватории Новороссийского порта в массе развивалась *Myrionecta rubra* (Lochmann, 1908), вторыми по численности были *Mesodinium pulex* Claparède et Lachmann, 1858 и *Tintinnopsis cylindrica* Daday, 1886. Эти виды формировали до 97 % общей численности и биомассы цилиато-планктона района. Плотность инфузорий на наиболее продуктивных станциях достигала $5,2$ млн экз. м $^{-3}$ (в среднем $1,5$ млн), биомасса – 2000 мг \cdot м $^{-3}$ (в среднем 450). Количественные показатели сообщества инфузорий за пределами порта были на порядок ниже: соответственно $0,1$ млн экз. м $^{-3}$ и 27 мг \cdot м $^{-3}$. Можно предположить, что состояние планктонного сообщества Новороссийской бухты находится на уровне эвтрофных, а возможно, и гипертрофных вод [Сорокин, 1975]. Случаи цветения воды в результате массового развития миксотрофных видов *Myrionecta rubra* и *Heterocapsa rotundata* все чаще стали наблюдать в акваториях Тилигульского лимана, Одесского залива Черного моря [Курилов, 2003; Теренько, Теренько, 2008]. «Красный прилив» вследствие интенсивного развития инфузорий и динофитовых водорослей может спровоцировать гипоксию в прибрежной зоне моря, что представляет определенную опасность, как для гидробионтов, так и для человека.

В середине сентября 2014 г. в акватории Новороссийского порта был отмечен еще один случай «красного прилива», имевший место в результате интенсивного развития комплекса видов *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa* cf. *niei*, *Scrippsiella acuminata* и *Pentaparsodinium* cf. *tyrrhenicum*. Цвет воды носил кирпично-фиолетовый оттенок, цветение продолжалось в течение двух дней (14–15 сентября) и охватило участок порта от т/х «Кутузов» до Западного мола. Отмечали высокие величины численности и биомассы этих видов водорослей: $3,98$ млн кл. \cdot л $^{-1}$ и $5,19$ г \cdot м $^{-3}$, что составило 98 % общей численности и 90 % биомассы фитопланктона. При этом основу количественных величин развития фитопланктона (80 % общей численности и 56 % биомассы) формировали виды рода *Heterocapsa*, представители

родов *Scrippsiella* и *Pentaparsodinium* были отмечены на уровне субдоминант (18 % общей численности и 34 % биомассы).

Обильной вегетации динофитовых водорослей в марте 2008 г. и сентябре 2014 г. способствовало значительное опреснение прибрежных морских вод дождевой водой: плотность воды составляла 1,0091 (для сравнения, в центральных районах Черного моря средняя плотность воды в поверхностном слое близка к 1,0123; а в океане – 1,0248). Кроме того, в августе 2001 г., июле 2011 г. и сентябре 2014 г. были отмечены высокие показатели температуры воды (25–26 °С). Как известно, высокие значения температуры воды и опреснение стимулируют развитие многих видов динофлагеллят [Коновалова, 1988; Коновалова и др., 1989; Макаревич, Дружкова, 2010]. Обогащение толщи воды минеральными и органическими веществами в результате ветрового апвеллинга также могло способствовать развитию этих видов, в условиях эвтрофирования способных переходить на миксо- и гетеротрофный рост. Накануне, 11–12 сентября 2014 г., и в период цветения наблюдали высокую ветровую активность, сила ветра северо-восточного и северо-западного направлений в районе порта достигала 10–18 м·с⁻¹.

Таким образом, в результате проведенных исследований в северо-восточной части Черного моря зарегистрирована высокая численность потенциально токсичных и вредоносных видов водорослей, вплоть до уровня «красного прилива». Это подтверждает целесообразность создания системы обязательного государственного мониторинга в прибрежной акватории морей России как основы контроля экологической безопасности использования биологических ресурсов [Vershinin, Orlova, 2008].



ГЛАВА

6

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ
ИЗМЕНЕНИЯ
В ВЕЛИЧИНАХ
КОЛИЧЕСТВЕННОГО
РАЗВИТИЯ
ФИТОПЛАНКТОНА

Представлены данные по многолетней (2007–2020 гг.) динамике, сезонным изменениям и средним величинам численности и биомассы фитопланктона в различных по уровню испытываемой антропогенной нагрузки районах СВЧМ.

1. Порт Новороссийск – полузамкнутая мелководная акватория с плохим водообменом, это самый крупный порт Черного моря, объем годового грузооборота которого составляет свыше 120 млн тонн.

2. Новороссийской бухта – одна из самых крупных бухт на побережье Черного моря. Открытая часть бухты испытывает нагрузку от портовой индустрии и многочисленных городских стоков (население города свыше 400 тыс. человек), в то же время – имеет хороший водообмен с открытым морем.

3. Открытый шельф СВЧМ включает акваторию от Керченского пролива до Абхазии.

6.1. ОТКРЫТАЯ ШЕЛЬФОВАЯ ЗОНА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Средние величины количественного развития фитопланктона в открытой СВЧМ за период 2007–2019 гг. составили 107 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,162 г \cdot м $^{-3}$. Наиболее высокое обилие фитопланктона в это время отмечали на поверхности моря (196 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$; 0,221 г \cdot м $^{-3}$). Максимальную численность планктонных водорослей наблюдали в мае 2017 г. – 756 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$, второй пик – в июне 2017 г. – 567 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$, и два меньших по значению всплеска развития фитопланктона отмечали в ноябре 2017 г. – 265 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$, и в феврале 2019 г. – 305 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ (рис. 7). В другое время эти величины были на порядок ниже (от 2 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ до 123 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$). Все вспышки численности, отмеченные в 2017 г., были связаны с интенсивным развитием примнезиевых водорослей *Emiliania huxleyi*, которые в этот период формировали от 78 до 94 % общей численности фитопланктона. Вспышка численности, наблюдавшаяся в феврале 2019 г., на 99 % была образована мелкоклеточным видом диатомовых водорослей *Skeletonema costatum*, обилие которого характерно для шельфовой зоны моря в конце зимы – начале весны.

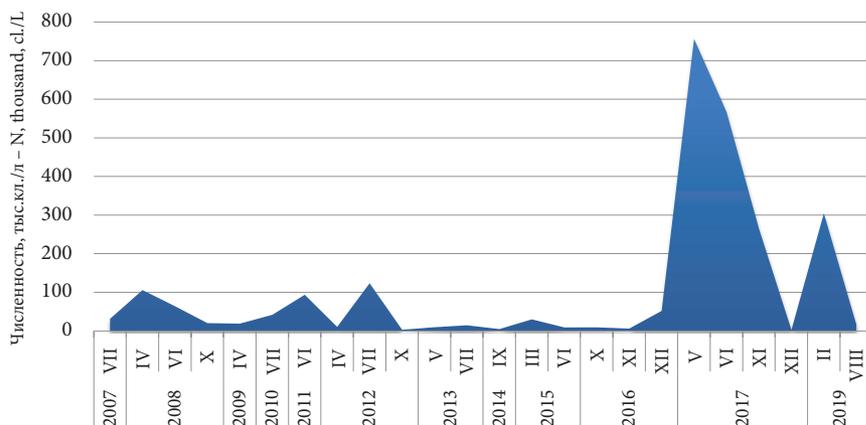


Рис. 7. Многолетняя динамика средних величин численности фитопланктона в открытой СВЧМ в период 2007–2019 гг.

Fig. 7. Long-term dynamics of the average phytoplankton abundance in the open part of NEBS in the period 2007–2019

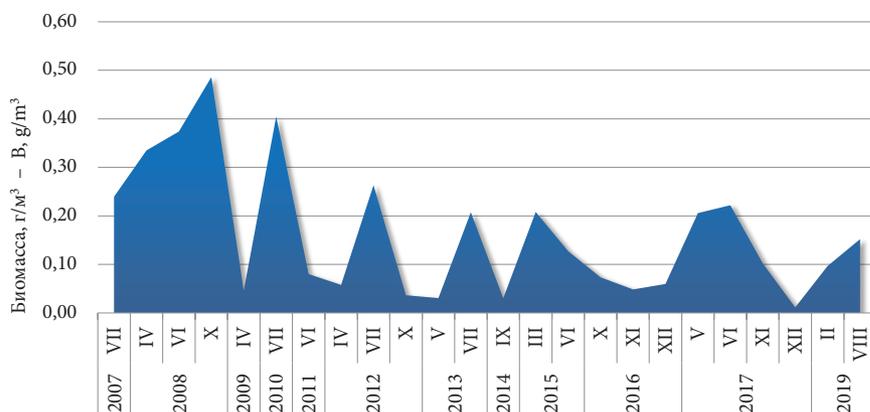


Рис. 8. Многолетняя динамика средних величин биомассы фитопланктона в открытой СВЧМ в период 2007–2019 гг.

Fig. 8. Long-term dynamics of the average phytoplankton biomass in the open part of NEBS in the period 2007–2019

Высокие величины биомассы ($0,24\text{--}0,486\text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$) наблюдали с весны по осень (апрель, июнь, октябрь) 2008 г., а также в летний период (июль) 2007, 2010 и 2012 гг. (рис. 8). Максимум биомассы ($0,486\text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$) приходился на октябрь 2008 г. В другое время величины биомассы были значительно ниже ($0,011\text{--}0,208\text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$). В июле 2007 и 2012 гг. подавляющую часть (65 и 84 %) биомассы сообщества формировали динофитовые водоросли; в октябре 2008 г. и июле 2010 г. – диатомовые водоросли (74 и 77 %); а в апреле и июне 2008 г. основная биомасса была сформирована диатомовыми (44–53 %) и динофитовыми

(44–55 %). Наибольшая доля по биомассе была отмечена у крупноклеточных видов динофитовых родов *Ceratium* (*C. furca*, *C. fusus*, *C. tripos*), *Dinophysis* (*D. caudata*, *D. rotundata*), *Proto-peridinium* (*P. crassipes*, *P. steinii* и *P. divergens*) и *Polykrikos kofoidii*; либо многочисленные виды: *Scrippsiella acuminata*, *Gyrodinium* sp., *Diplopsalis lenticula*, *Prorocentrum micans*. Значительный вклад в формирование биомассы среди диатомовых водорослей обычно вносили крупноклеточные виды *Pseudosolenia calcar-avis*, *Proboscia alata*, *Dactyliosolen fragillissimus* и многочисленные виды рода *Chaetoceros*.

ВЕСНА

Средние величины количественного развития фитопланктона в весенний период (март-май) в открытой СВЧМ были довольно высоки и составили 155 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,147 г \cdot м⁻³. Максимальные величины численности планктонных водорослей (757 тыс. кл. \cdot л⁻¹) были отмечены в мае 2017 г., биомассы (0,335 г \cdot м⁻³) – в апреле 2008 г. В другое время величины численности и биомассы изменялись в пределах 10–106 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,031–0,208 г \cdot м⁻³. Основным доминирующим классом водорослей были примнезиевые – *Emiliana huxleyi* (79 % обилия), 14 % численности формировали диатомовые водоросли (рис. 9). Основу (36+42 %) биомассы формировали диатомовые и динофитовые водоросли, 20 % приходилось на *Emiliana huxleyi* (рис. 10).

В апреле 2008 г. значения численности фитопланктона (106 тыс. кл. \cdot л⁻¹) были в 3 раза, а биомассы (0,335 г \cdot м⁻³) в 1,5 раза выше, чем весной 2008 г. Значительное развитие планктонных водорослей наблюдали в районе открытого моря от Новороссийска до Геленджика (127 тыс. кл. \cdot л⁻¹), минимальная плотность фитопланктона – в районе от Архипо-Осиповки до Туапсе (71 тыс. кл. \cdot л⁻¹), на остальной исследуемой акватории средние величины численности составили 108–110 тыс. кл. \cdot л⁻¹. Максимальную биомассу (0,49 г \cdot м⁻³) отмечали в районе Сочи, в других районах моря эти величины были в 1,5–2,5 раза ниже (0,19–0,31 г \cdot м⁻³). В апреле зафиксировали максимальные за весь период исследований величины обилия фитопланктона на поверхности моря: пик численности (652 тыс. кл. \cdot л⁻¹) – на шельфе между Новороссийском и Геленджиком, биомассы (2,69 г \cdot м⁻³) – в районе Сочи.

Доминировали мелкоклеточные виды диатомовых водорослей, составивших 87 % численности и 45 % биомассы всего фитопланктона. Среди них основными были *Skeletonema costatum*, виды рода *Chaetoceros*, которые формировали соответственно 45 и 42 % численности класса, на уровне субдоминант развивалась *Nitzschia tenuirostris* (8 %). Значительный вклад (39, 19 и 30 %) в формирование биомассы диатомовых водорослей вносили крупноклеточные виды *Pseudosolenia calcar-avis*, *Dactyliosolen fragillissimus* и многочисленные виды рода *Chaetoceros*.

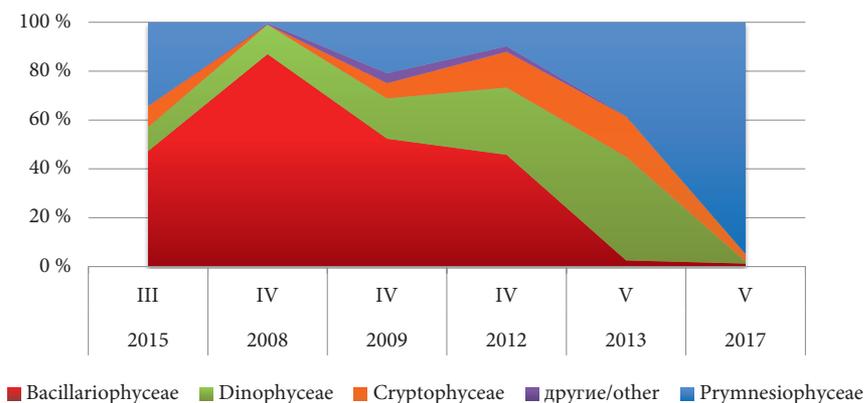


Рис. 9. Многолетняя динамика процентного соотношения основных классов водорослей в образовании величин численности фитопланктона в открытой СВЧМ в весенний период

Fig. 9. Long-term dynamics of the percentage ratio of the main classes of algae in the formation of phytoplankton abundance in the open part of NEBS in the spring period

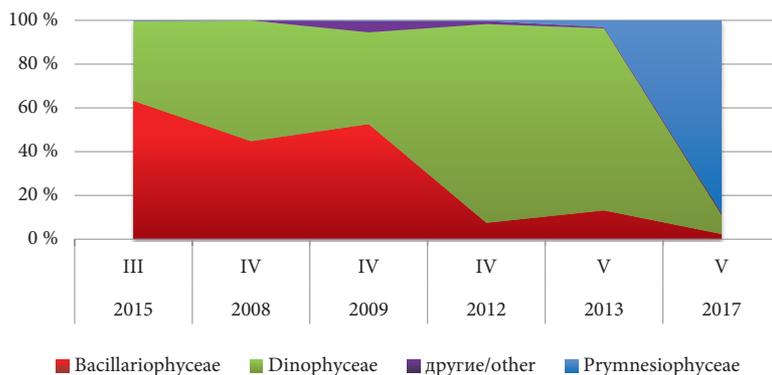


Рис. 10. Многолетняя динамика процентного соотношения основных классов водорослей в образовании величин биомассы фитопланктона в открытой СВЧМ в весенний период

Fig. 10. Long-term dynamics of the percentage ratio of the main classes of algae in the formation of phytoplankton biomass in the open part of NEBS in the spring period

Динофитовые в этот период составили 54 % общей биомассы и 12 % численности планктонных водорослей. Широкое распространение среди них получила *Scrippsiella acuminata* (84 % численности и 34 % биомассы класса). Крупноклеточные виды – *Ceratium furca* и *C. tripos* формировали основу (57 %) биомассы динофитовых. На долю других классов фитопланктона приходилось не более 1 % общей численности и 0,2 % биомассы. В планктоне

глубоководных станций напротив Новороссийской бухты в значительном количестве отмечен нанопланктонный вид золотистых водорослей *Dinobryon balticum* (2,7 тыс. кл.·л⁻¹). В шельфовой зоне моря напротив Новороссийской бухты (5,4 тыс. кл.·л⁻¹) и Керченского пролива (12,5 тыс. кл.·л⁻¹), вероятно, в результате некоторого опреснения и обогащения прибрежной полосы моря растворенными органическими (РОВ) и биогенными веществами развивались эвригалинные мезосапробные виды синезеленых водорослей *Planktolyngbya limnetica* и *Oscillatoria* sp.

В апреле 2009 г. зафиксированы низкие величины биомассы – 0,046 г·м⁻³ и численности фитопланктона – 19,1 тыс. кл.·л⁻¹. Эти величины в 5–7 раз уступали показателям, зарегистрированным в апреле 2008 г. Результаты исследований ИО РАН, проведенных в этой части моря в период с 5 марта по 4 апреля 2009 г., также свидетельствовали об отсутствии выраженного весеннего цветения фитопланктона вследствие неразвитой зимней конвекции и непоступления «новых» биогенных элементов в эвфотический слой моря в климатический период, характеризующийся аномально теплыми зимами [Флинт, Поярков, 2010]. Наибольшее развитие фитопланктона в СВЧМ зафиксировано в районе от Керченского пролива до Новороссийска (20–34 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,62–0,64 г·м⁻³), от Туапсе до Сочи эти величины были в 2,5–3 раза ниже (8,6 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,25–0,26 г·м⁻³).

Доминировали диатомовые водоросли (52 % плотности и 53 % биомассы фитопланктона). Среди них количественно преобладали *Proboscia alata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Skeletonema costatum* (39; 23 и 19 % численности класса). В меньшем количестве развивались *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Chaetoceros curvisetus*, *Nitzschia tenuirostris*, *Cyclotella caspia*, *Pseudosolenia calcar-avis* (в сумме 15 % численности класса). Значительную часть (60 и 23 %) биомассы диатомовых водорослей формировали *Proboscia alata* и *Pseudosolenia calcar-avis*. Надо отметить, что уменьшение диаметра клеток весенней популяции *P. alata* до 4 мкм негативно отразилось на величине биомассы фитопланктона. На долю динофитовых водорослей приходилось не более 17 % плотности и 42 % биомассы фитопланктона. Основную компоненту (70 %) численности класса формировали *Lessardia elongata*, виды родов *Gymnodinium* и *Gyrodinium*, 15 % приходилось на *Scrippsiella acuminata*, *Pronoctiluca pelagica*, *Prorocentrum cordata* и *P. micans*. Биомассу (72 %) класса составили *Ceratium tripos*, *C. fusus*, *Prorocentrum micans*, *Gyrodinium* spp. Доля примезиевой водоросли *Emiliania huxleyi* весной также была высока – 21 % общей численности фитопланктона, вид был наиболее распространен в верхнем горизонте моря. Крптофитовые водоросли *Plagioselmis prolunga* и *P. punctata* формировали 6 % общей численности, диктиоховые водоросли – *Dictyocha speculum* и *Octactis octonaria* – 4 %

биомассы фитопланктона. На долю других классов фитопланктона приходилось не более 4 % численности и 1 % биомассы фитопланктона. В шельфовой зоне моря напротив Керченского пролива отмечено обилие (до 3 тыс. кл. \cdot л⁻¹) представителей классов Chlorophyceae, Euglenophyceae и Cyanophyceae.

В апреле 2012 г. средние величины численности и биомассы фитопланктона были небольшими – 10,65 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,057 г \cdot м⁻³. Доминировали диатомовые и динофитовые водоросли (в сумме 74 % плотности и 97 % биомассы фитопланктона). Среди диатомовых количественно преобладали виды, характерные для открытого района моря в исследуемый период года: *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Pseudo-nitzschia* sp., *Chaetoceros affinis*, *Nitzschia tenuirostris*, *Thalassionema nitzschioides* (10, 8, 8, 5 и 3 % общей численности фитопланктона). Характерно, что один из доминирующих видов 2009 г. – *Skeletonema costatum* – полностью отсутствовал: вероятно, период его развития в 2012 г. завершился раньше, чем в предыдущие годы. Также не был отмечен второй доминант 2009 г. – *Proboscia alata*. По биомассе преобладали два вида: *Chaetoceros affinis* и *Pseudosolenia calcar-avis*, но на фоне развития крупных видов динофитовых они формировали не более 4 % общей биомассы. Среди динофитовых количественно (17 % общей численности) преобладали виды родов *Gymnodinium*, *Prorocentrum*, *Ceratium* и *Katodinium glaucum*, *Scrippsiella acuminata*. На долю динофитовых водорослей приходилось 90 % биомассы фитопланктона. Основную биомассу среди них формировали *Ceratium tripos*, *C. fusus*, *C. furca*, *Protoperidinium depressum*, *P. crassipes*, *P. granii*, *Polykrikos cofoidii*. Доля примнезиевой водоросли *Emiliana huxleyi* весной 2012 г. снизилась до 10 % общей численности фитопланктона, вид был наиболее распространен в верхнем горизонте моря. Крпифитовые водоросли *Plagioselmis prolunga*, *P. punctata* формировали 17 % общей численности. На долю других классов водорослей приходилось не более 3 % численности и 2 % биомассы фитопланктона.

В мае 2013 г. значения численности и биомассы фитопланктона открытой СВЧМ составили 9879 кл. \cdot л⁻¹ и 0,031 г \cdot м⁻³. Значительную часть (38 и 16 %) численности фитопланктона формировали примнезиевые (*Emiliana huxleyi*) и крпифитовые водоросли (род *Plagioselmis*), однако вследствие небольших размеров клеток на их долю приходилось не более 5 % общих значений биомассы. Примнезиевые водоросли максимально (42–47 % общей численности) развивались в верхнем горизонте моря (0–10 м), тогда как относительная доля крпифитовых водорослей (28–32 % общей численности) возрастала с увеличением глубины: на горизонтах 25 и 50 м.

Наиболее обильным компонентом планктона в весенний период были динофитовые водоросли: они составили 42 % общей численности и основу (82 %)

биомассы фитопланктона. Доминировали среди них виды родов *Gymnodinium* и *Gyrodinium* (84 % численности класса). В значительно меньшем количестве встречались *Prorocentrum cordatum*, *P. micans* и *Scrippsiella acuminata* (8 % численности класса). Основную компоненту (58 %) биомассы динофитовых водорослей формировали крупноклеточные виды *Ceratium furca* и *C. tripos*. Порядка 27 % этих величин приходилось на следующие виды: *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis rotundata*, *Gyrodinium spirale*, *Prorocentrum micans*, *Polykrikos kofoidii* и *Protoperidinium divergens*, *P. steinii*, *P. depressum*.

Доля диатомовых водорослей была невысокой: 3 % общей численности и 13 % биомассы фитопланктона. Доминировали *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassionema nitzschioides* и *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (92 % численности класса). Также встречались *Nitzschia tenuirostris*, *Grammatophora marina*, *Pleurosigma elongatum*, *Planktoniella sol.* Основу биомассы (97 %) диатомовых водорослей формировал крупноклеточный вид – *Pseudosolenia calcar-avis*. По биомассе доля диатомовых водорослей возрастала (14 и 28 %) на горизонтах 5 и 50 м, в слоях повышенной концентрации *P. calcar-avis*. На долю криптофитовых, эвгленовых, зеленых и синезеленых водорослей приходилось не более 10 % общей численности и 2 % биомассы фитопланктона.

Надо отметить, что слои высокой плотности фитопланктона весной были обнаружены на горизонте 5 м (14,715 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,057 г \cdot м $^{-3}$), в верхнем и 10-метровом горизонтах моря эти величины были соответственно в 1,3 и 1,6 раза ниже. С увеличением глубины, на горизонтах 25 и 50 м, обилие фитопланктона снизилось еще в 1,7 и 3,8 раза, величины биомассы сократились соответственно в 6,7 и 7,7 раза.

В мае 2017 г. средние величины количественного развития планктонных водорослей в районе Большого Утриша составили 757 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,206 г \cdot м $^{-3}$. Максимальные величины численности и биомассы фитопланктона были отмечены в верхнем горизонте моря (1948 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,537 г \cdot м $^{-3}$). В слое ТК эти значения были в 6–7 раз ниже (304 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,070 г \cdot м $^{-3}$). У дна величины количественного развития фитопланктона были минимальными (17,8 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,009 г \cdot м $^{-3}$), они в 108 и 56 раз уступали значениям, отмеченным в верхнем горизонте моря. Снижение количественного развития фитопланктона с увеличением глубины обычно связано с эффектом затемнения нижних горизонтов моря и подавлением в них фотосинтетической активности планктонных водорослей.

Доминирующими в верхнем горизонте моря и в зоне ТК были примезиевые водоросли, которые формировали в период исследований соответственно 91–96 % общих значений численности и 57–93 % биомассы. Наблюдали цветение моря, связанное с интенсивным развитием *Emiliania huxleyi*. Значительную часть биомассы (34 %) фитопланктона в зоне ТК

составляли также динофитовые водоросли, на долю диатомовых приходилось не более 7 %. У дна основные значения численности были распределены между диатомовыми, золотистыми и криптофитовыми водорослями (42, 26 и 28 %), величины биомассы – между динофитовыми и диатомовыми (78 и 14 %). Эвгленовые водоросли формировали менее 1 % значений численности и биомассы во всем столбе воды. Среди диатомовых доминировали мелкоклеточные *Nitzschia tenuirostris* и *Skeletonema costatum*, среди динофитовых – виды рода *Gymnodinium* и *Scrippsiella acuminata*.

ЛЕТО

Средние величины обилия фитопланктона в летний период (июнь-август) в открытой СВЧМ были в 1,5 раза ниже, чем в весенний период и составили 107 тыс. кл.·л⁻¹. В то же время средние значения биомассы (0,230 г·м⁻³) в 1,6 раза превышали величины, отмеченные в весенний период, что связано с развитием в планктоне более крупных видов водорослей. Максимальные величины численности планктонных водорослей (567 тыс. кл.·л⁻¹) были отмечены в июне 2017 г., биомассы (0,405 г·м⁻³) – в июле 2010 г. В другое время величины численности и биомассы изменялись в пределах 9–124 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,080–0,374 г·м⁻³. Основным доминирующим классом водорослей продолжали быть примнезиевые – *Emiliania huxleyi* (66 % обилия и 5 % биомассы). Значительную часть (18+12 %) численности и основу (46+47 %) биомассы при этом формировали диатомовые и динофитовые водоросли, на долю других классов приходилось не более 4 и 2 % этих величин (рис. 11, 12).

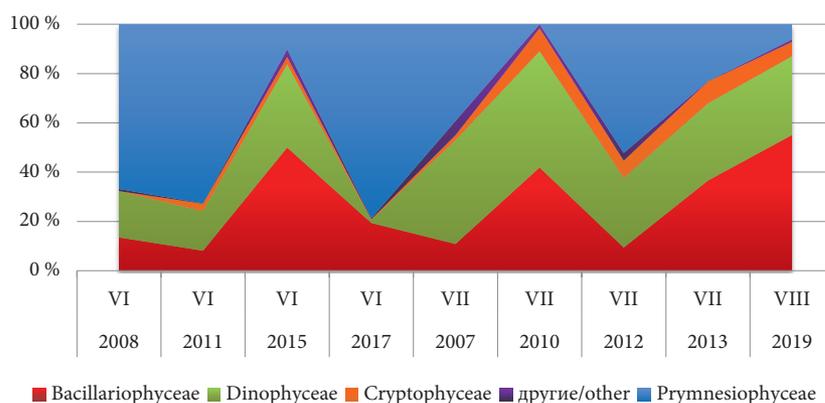


Рис. 11. Многолетняя динамика процентного соотношения основных классов водорослей в образовании величин численности фитопланктона в открытой СВЧМ в летний период

Fig. 11. Long-term dynamics of the percentage ratio of the main classes of algae in the formation of phytoplankton abundance in the open part of NEBS in the summer period

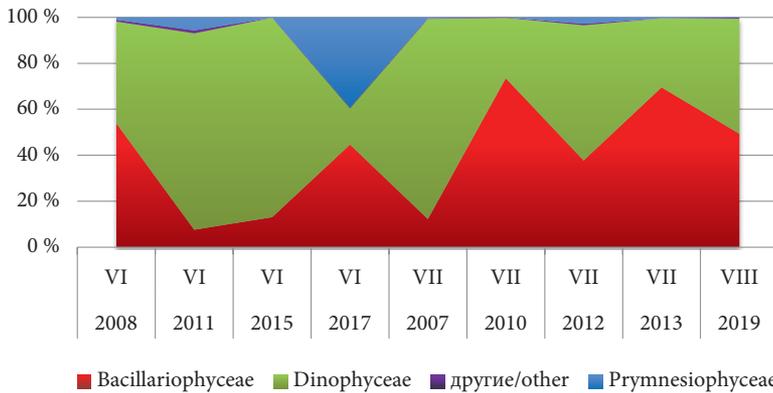


Рис. 12. Многолетняя динамика процентного соотношения основных классов водорослей в образовании величин биомассы фитопланктона в открытой СВЧМ в летний период

Fig. 12. Long-term dynamics of the percentage ratio of the main classes of algae in the formation of phytoplankton biomass in the open part of NEBS in the summer period

В июне 2008 г. высокие величины численности ($64 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$ при биомассе $0,374 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$) были обусловлены интенсивным развитием нанопланктонного вида примнезиевых водорослей *Emiliania huxleyi*, который в этот период составил 67 % общей численности фитопланктона и не более 2 % биомассы фитопланктона вследствие мелких размеров клеток (5–8 мкм). Значительную часть (13 и 19 %) численности и основную компоненту (54 и 43 %) биомассы планктонного сообщества формировали диатомовые и динофитовые водоросли. Среди диатомовых преобладали *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* и *Pseudosolenia calcar-avis* (19 и 54 % численности и 95 % биомассы класса), на уровне субдоминант встречались *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*, *Cerataulina pelagica*, *Dactyliosolen fragillissimus*. Наиболее многочисленными среди динофитовых были представители рода *Gymnodinium*, *Prorocentrum cordatum*, *P. compressum*, *Gyrodinium fusiforme*, составившие соответственно 12, 39, 7, 20 % численности класса. Виды *Ceratium tripos*, *C. fusus*, *C. furca* и *Gyrodinium* spp. формировали основную (75 %) биомассу класса. На долю других классов фитопланктона приходилось не более 1 % численности и биомассы фитопланктона.

Среди диктиоховых и золотистых водорослей от Керченского пролива до Новороссийска развивались наиболее распространенные в Черном море виды *Dictyocha speculum* и *Dinobryon balticum* ($0,2$ и $2 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$). Максимальное количество мелких эвгленовых водорослей ($1,2 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$) зарегистрировано в открытом море напротив Новороссийской бухты. Более крупноклеточный вид *Eutreptia lanowii* ($0,13 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$) встречался в шельфовой зоне моря

напротив Керченского пролива. Обилие Cryptophyceae ($0,6$ млн кл. \cdot л $^{-1}$) было отмечено вблизи Керченского пролива и в районе Сочи. Празинофитовые водоросли – представители морского рода *Pterosperma*, наиболее интенсивно вегетировали в верхнем горизонте моря всей исследуемой акватории Черного моря (до $0,8$ тыс. кл. \cdot л $^{-1}$).

В горизонтальном направлении наблюдали относительно равномерное распределение фитопланктона по исследуемой акватории. Максимальные величины численности одноклеточных водорослей зарегистрированы в районе Туапсе (78 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), минимальные – в районе Сочи и Анапы (58 – 59 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$). На траверзах Керченского пролива и Новороссийска значения численности составили 63 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$. Высокие величины биомассы ($0,46$ – $0,53$ г \cdot м $^{-3}$) отмечали в районе Анапы и Туапсе, что в полтора раза превышало показатели остальной исследуемой акватории моря. Минимальные значения биомассы приходились на Новороссийский район ($0,27$ г \cdot м $^{-3}$). Для Сочинского и Прикерченского районов значения биомассы составили $0,32$ – $0,37$ г \cdot м $^{-3}$.

В июне 2011 г. значения численности фитопланктона (94 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) вследствие интенсивного развития нанопланктонных видов водорослей были в $2,2$ раза выше, чем в июле 2010 г. Величина биомассы планктонных водорослей в 2011 г. ($0,080$ г \cdot м $^{-3}$) уступала значениям биомассы 2010 г. в 5 раз. Максимальная численность водорослей (117 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) зарегистрирована на Анапском разрезе, минимальная (72 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) – на Сочинском разрезе. Высокие значения биомассы фитопланктона ($0,088$ – $0,092$ г \cdot м $^{-3}$) были обнаружены в районе Туапсинского и Керченского разрезов. На остальной исследуемой акватории моря эти величины были несколько ниже – $0,070$ – $0,076$ г \cdot м $^{-3}$.

Основным доминирующим видом был представитель примнезиевых водорослей *Emiliania huxleyi*, – 73 % общей численности фитопланктона. Относительная доля этого вида была максимальной в верхнем горизонте моря (0 – 15 м) – до 84 % общей численности, на горизонте 30 м вид составил не более 24 % численности планктонных водорослей. Диатомовые водоросли формировали 8 % общей численности и 7 % биомассы фитопланктона на всей исследованной акватории. Доминировали среди них виды *Chaetoceros affinis*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Thalassionema nitzschioides* (95 % численности класса). В незначительном количестве были отмечены *Chaetoceros curvisetus*, *Nitzschia tenuirostris*, *Skeletonema costatum*, *Dactyliosolen fragillissimus*, *Cerataulina pelagica*. Основную компоненту (87 %) биомассы диатомовых формировали *Chaetoceros affinis*, *Pseudosolenia calcar-avis* и *Thalassionema nitzschioides*. Надо отметить, что виды *C. affinis*, *P. pseudodelicatissima*, *T. nitzschioides*, *D. fragillissimus* и *Pseudosolenia calcar-avis* были отмечены среди руководящих видов прошлого года, когда диатомовые

развивались на уровне субдоминант (8 % общей численности и 7 % биомассы фитопланктона).

Динофитовые водоросли отвечали за 16 % общей численности и 85 % биомассы фитопланктона. Среди них количественно преобладали *Prorocentrum cordatum*, *Gymnodinium simplex*, *Gymnodinium* sp., *Lessardia elongata*, *Gyrodinium fusus*, *G. spirale*, *Katodinium glaucum* (80 % численности класса). Основу (78 %) биомассы динофитовых водорослей составили крупноклеточные виды: *Ceratium furca*, *Ceratium tripos*, *Dinophysis acuta*, *Ensiculifera carinata*, *Scrippsiella acuminata*, *Gyrodinium spirale*, *Polykrikos kofoidii*, *Protoberidinium divergens*. На долю криптофитовых, эвгленовых, зеленых и синезеленых водорослей приходилось не более 4 % общей численности и 2 % биомассы фитопланктона. В фитопланктоне были обнаружены динофитовые водоросли *Dinophysis odiosa* и *Alexandrium tamarense*, которые считаются недавними вселенцами в северо-восточной части Черного моря. Надо отметить, что виды рода *Alexandrium* являются наиболее токсичными среди представителей фитопланктона и нуждаются в постоянном контроле.

В июне 2015 г. средние значения численности и биомассы фитопланктона, обнаруженные в районе Большого Утриша, составили 9,3 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,127 г·м⁻³. Количественно доминировали диатомовые и динофитовые водоросли (соответственно 50 и 34 % численности фитопланктона). Среди диатомовых водорослей обильно развивался *Leptocyclus danicus*, – 60 % численности класса. На уровне субдоминант были отмечены другие мелко-клеточные виды: *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* и *Skeletonema costatum* (в сумме они формировали 20 % численности класса). На мелководных станциях у дна в значительном количестве были обнаружены клетки *Bacillaria paradoxa* (2,6 тыс. кл.·л⁻¹).

Среди динофитовых преобладали некрупные виды водорослей *Prorocentrum cordatum*, *Lessardia elongata*, *Gyrodinium fusiforme*, *G. spirale* и представители рода *Gymnodinium* (в сумме 62 % численности класса). Нанопланктонный вид примнезиевых водорослей *Emiliania huxleyi* в этот период формировал 27 % общей численности в поверхностном горизонте моря, в слое ТК и у дна клетки этого вида водорослей отсутствовали, в небольшом количестве ($\leq 0,12$ тыс. кл.·л⁻¹) здесь были отмечены такие теневыносливые виды диктиоховых водорослей, как *Dictyocha speculum* и *Octactis octonaria*. На долю криптофитовых водорослей *Plagioselmis punctata* и *P. prolunga* приходилось не более 3 % общей численности, величина обилия которых мало изменялась в вертикальном направлении.

Основную биомассу фитопланктона (86 %) формировали динофитовые водоросли, среди них ведущую роль играли такие крупные виды водорослей как *Ceratium tripos* и *C. furca* (76 % биомассы класса). Около 12 % биомассы

динофитовых водорослей составили другие крупноклеточные виды *Ceratium fusus*, *Dinophysis acuta*, *Gyrodinium spirale*, *Protooperidinium divergens*, *P. depressum*, *Polykrikos kofoidii*, *Spatulodinium pseudonociluca*. На долю диатомовых водорослей в среднем приходилось 13 % общей биомассы; основное значение в формировании биомассы диатомовых принадлежало *Pseudosolenia calcar-avis* (47 %), крупным временно планктонным видам родов *Pleurosigma*, *Grammatophora* (в сумме 25 %) и одному из наиболее многочисленных в этот период виду *Leptocylindrus danicus* – 10 %.

Максимальные значения количественного развития одноклеточных водорослей отмечены в слое ТК (14 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,227 г \cdot м⁻³), в верхнем горизонте моря эти величины были в 1,5–2 раза ниже (10 тыс. кл./л⁻¹ и 0,103 г \cdot м⁻³). Обилие планктонных водорослей у дна было минимальным (3,7 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,052 г \cdot м⁻³). Надо отметить, что в верхнем горизонте моря повышалась роль крупных видов диатомовых водорослей *Pseudosolenia calcar-avis* и *Proboscia alata* (58 и 11 % биомассы отдела), вследствие чего диатомовые формировали здесь до 30 % общих значений биомассы. В то время как в более глубоких горизонтах моря в общих значениях биомассы фитопланктона повышалась доля динофитовых водорослей – 82–96 %.

Обильное развитие фитопланктона было зарегистрировано на прибрежных мелководных станциях (18 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,202 г \cdot м⁻³), что, вероятно, связано с высокой степенью эвтрофирования прибрежной полосы за счет берегового стока и более интенсивной вертикальной конвенции вод. Средние величины обилия планктонных водорослей на более отдаленных от берега станциях были значительно ниже, варьировали в пределах 5–8,7 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,081–0,127 г \cdot м⁻³. Наиболее неблагоприятная обстановка для развития фитопланктона сложилась в придонном горизонте отдаленных от берега станций, где были отмечены минимальные величины численности и биомассы планктонных водорослей (0,37 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,003 г \cdot м⁻³). Здесь же наблюдали низкую концентрацию растворенного в воде кислорода.

В июне 2017 г. величины численности и биомассы фитопланктона в районе Большого Утриша составили 1053 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,303 г \cdot м⁻³. Максимальные величины численности были отмечены в верхнем горизонте моря (3142 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,872 г \cdot м⁻³). В слое ТК и у дна значения численности снизились на 2 порядка, значения биомассы – более чем в 10 раз. Снижение количественного развития планктонных водорослей в придонном горизонте шельфовой зоны моря обычно связано с эффектом затемнения нижних горизонтов фотического слоя и подавлением фотосинтетической активности водорослей.

Доминирующими в этот период на поверхности моря были золотистые водоросли (97–98 % от общих значений численности и 69–90 % общей

биомассы), преимущественно развивался наиболее распространенный в Черном море вид *Emiliana huxleyi* (диаметр клеток 7–8 мкм). С глубиной значение этого вида существенно снизилось. Диатомовые и динофитовые на поверхности моря в период исследований формировали не более 2 % от общих значений численности; 3–9 и 7–21 % общей биомассы. В зоне ТК они составили основу (25–95 и 2–42 %) общих значений численности и (19–92 и 7–79 %) общей биомассы. У дна диатомовые и динофитовые водоросли формировали 33–62 и 8–24 % общей численности, а также 33–97 и 2–62 % общей биомассы соответственно. Значительное развитие на более глубоких горизонтах (ТК и дно) наблюдали также среди жгутиковых и криптофитовых водорослей, где в сумме они могли формировать до 13–35 % численности.

В период исследований среди диатомовых водорослей преобладали *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros curvisetus*, *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum* и *Coscinodiscus jonesianus*. Среди динофитовых водорослей наиболее многочисленными были *Gyrodinium spirale*, *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella acuminata*, *Pronoctiluca pelagica* и виды рода *Gymnodinium*.

В июле 2007 г. средние значения численности и биомассы фитопланктона составили 31,63 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,239 г \cdot м⁻³. Наиболее высокие величины обилия (58 тыс. кл. \cdot л⁻¹), в 2 раза превышающие значения на остальной исследуемой акватории были отмечены на траверзе Керченского пролива. Минимальные значения численности зафиксированы в районе от Анапы до Новороссийска (19–22 тыс. кл. \cdot л⁻¹), средние для этого периода количественные величины (28 тыс. кл. \cdot л⁻¹) были отмечены в Туапсинском и Сочинском районах. Минимальная биомасса водорослей зарегистрирована в районе Анапы (0,12 г \cdot м⁻³), на других участках моря ее значения были в 2 раза выше (0,23–0,27 г \cdot м⁻³).

Доминирующим классом водорослей были Dinophyceae – 42 % обилия и 86 % общей биомассы фитопланктона. Основу количественных величин формировали *Lessardia elongata* (16 % численности класса), *Gymnodinium* sp. (23 %), *Prorocentrum cordatum* (16 %) и *P. micans* (8 %). В меньшем количестве встречались *P. compressum*, *Scrippsiella acuminata*, *Gyrodinium* sp., *Diplopsalis lenticula*, – в сумме 18 % общей численности класса. Основную компоненту (88 %) биомассы динофитовых формировали крупноклеточные виды водорослей: *Ceratium furca*, *C. fusus*, *C. tripos*, *Gyrodinium* sp., *D. lenticula*, *P. micans*, *P. divergens*, *S. acuminata*.

Одним из доминирующих видов водорослей в этот период была *Emiliana huxleyi*, – 38 % общей численности фитопланктона. На долю диатомовых приходилось не более 11 % общей численности и 12 % биомассы

фитопланктона. Количественно преобладали *Pseudosolenia calcar-avis* и *Thalassionema nitzschioides* (40 и 50 % численности; 93 и 5 % биомассы класса), которые были одинаково многочисленны во всем районе исследований, кроме района Сочи, где *T. nitzschioides* отсутствовал. Виды *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* и *Nitzschia tenuirostris* развивались на уровне субдоминант (9 % численности класса). Представители других классов планктонных водорослей в среднем по району исследований формировали не более 10 % общей численности и 2 % биомассы фитопланктона. Надо отметить, что в планктоне большинства станций присутствовали морские зеленые водоросли рода *Pterosperma* (диаметром до 20 мкм) со средней численностью 0,15 тыс. кл. \cdot л⁻¹.

Интересно, что в Прикерченском районе в верхнем горизонте моря в значительном количестве вегетировали синезеленые рода *Lyngbya*, криптофитовые водоросли рода *Plagioselmis* и фитофлагелляты. Средняя численность этих представителей составила 22–23 тыс. кл. \cdot л⁻¹, в сумме они формировали 30 % общей численности фитопланктона. В том же районе были отмечены эвгленовые (0,27 тыс. кл. \cdot л⁻¹) и зеленые водоросли – *Monoraphidium contortum* (0,8–3,4 тыс. кл. \cdot л⁻¹).

В июле 2010 г. величины численности и биомассы по сравнению с апрелем 2009 г. заметно возросли (42 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,405 г \cdot м⁻³). В это время наблюдали относительно равномерное горизонтальное распределение средних количественных величин фитопланктона по исследуемой акватории моря. Некоторое увеличение численности и биомассы отмечено на участке от Керченского пролива до Анапы (50 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,56 г \cdot м⁻³). В районе Туапсинского шельфа обилие планктонных водорослей было минимальным (35 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,35 г \cdot м⁻³). В районе Новороссийска и Большого Сочи количественные величины составили 40–43 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,39–0,43 г \cdot м⁻³.

Представители диатомовых и динофитовых водорослей составили соответственно 42 и 47 % обилия; 73 и 26 % биомассы фитопланктона. Доминирующим видом (50 % численности и 96 % биомассы класса) среди диатомовых водорослей была *Pseudosolenia calcar-avis*, на уровне субдоминант развивались *Thalassionema nitzschioides*, *Chaetoceros affinis*, *Nitzschia tenuirostris* (42 % численности класса). Наиболее многочисленными среди динофитовых были *Prorocentrum cordatum*, *Lessardia elongata*, виды родов *Gyrodinium* и *Gymnodinium* (15; 14 и 52 % численности класса), в меньшем количестве встречались *P. compressum*, *P. micans*, *Glenodinium* sp. (в сумме 10 % численности класса). Основную компоненту (48 и 35 %) биомассы класса формировали крупноклеточные *Ceratium tripos*, *C. fusus*, *C. furca* и менее крупные, но многочисленные виды родов *Diplopsalis*, *Prorocentrum*, *Dinophysis* (*D. caudata*, *D. rotundata*), *Protoberidinium* (*P. crassipes*, *P. steinii* и *P. divergens*),

Polykrikos kofoidii. КRYPTOфитовые водоросли в этот период составили около 10 % численности и 1 % биомассы фитопланктона.

В июле 2012 г. средние значения численности и биомассы фитопланктона составили 124 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,263 г \cdot м⁻³. В этот период доминировал нанопланктонный вид примнезиевых водорослей – *Emiliana huxleyi*, который формировал 52 % общей численности. В верхнем горизонте моря (0–10 м) вид формировал 38–62 % общей численности, с глубиной (25 м) его относительная доля несколько снижалась – вид составил 26 % общей численности. Надо отметить, что *E. huxleyi* формировал основу (73 %) численности фитопланктона и летом 2011 г. с максимальной долей (до 84 % общей численности) в верхнем горизонте моря (0–15 м), на 30 м горизонте относительное обилие *E. huxleyi* снизилось в 3,5 раза.

Пик численности наблюдали в верхнем горизонте моря (254 тыс. кл. \cdot л⁻¹), второй менее значительный пик был отмечен на горизонте 10 м (129 тыс. кл. \cdot л⁻¹). Наблюдали снижение обилия фитопланктона на горизонте 5 м (76 тыс. кл. \cdot л⁻¹) и 25 м (38 тыс. кл. \cdot л⁻¹), эти значения более, чем в 3 и 6 раз уступали поверхностным величинам. Высокие значения биомассы (0,447 г \cdot м⁻³) были отмечены в промежуточном исследуемом горизонте (10 м). На поверхности моря и на горизонте 5 м эти значения были в 1,6 раза ниже и составили соответственно 0,281 и 0,277 г \cdot м⁻³. На горизонте 25 м отмечали минимальные значения биомассы (0,140 г \cdot м⁻³).

Динофитовые водоросли формировали 28 % общей численности и 58 % биомассы фитопланктона на всей исследованной акватории. Среди них количественно преобладали виды родов *Prorocentrum*, *Gymnodinium* и *Gyrodinium*. Основу биомассы составили крупноклеточные виды: *Ceratium furca*, *Ceratium tripos*, *Diplopsalis lenticula*, *Polykrikos kofoidii*, *Proto-peridinium divergens*. Диатомовые водоросли отвечали за 9 % общей численности и 37 % биомассы фитопланктона; доминировали среди них виды – *Chaetoceros affinis*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Thalassionema nitzschioides*, *Pseudosolenia calcar-avis*. В значительном количестве были отмечены также *Proboscia alata*, *Dactyliosolen fragillissimus*, *Pleurosigma elongatum*. Эти же виды формировали основную компоненту биомассы диатомовых водорослей. На долю криптофитовых, эвгленовых, зеленых и синезеленых водорослей приходилось не более 10 % общей численности и 2 % биомассы фитопланктона.

Таким образом, в летний период 2011–2012 гг. в акватории СВЧМ наблюдали интенсивное развитие нанопланктонного вида кокколитофорид *Emiliana huxleyi*. Массовое развитие этого вида в условиях Черного моря обычно наблюдается с апреля по июнь. В период исследований, проведенных в 2010 г. (вторая половина июля), вегетация этого вида уже практически закончилась, что негативно отразилось на величине общей численности

фитопланктона. Оперативные наблюдения за оптическими свойствами поверхностного слоя Черного моря [dvs.net.ua/mp], проводимые в МГИ НАНУ, и регулярные исследования фитопланктона, выполняемые сотрудниками ЮНЦ РАН в СВЧМ, позволили детектировать аномальное по интенсивности и продолжительности (май-июль) цветение кокколитофориды *E. huxleyi* в 2012 г. Такой продолжительности и интенсивности цветения кокколитофорид в Черном море в «спутниковую эру» (15 лет) еще не наблюдали [Ясакова, Станичный, 2012]. Максимум интенсивности цветения приходился на июнь, ослабление этого явления отмечали в третьей декаде июля, причем отдельные зоны цветения в западной и восточной частях моря наблюдали также в первой декаде августа. Исследования, проведенные в этот период на открытом шельфе в районе Новороссийска, показали, что цвет воды в море имел молочно-белый оттенок, прозрачность не превышала 2 м (в обычное время прозрачность воды в открытом районе моря достигала 10–15 м), при этом численность кокколитофорид (до 16 млн кл. \cdot л $^{-1}$) была на порядок выше, чем в прошлые годы. Одной из возможных причин интенсификации развития кокколитофорид является глубокая зимняя конвекция. Так, холодные зимы 1998, 1999, 2006 и 2008 гг. способствовали более интенсивному и продолжительному цветению фитопланктона, чем в предыдущие и в последующие годы [Станичный, 2012; Микаэлян, 2018]. Зима 2012 г. характеризовалась низкими температурами и интенсивным ветровым перемешиванием. По данным дрейфтеров ARGO [<http://www.argodatamgt.org/Access-to-data/Argo-data-selection>], глубина верхнего перемешанного слоя достигала в феврале 100–150 м, а температура в глубоководной части моря – 6,3 °С, что могло вызвать поступление большого количества биогенов в верхние слои моря. Участвовавшие случаи цветения воды кокколитофоридами в различных районах Мирового океана охватывают сотни тысяч квадратных километров морской поверхности и напрямую связаны с проблемой обмена углекислым газом между атмосферой и океаном [Riebesell, 2004; Engel et al., 2005]. В связи со способностью кокколитофорид регулировать уровень CO₂ в атмосфере и, как следствие, влиять на температурный режим и климатические условия нашей планеты, исследования динамики развития *E. huxleyi* в современный период приобретают особую значимость. В последние годы численность *E. huxleyi* в открытых районах моря ежегодно достигает уровня цветения и отмечается тенденция к усилению ее развития, что подтверждают спутниковые наблюдения [Cokacar et al., 2001; Burenkov et al., 2006]. Снижение уровня эвтрофикации вод, климатические особенности последних лет (аномально жаркое лето – начало осени), повышение температуры ВКС внесли заметные изменения в состав лидирующего комплекса видов, который в последние годы происходит в рамках

системы «диатомовые – кокколитофориды» [Pautova et al., 2007; Mikaelyan et al., 2011, 2013].

Исследования фитопланктона, проведенные в открытой СВЧМ, выявили повышение численности планктонных водорослей в июне-июле 2011 и 2012 гг. (94 и 120 тыс. кл. \cdot л⁻¹) в 2–2,5 раза по сравнению с летними величинами 2010 г. (49 тыс. кл. \cdot л⁻¹). Значения биомассы фитопланктона в летний период 2010 и 2012 гг. (0,417 и 0,263 г \cdot м⁻³) в 3–5 раз превышали величины, отмеченные в летний период в 2011 г. (0,080 г \cdot м⁻³). В июле 2010 и 2012 гг. установилась теплая погода ($t_{\text{воды}}$ 26–27°C), что способствовало интенсивному развитию крупного тропического вида диатомовых водорослей *Pseudosolenia calcar-avis*, формировавшего до 70 % биомассы фитопланктона. Исследования планктонных водорослей в 2011 г. были проведены в более ранний срок: в конце июня – начале июля ($t_{\text{воды}}$ 20–22 °C) – период интенсивной вегетации этого теплолюбивого вида водорослей еще не наступил, что негативно отразилось на величине биомассы.

В июле 2013 г. показатели количественного развития фитопланктона составили 14,84 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,207 г \cdot м⁻³. Около 36 % общей численности и 69 % биомассы фитопланктона на всем побережье СВЧМ формировали диатомовые водоросли. Доминировали среди них виды – *Chaetoceros affinis*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassionema nitzschioides* (95 % численности и 98 % биомассы класса). В небольшом количестве также были отмечены *Nitzschia tenuirostris*, *Chaetoceros curvisetus*, *Pleurosigma elongatum*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, виды рода *Coscinodiscus*.

Динофитовые водоросли отвечали за формирование 31 % общей численности и 30 % биомассы фитопланктона. Среди них количественно преобладали *Gymnodinium simplex*, *G. nana*, *G. wulfii*, *G. agiliforme*, *Gymnodinium* sp., *Gyrodinium fusiforme*, *Prorocentrum cordatum* (76 % численности класса). В меньшем количестве встречались *Ceratium furca*, *Gyrodinium spirale*, *Prorocentrum micans*, *Diplopsalis lenticula*, *Dinophysis rotundata*, *Protoceratium reticulatum*, *Scrippsiella acuminata* и *Torodinium robustum*, в сумме составившие 15 % численности динофитовых водорослей. Основу (85 %) биомассы динофитовых водорослей формировали крупноклеточные виды: *Ceratium furca*, *C. tripos*, *C. fusus*, *Diplopsalis lenticula*, *Dinophysis rotundata*, *Gyrodinium* sp., *Protoceratium reticulatum* и *Protoperidinium divergens*.

Значительную часть (9 и 23 %) обилия фитопланктона создавали мелкоклеточные представители Cryptophyceae (род *Plagioselmis*) и Prymnesiophyceae (*Emiliana huxleyi*). Примнезиевые водоросли наиболее многочисленными (27–36 %) были в верхнем горизонте моря (от 0 до 10 м). Криптофитовые предпочитали горизонт 50 м, где относительная доля этих водорослей повышалась до 20 % общей численности. Максимальное обилие

фитопланктона (18,51 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,316 г \cdot м $^{-3}$) в летний период наблюдали в верхнем слое моря (поверхность). На горизонтах от 5 до 50 м плотность фитопланктона несколько снизилась: величины численности – в 1,4 раза, биомассы – в 2,1 раза.

В августе 2019 г. средние величины численности и биомассы фитопланктона на всем побережье СВЧМ составили 16,546 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,166 г \cdot м $^{-3}$. Максимальные величины количественного развития планктонных водорослей (21,962 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,302 г \cdot м $^{-3}$) отмечали в районе Керченского пролива, минимальные значения численности и биомассы фитопланктона (10,694 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,067 г \cdot м $^{-3}$) наблюдали в районе Сочи и Абхазии. В других районах моря эти величины варьировали в пределах 14,383–17,999 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,053–0,163 г \cdot м $^{-3}$.

Распределение величин численности фитопланктона в вертикальном направлении носило более равномерный характер, чем распределение величин биомассы. Максимальное обилие клеток планктонных водорослей (17,161 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) отмечали у поверхности моря, с глубиной эти значения несколько снижались: на горизонте моря от 8 до 25 м средняя величина численности составила 14,850 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$; в слое моря от 30 до 55 м – соответственно 15,724 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$. Максимальные величины биомассы (0,199 г \cdot м $^{-3}$) были отмечены в среднем исследуемом горизонте (8–25 м), тогда как у поверхности моря и в более глубоких горизонтах моря (30–55 м) они были в 1,5 раза ниже (соответственно 0,129 и 0,143 г \cdot м $^{-3}$).

Во всем районе исследования доминировали диатомовые и динофитовые водоросли, в среднем составившие соответственно 54 и 32 % общей численности; 52 и 47 % биомассы фитопланктона. Кокколитофорида, представленная нанопланктонным видом *Emiliania huxleyi*, и криптофитовые водоросли (*Plagioselmis punctata*, *P. prolunga*, *Hillea fusiformis*) в целом формировали не более 13 % общей численности и менее 1 % биомассы фитопланктона. На долю других классов планктонных водорослей приходилось менее 1 % численности и 1 % биомассы. Максимальную долю в величинах численности (73 %) и биомассы (75 %) в нижних горизонтах моря (30–55 м) составляли диатомовые водоросли, тогда как в более высоких горизонтах моря (0–25 м) они формировали 51–53 % численности и 47–60 % биомассы. На поверхности моря повышалось значение криптофитовых водорослей и кокколитофорид, которые в сумме здесь формировали до 18 % общей численности фитопланктона.

Максимальная доля диатомовых в величинах численности (57 и 60 %) и биомассы (63 и 69 %) фитопланктона была отмечена на выходе из Керченского пролива и на мысе Б. Утриш. В районе мыса Идокопас и в районе Сочи-Абхазия диатомовые водоросли также составили значительную часть (56–57 %) численности, но при этом формировали не более 52 % биомассы

фитопланктона. В других исследуемых районах моря на долю этой группы водорослей приходилось порядка 47 % численности и 38–42 % биомассы фитопланктона.

Доля динофитовых водорослей (33–39 % общей численности и 51–61 % биомассы) возрастала в районе Анапы и на участке моря от Новороссийска до Абхазии. Максимальное обилие криптофитовых водорослей (8–10 % общей численности) отмечали в районе от Керченского пролива до Утриша, на других участках моря они формировали от 2 до 5 % этих величин.

Кокколитофорида успешно развивались в районе Новороссийска и Геленджика, где они составили 9 % общей численности, на остальной исследуемой акватории Черного моря их вклад в величины численности фитопланктона был существенно ниже (3–6 %). Надо отметить, что основной доминирующий вид кокколитофорид успешно развивался только в поверхностном горизонте моря. Обильное развитие среди планктонных диатомовых во всем районе исследований получили следующие виды: *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (9–16 % общей численности), *Pseudosolenia calcar-avis* (17–38 % общей численности). Виды *Proboscia alata* и *Thalassionema nitzschioides* развивались на уровне субдоминант, формируя соответственно до 7 и 6 % численности фитопланктона. Основными видами среди динофитовых были *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum cordatum*, *Scrippsiella acuminata* и представители родов *Ceratium*, *Gymnodinium* и *Gyrodinium* (в сумме они составили 16–30 % численности фитопланктона).

При этом основу биомассы фитопланктона исследуемого района моря в августе 2019 г. формировали крупноклеточные виды диатомовых – *Pseudosolenia calcar-avis* (31–65 %) и динофитовых водорослей: *Polykrikos kofoidii*, *Protoperdinium divergens*, *Protoceratium reticulatum*, виды рода *Ceratium*, а также доминирующие по численности представители родов *Prorocentrum*, *Gymnodinium* и *Gyrodinium* (в сумме 23–50 %).

ОСЕНЬ-ЗИМА

В период завершения вегетационного сезона, осенью (сентябрь–ноябрь) и особенно зимой (декабрь, февраль) произошло снижение количественных величин развития фитопланктона: обилие водорослей (в среднем 74 тыс. кл.·л⁻¹), наблюдавшееся в это время года в открытой СВЧМ, сократилось по сравнению с летом в 1,5 раза, а по сравнению с весной в 2 раза. Средние значения биомассы (0,104 г·м⁻³) также были самыми низкими за весь период исследования: они в 1,4 раза уступали величинам, отмеченным в весенний период, и в 2 раза уступали летним величинам. Наиболее высокие величины численности планктонных водорослей (265 и 305 тыс. кл.·л⁻¹) были зарегистрированы в ноябре 2017 г. и феврале 2019 г., биомассы

(0,485 г·м⁻³) – в октябре 2008 г. В другое время величины численности изменялись от 3 до 52 тыс. кл.·л⁻¹; биомассы – от 0,011 до 0,102 г·м⁻³. Основным доминирующим классом водорослей в это время были диатомовые водоросли (52 % численности и 65 % биомассы), значение примнезиевых – *Emiliania huxleyi* – заметно сократилось (38 % обилия и 5 % биомассы) (рис. 13 и 14). Значение динофитовых водорослей было высоко только в формировании (28 %) биомассы, при этом они образовывали всего 3 % общей численности, на долю других классов приходилось не более 6 и 2 % этих величин.

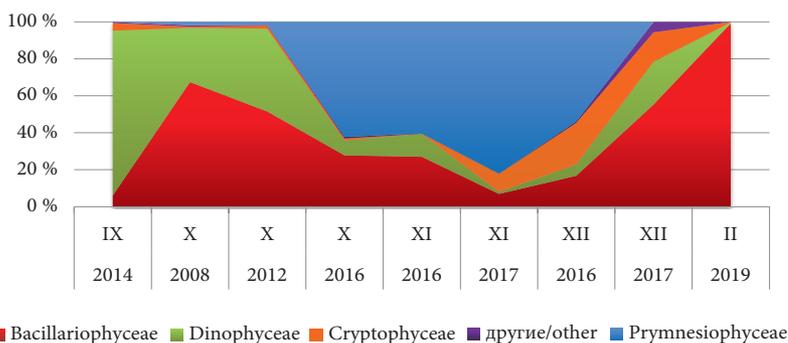


Рис. 13. Многолетняя динамика процентного соотношения основных классов водорослей в образовании величин численности фитопланктона в открытой СВЧМ в осенне-зимний период

Fig. 13. Long-term dynamics of the percentage ratio of the main classes of algae in the formation of phytoplankton abundance in the open part of NEBS in the autumn-winter period

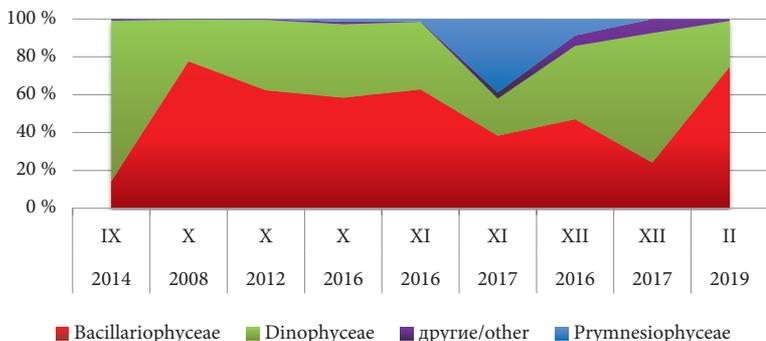


Рис. 14. Многолетняя динамика процентного соотношения основных классов водорослей в образовании величин биомассы фитопланктона в открытой СВЧМ в осенне-зимний период

Fig. 14. Long-term dynamics of the percentage ratio of the main classes of algae in the formation of phytoplankton biomass in the open part of NEBS in the autumn-winter period

В сентябре 2014 г. средние величины обилия фитопланктона в районе СВЧМ составили 5,020 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,030 г \cdot м⁻³. Наиболее высокие величины численности водорослей были отмечены в верхнем горизонте моря (7,241 тыс. кл. \cdot л⁻¹); в слое 10 и 25 м они в целом были в 1,5 раза ниже (4,63 и 5,28 тыс. кл. \cdot л⁻¹). Значения биомассы наиболее высокими (0,035 и 0,038 г \cdot м⁻³) были в слое 10 м и на поверхности моря, в слое 25 м они составили 0,025 г \cdot м⁻³. У дна значения численности и биомассы были минимальными (1,875 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,020 г \cdot м⁻³). Динофитовые водоросли формировали основу численности (89 %) и биомассы (85 %) фитопланктона во всем исследуемом слое воды (0–50 м); диатомовые составили соответственно 6 и 14 % этих величин. На долю других классов приходилось не более 5 % общей численности и 1 % биомассы, среди них наиболее многочисленными были криптофитовые водоросли.

Роль динофитовых водорослей по численности (89–93 %) возрастала в слое воды 10–50 м, по биомассе (88 % и 91 %) их значение было максимальным на горизонтах 10 м и 50 м. В верхнем горизонте моря и на горизонте 25 м до 7 % численности и 18 % формировали диатомовые водоросли. В слое воды от 0 до 10 м 5–7 % численности фитопланктона составили криптофитовые водоросли, а в более глубоком горизонте моря (50 м) интенсивно развивались диктиоховые (5 % общей численности и 4 % биомассы).

Среди динофитовых водорослей наиболее многочисленными были *Gyrodinium fusus*, *Katodinium glaucum*, *Lessardia elongata*, *Prorocentrum cordata* и виды рода *Gymnodinium*; в сумме они формировали порядка 70 % общей численности фитопланктона. Основу биомассы формировали виды рода *Ceratium*, *Akashiwo sanguinea*, *Dinophysis caudata*, *Ensiculifera carinata*, *Gyrodinium spirale*, *Oblea rotunda*, *Oxyphysis oxytoxoides*, *Polykrikos cofoidii*, *Protoperidinium depressum*, *P. divergens* и *Protoceratium reticulatum*, в сумме они отвечали за 65 % общей биомассы фитопланктона. Среди диатомовых водорослей превалировали *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassionema nitzschioides* – они формировали основу численности (80 %) и биомассы (65 %) класса; на некоторых станциях встречались *Dactyliosolen fragillissimus* и *Proboscia alata*. У дна повышалась роль бенто-планктонных видов родов *Gyrosigma* и *Pleurosigma*, *Coscinodiscus granii*.

В сентябре 2017 г. величины численности и биомассы фитопланктона в районе Большого Утриша составили 4,98 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,041 г \cdot м⁻³. Максимальные величины количественного развития водорослей были отмечены в верхнем горизонте моря (6,160 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,035 г \cdot м⁻³) и в слое ТК (7,47 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,061 г \cdot м⁻³). У дна значения численности и биомассы были минимальными (1,32 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,028 г \cdot м⁻³).

Количественно доминирующими в этот период были динофитовые водоросли, которые составили на поверхности моря (86 % от общих значений

численности и 85 % общей биомассы), в зоне ТК и у дна соответственно 93–77 % и 91–92 % этих величин. Диатомовые водоросли на поверхности моря формировали не более 6 % от общих значений численности и 14 % общей биомассы. В зоне ТК они составили 4 % общих значений численности и 8 % биомассы, у дна – соответственно 20 % и 8 % этих величин. Крпифитовые водоросли встречались в верхний горизонт моря, где они формировали до 6 % численности и 0,4 % биомассы фитопланктона. Другие отделы водорослей развивались в небольшом количестве, составив менее 1 % общей численности и 1 % биомассы.

В период исследований среди диатомовых водорослей превалировали *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Chaetoceros affinis*, *Nitzschia tenuirostris* и *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*. У дна повышалась роль бенто-планктонных видов родов *Coscinodiscus*, *Gyrosigma* и *Pleurosigma elongatum*. Среди динофитовых водорослей наиболее многочисленными были *Gyrodinium fusus*, *Katodinium glaucum*, *Prorocentrum cordata* и виды рода *Gymnodinium*. Основу биомассы формировали виды рода *Ceratium*, значительную роль играли также *Dinophysis caudata*, *Gyrodinium spirale*, *Oblea rotunda*, *Protoperidinium depressum*, *Protoperidinium divergens* и *Protoceratium reticulatum*.

В октябре 2008 г. вследствие обильного развития крупных видов водорослей была отмечена максимальная биомасса фитопланктона за весь исследуемый период – 0,485 г·м⁻³ при небольших значениях численности 20,5 тыс. кл·л⁻¹. Максимальное развитие планктонных водорослей наблюдали на траверзах Керченского пролива и Сочи (26–29 тыс. кл·л⁻¹ и 0,69–0,8 г·м⁻³), на остальной исследуемой акватории северо-восточной части моря подобные величины были в 1,5–2 раза ниже. Минимум фитопланктона обнаружен между Новороссийском и Геленджиком (16 тыс. кл·л⁻¹ и 0,3 г·м⁻³), на траверзах Анапы и Туапсе средние величины количественного развития составили 19 тыс. кл·л⁻¹ и 0,39–0,4 г·м⁻³.

Среди диатомовых водорослей, составивших 67 % плотности и 78 % биомассы фитопланктона, доминировали крупноклеточные виды, характерные для относительно теплого времени года – *Pseudosolenia calcar-avis* и *Proboscia alata* (соответственно 48 и 31 % численности; 49 и 49 % биомассы класса). Около 15 % численности диатомовых водорослей приходилось на мелкоклеточные виды рода *Pseudo-nitzschia*. На уровне субдоминант в этот период вегетировали динофитовые водоросли – 28 % численности и 21 % общей биомассы. Наиболее многочисленными среди них были *Prorocentrum cordatum*, виды рода *Gymnodinium* (16 и 35 % численности класса), в меньшем количестве встречались *P. compressum*, *P. micans*, *Gyrodinium fusiforme*, *G. spirale*, *Dinophysis rotundata*, *Scrippsiella acuminata*, *Protoceratium reticulatum*

и *Pronoctiluca pelagica* (в сумме 30 % численности класса). Основную компоненту (77 %) биомассы класса формировали крупные виды – *Ceratium tripos*, *C. fusus*, *C. furca*, *Protoceratium reticulatum*, *Protoperidinium depressum*, *P. divergens*, *Gyrodinium* spp.

Относительная доля представителей других классов планктонных водорослей была менее заметна (в сумме не более 5 % численности и 1 % биомассы), наиболее распространенными среди них были представители Cryptophyceae и Prymnesiophyceae. В верхнем горизонте моря (0–5 м) максимальное развитие получили мелкие виды примнезиевых *E. huxleyi*, гаптофитовых *Acanthoica acanthos* и криптофитовых водорослей (1,05 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), глубже (от 10 до 50 м) встречались клетки теневыносливого вида диктиоховых водорослей *D. speculum* (0,2 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$). Эвригалинные виды синезеленых и эвгленовых водорослей в небольшом количестве (0,2 и 0,03 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) были зарегистрированы напротив Керченского пролива. В планктоне этого района отмечена высокая плотность морского вида прازیнофитовых водорослей *Pterosperma undulatum* (2,1 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$).

В ноябре 2016 г. средние величины численности и биомассы фитопланктона в открытом районе Большого Сочи составили 52 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 60 мг \cdot м $^{-3}$. Максимальную численность (262 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) планктонных водорослей наблюдали в прибрежном районе моря, на других станциях эти величины варьировали в пределах 15–85 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$. Высокие значения биомассы (0,122 и 0,174 г \cdot м $^{-3}$) были отмечены в более глубоководном районе моря. На других станциях эти величины изменялись в пределах 0,017–0,055 г \cdot м $^{-3}$.

Во всем районе исследований доминировали примнезиевые (нанопланктонный вид *Emiliania huxleyi*) и криптофитовые (род *Plagioselmis*) водоросли, которые в целом составили 54 и 22% общей численности и в сумме 12 % биомассы фитопланктона. Значение диатомовых и динофитовых водорослей повышалось в формировании основной биомассы (47 и 39 %) фитопланктона, при этом они составили 17 и 6 % от общей численности. Значительное опреснение прибрежной зоны моря водами материкового стока и высокая гидродинамическая активность, вероятно, стали причиной проникновения в планктонное сообщество видов диатомовых водорослей (*Amphora* spp. и cf. *Diatoma vulgare*), которые обычно присущи опресненным районам моря и являются компонентами донного сообщества, присутствуя в составе эпифитонного комплекса микроводорослей. Эти пеннатные диатомовые формировали значительную часть (46 %) численности и (50 %) биомассы всех диатомовых водорослей пелагиали исследуемого района. Наиболее многочисленными клетки *Amphora* spp. (1,7–10,2 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) и cf. *Diatoma vulgare* (до 19,5 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) были отмечены в прибрежных станциях. Обильное развитие во всем районе исследований получили такие истинно планктонные

виды диатомовых, как *Dactyliosolen fragilissimus*, *Nitzschia tenuirostris*, *Proboscia alata*, *Thalassionema nitzschioides* и *Pseudosolenia calcar-avis*, которые в сумме формировали 45 % численности и 32 % биомассы класса. Наиболее равномерным распределением отличалась *Thalassionema nitzschioides* – вид был отмечен на всех станциях с численностью от 0,5 до 4,9 тыс. кл. \cdot л⁻¹.

Основными видами среди динофитовых были *Prorocentrum micans* и *Prorocentrum cordatum* (в сумме 31 % численности и 30 % биомассы класса). Обилие отмечали среди представителей родов *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Amphidinium*, *Heterocapsa*, *Katodinium* (в сумме 55 % численности класса). Основную компоненту биомассы (48 %) динофитовых формировали такие крупные виды, как *Ceratium fusus*, *C. furca*, *Dinophysis rotundata*, *Polykrikos kofoidii*, *Protoperidinium divergens*, *Gyrodinium spirale*, *Torodinium robustum* и *Gonyaulax* sp.

ЗИМА

В конце ноября-декабре 2017 г. средние величины численности и биомассы фитопланктона в районе Большого Сочи составили 264 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,102 г \cdot м⁻³; что соответственно в 5 и 1,5 раза превысило количественные величины, отмеченные в этом районе моря в ноябре 2016 г. (52 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,060 г \cdot м⁻³). Во всем районе исследований, как и в 2016 г., доминировали примезиевые водоросли, представленные нанопланктонным видом *Emiliana huxleyi*, который в целом формировал 82 % общей численности и 38 % биомассы фитопланктона. На уровне субдоминант вегетировали диатомовые и криптофитовые водоросли, составив 7 и 10 % общих значений численности. Основу биомассы (38 и 20%) фитопланктона формировали диатомовые и динофитовые водоросли, при этом доля динофитовых не превышала 1 % от общей численности. Криптофитовые водоросли были представлены тремя видами: *Plagioselmis pelagica*, *Plagioselmis prolunga* и *Hillea fusiformis*. Обильное развитие среди планктонных диатомовых во всем районе исследований получили следующие мелкоразмерные виды: *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia tenuirostris*, *Chaetoceros affinis* и *Chaetoceros compressus*; в сумме они формировали 89 % численности класса. Такие крупные виды, как *Proboscia alata* и *Pseudosolenia calcar-avis*, формировали 25 и 35 % биомассы класса. На долю *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros affinis*, *Dactyliosolen fragilissimus* и *Thalassionema nitzschioides* приходилось порядка 27 % биомассы диатомовых водорослей. Как и в 2016 г., равномерным распределением отличалась *Thalassionema nitzschioides* – вид был отмечен на всех станциях с численностью от 1,14 до 6,48 тыс. кл. \cdot л⁻¹. Надо отметить, что в 2017 г. в составе фитопланктона полностью отсутствовали бенто-планктонные виды

диатомовых водорослей (*Amphora* spp. и cf. *Diatoma vulgare*), которые доминировали в 2016 г., составив 46 % численности и 50 % биомассы всех диатомовых водорослей.

Основными видами среди динофитовых были *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum cordatum* и *Lessardia elongata* (в сумме 60 % численности класса). При этом *Prorocentrum micans* формировал 44 % биомассы динофитовых водорослей. В значительном количестве развивались также *Gyrodinium spirale*, *Scrippsiella acuminata*, *Torodinium robustum*, *Prorocentrum compressum*, представители родов *Gymnodinium* и *Heterocapsa*; в сумме они составили 30 % численности класса. Около 40 % биомассы динофитовых формировали такие крупные виды, как *Ceratium fusus*, *Ceratium furca*, *Ceratium tripos*, *Polykrikos kofoidii*, *Protoperidinium divergens*, и менее крупные, доминирующие по численности виды: *Prorocentrum compressum*, *Dinophysis rotundata*, *Gyrodinium spirale*.

В декабре 2017 г. средние величины численности и биомассы планктонных водорослей в открытой СВЧМ были крайне низкими: 2,706 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,011 г \cdot м⁻³. Снижение обилия фитопланктона в период завершения вегетационного сезона в целом характерно для открытой части Черного моря [Сорокин, 1982; Ясакова, Макаревич, 2017]. Максимальные величины количественного развития планктонных водорослей зафиксированы в прикерченском районе (5,399 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,032 г \cdot м⁻³), они в 2,5–4 раза превышали значения численности и биомассы, обнаруженные в остальном районе исследования (1,728–3,151 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,005–0,010 г \cdot м⁻³). Обильному развитию планктонных водорослей вероятно способствовало проникновение в эту часть моря более эвтрофных вод Азовского моря. Основу численности (соответственно 55 и 23 %) и биомассы (24 и 68 %) фитопланктона формировали диатомовые и динофитовые водоросли. Среди диатомовых доминировали *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *P. seriata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Ditylum brightwellii* составившие 92 % численности и 89 % биомассы класса. Среди динофитовых в массе развивались *Prorocentrum cordatum* и *P. micans* и виды рода *Ceratium*, формировавшие в сумме 79 % численности 80 % биомассы класса. Крптофитовые водоросли, представленные двумя видами *Plagioselmis prolonga* и *P. punctata*, отвечали за формирование значительной части (16 %) численности фитопланктона. На долю других классов водорослей в сумме приходилось не более 6 % общей численности и 7 % биомассы фитопланктона. Среди диктиоховых и зеленых водорослей в незначительном количестве были отмечены обычные для открытой части Черного моря виды *Octactis octonaria* и *Pterosperma undulatum*. На благоприятную экологическую обстановку в данном районе моря указывает полное отсутствие синезеленых и эвгленовых водорослей, показательных для загрязненных и опресненных акваторий моря.

В феврале 2019 г. средние величины количественного развития планктонных водорослей в районе Большого Утриша составили 305 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,097 г \cdot м⁻³. Максимальные величины численности и биомассы фитопланктона отмечены в верхнем горизонте моря (463 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,134 г \cdot м⁻³). В слое ТК эти значения были в 1,3–1,4 раза ниже (339 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,099 г \cdot м⁻³). У дна величины численности и биомассы планктонных водорослей были минимальными (112 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,057 г \cdot м⁻³), они соответственно в 4 и 2,4 раза уступали значениям, отмеченным в верхнем горизонте моря.

Самые низкие значения количественного развития фитопланктона на поверхности моря (93 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,027 г \cdot м⁻³) наблюдали на прибрежных станциях. Надо отметить, что фитопланктон здесь отличался признаками угнетенного состояния: бледная окраска хлоропластов, плазмолиз некоторых клеток, наличие пустых клеточных оболочек в колонии. Это может свидетельствовать о неблагоприятной экологической ситуации, сложившейся на поверхности моря в прибрежном районе моря. В верхнем горизонте моря других исследуемых станций величины численности и биомассы (514–664 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,156–0,184 г \cdot м⁻³) были существенно (в 6 раз) выше, чем в прибрежье.

В слое ТК наблюдали относительно равномерное распределение величин биомассы (0,099–0,110 г \cdot м⁻³) по станциям. Минимальное развитие планктонных водорослей (77 тыс. кл. \cdot л⁻¹) отмечали на станциях, наиболее удаленных от берега; на других станциях обилие фитопланктона в среднем было в 5,5 раза выше (264–515 тыс. кл. \cdot л⁻¹). У дна горизонтальное распределение фитопланктона носило неравномерный характер: максимум численности и биомассы был отмечен в прибрежье (301 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,098 г \cdot м⁻³), в нижнем горизонте в более глубоководных районах эти величины (35–61 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,036–0,055 г \cdot м⁻³) соответственно были в 2 и 6 раз ниже.

Доминирующим классом водорослей были диатомовые: в среднем они составили 99 % общих значений численности и 74 % биомассы во всем районе исследования. Динофитовые формировали 24 % биомассы, причем их значение увеличивалось с глубиной. Так, если у поверхности моря и в слое ТК они формировали 16–17 % биомассы фитопланктона, то у дна их относительная доля повышалась до 54 %.

Основным видом среди диатомовых была *Skeletonema costatum* (95–97 % численности и 63–73 % биомассы класса). Виды родов *Coscinodiscus*, *Thalassiosira*, *Chaetoceros*, *Pleurosigma elongatum*, *Ditylum brightwellii* в сумме формировали 20–30 % биомассы диатомовых. Наиболее многочисленными (65–70% численности) среди динофитовых были *Prorocentrum cordata*, *P. compressum*, *Gymnodinium blax*, *G. simplex*, *G. wulfii*, *Torodinium robustum* и *Scrippsiella acuminata*. Основу биомассы класса (65–75 %) формировали

крупные виды водорослей рода *Ceratium*, а также *Protoperidinium crassipes*, *P. divergens*, *Polykrikos cofoidii*. Эвгленовых водоросли, представленные одним видом *Eutreptia lanowii*, в небольшом количестве ($196 \text{ кл.}\cdot\text{л}^{-1}$) были отмечены в верхнем горизонте моря. Крптофитовые водоросли (*Plagioselmis prolonga*) обнаружены практически на всех станциях: как у поверхности моря ($1,144 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$), так и в зоне ТК ($0,714 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$). Диктиоховые водоросли (*Octactis octonaria* и *Dictyochoa speculum*) были широко распространены повсеместно во всех исследуемых горизонтах моря, однако встречались в значительно меньшем количестве ($0,109\text{--}0,186 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$).

Выводы

1. Максимальные величины численности фитопланктона ($155 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$) в открытой СВЧМ отмечали в весенний период (март-май); в летний период (июнь-август) они были в 1,5 раза, а осенью и зимой (сентябрь-февраль) в 2 раза ниже (соответственно 107 и $74 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$).
2. Высокие значения биомассы ($0,230 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$) наблюдали в летний период, они в 1,6–2 раза превышали величины, отмеченные в весенний и осенне-зимний периоды ($0,147$ и $0,104 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$), что связано с развитием в планктоне более крупных видов водорослей.
3. Основные всплески численности (757 и $567 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$) в весенне-летний период наблюдали в мае и июне 2017 г., в осенне-зимний период (265 и $305 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$) были зарегистрированы в ноябре 2017 г. и феврале 2019 г., они в 2–3 раза уступали вспышкам обилия, зарегистрированным весной и летом.
4. Повышение величин биомассы отмечали в октябре 2008 г. ($0,485 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$), июле 2010 г. ($0,405 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$), в июне 2008 г. ($0,374 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$) и в апреле 2008 г. ($0,335 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$).
5. Основным доминирующим классом водорослей в весенне-летний период были примнезиевые водоросли – *Emiliana huxleyi* (66–79 % обилия и до 20 % биомассы).
6. Значительную часть (20–30 %) численности и основу (78–93 %) биомассы весной и летом формировали диатомовые и динофитовые водоросли.
7. В осенне-зимний период господствовали диатомовые водоросли (52 % численности и 65 % биомассы), роль примнезиевых – *Emiliana huxleyi* – заметно сократилась (38 % обилия и 5 % биомассы), значение динофитовых водорослей было высоко только в формировании (28 %) биомассы фитопланктона.

6.2. НОВОРОССИЙСКАЯ БУХТА

Средние величины численности и биомассы планктонных водорослей в акватории порта Новороссийск за период 2007–2018 гг. составили 395 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,678 г \cdot м $^{-3}$ [Ясакова, Часовников, 2014, 2017, 2019; Ясакова, 2016, 2017, 2019, 2021; Часовников и др., 2015]. В открытой части Новороссийской бухты (за пределами порта) величины численности были в 1,2 раза выше – 469 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$; а значения биомассы – 0,632 г \cdot м $^{-3}$ – несколько уступали величинам порта. Всплеск обилия фитопланктона (1433 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) в порту Новороссийск наблюдали в 2011 г., цветение воды в это время было обусловлено интенсивным развитием диатомовых (*Skeletonema costatum*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Chaetoceros* sp., *Chaetoceros socialis*, *Cerataulina pelagica*) и динофитовых водорослей (*Katodinium rotundatum*) (рис. 15). Пик численности (1990 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), наблюдавшийся в открытой части бухты в 2012 г., на 94 % был образован доминирующим в условиях Черного моря видом примнезиевых водорослей – *Emiliana huxleyi*, развитие которого обычно наблюдается в относительно чистых акваториях моря (рис. 16). Другие вспышки численности водорослей как в порту, так и в открытой части Новороссийской бухты были значительно (в 2–3 раза) ниже. Надо отметить, что в акватории порта на протяжении всего периода исследований доминировали диатомовые водоросли, в среднем составившие 60 % общей численности фитопланктона. В средней части бухты – примнезиевые (50 %). Динофитовые формировали 14 % общей численности в порту и 3 % – в открытой части бухты. Среди других классов наиболее многочисленными были криптофитовые водоросли – они составили 8 % обилия в порту и 4 % в бухте.

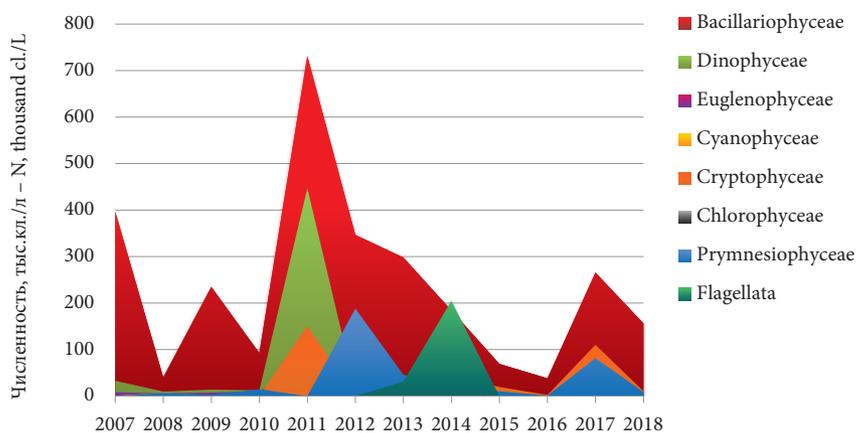


Рис. 15. Многолетняя динамика численности фитопланктона в верхнем горизонте моря в акватории порта Новороссийск

Fig. 15. Long-term changes in phytoplankton abundance in the area of the port of Novorossiysk

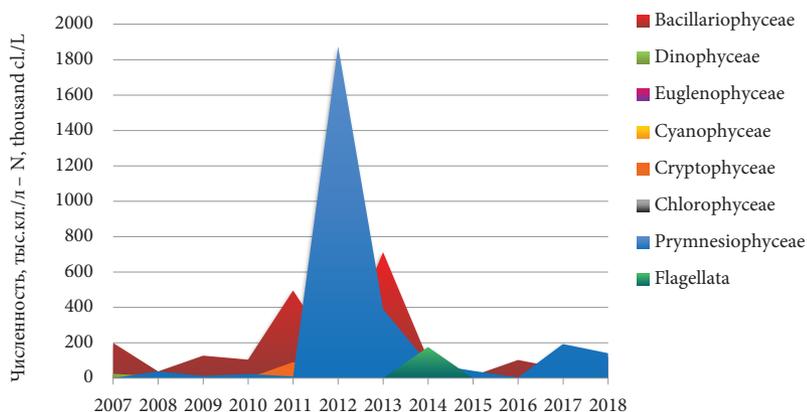


Рис. 16. Многолетняя динамика численности фитопланктона в верхнем горизонте моря в открытой части Новороссийской бухты

Fig. 16. Long-term changes in phytoplankton abundance in the open part of Novorossiysk Bay

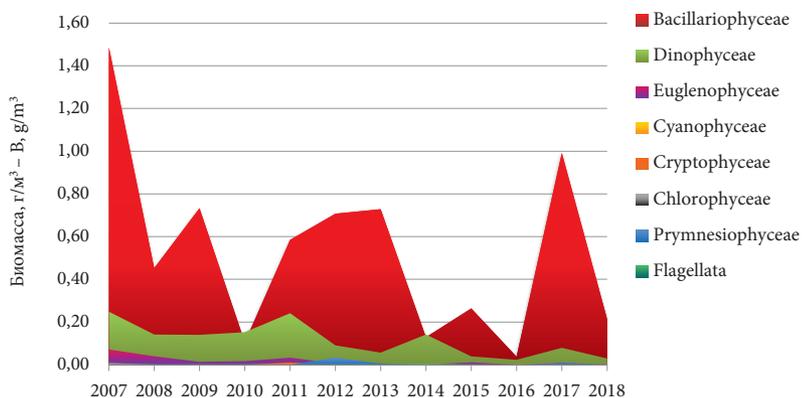


Рис. 17. Многолетняя динамика биомассы фитопланктона в верхнем горизонте моря в акватории порта Новороссийск

Fig. 17. Long-term changes in phytoplankton biomass in the area of the port Novorossiysk

В порту было отмечено две вспышки биомассы фитопланктона (1,815 и 1,095 г·м⁻³): в 2007 и 2017 гг. (рис. 17). Обе на 80–82 % были образованы диатомовыми водорослями: *Cerataulina pelagica*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Proboscia alata* и *Pseudosolenia calcar-avis*. В средней части бухты высокие величины биомассы наблюдали в 2007 и 2013 гг. (1,254 и 1,067 г·м⁻³) (рис. 18). Они были связаны преимущественно с обилием тех же видов диатомовых водорослей, что и в порту, формировавших в это время 79–87 % общей биомассы фитопланктона открытого района бухты. В целом за весь период

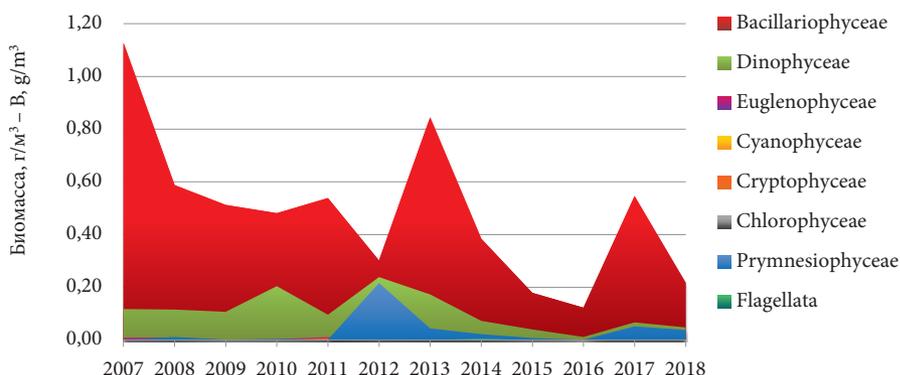


Рис. 18. Многолетняя динамика биомассы фитопланктона в верхнем горизонте моря в открытой части Новороссийской бухты

Fig. 18. Long-term changes in phytoplankton biomass in open part of Novorossiysk Bay

исследования как в порту, так и за его пределами основу биомассы (77–79 %) формировали диатомовые водоросли, динофитовые водоросли выступали на уровне субдоминант (17 %), и всего 5–6 % этих величин приходилось на другие классы водорослей.

Надо отметить, что в период 2014–2018 гг. наблюдали снижение величин биомассы фитопланктона во всем районе исследования по сравнению с более ранним периодом (2007–2013 гг.) более, чем в 2 раза, при том что максимальное обилие фитопланктона наблюдали в период 2011–2014 гг. Этот феномен связан с повышением в более поздний период исследований в планктоне порта роли мелких видов диатомовых, в открытой части бухты – примнезиевых водорослей.

ВЕСНА

Исследования фитопланктона Новороссийской бухты были проведены в мае в течение трех лет: 2007, 2013 и 2018 гг. Средние величины численности и биомассы в весенний период в порту составили 588 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 1,506 г \cdot м $^{-3}$, в открытой части бухты – 803 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,785 г \cdot м $^{-3}$. Максимальные величины количественного развития планктонных водорослей в порту были зарегистрированы в 2007 г. (967 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 2,94 г \cdot м $^{-3}$) и были связаны с развитием диатомовых водорослей (рис. 19 и 20). В 2013 г. величины численности и биомассы уступали им в 1,2–2 раза, в 2018 г. – более чем на порядок. В открытой части бухты всплеск обилия водорослей зарегистрирован в 2013 г. (1883 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) и был образован в равной мере диатомовыми и динофитовыми водорослями, а вспышка биомассы (1,74 г \cdot м $^{-3}$), так же, как и в акватории

порта, прослеживалась в 2007 г. и на 86 % была обусловлена развитием диатомовых водорослей. В 2018 г. величины численности и биомассы в открытой части бухты были минимальными – на порядок ниже, чем наиболее высокие значения, зарегистрированные в этом районе в весенний период.

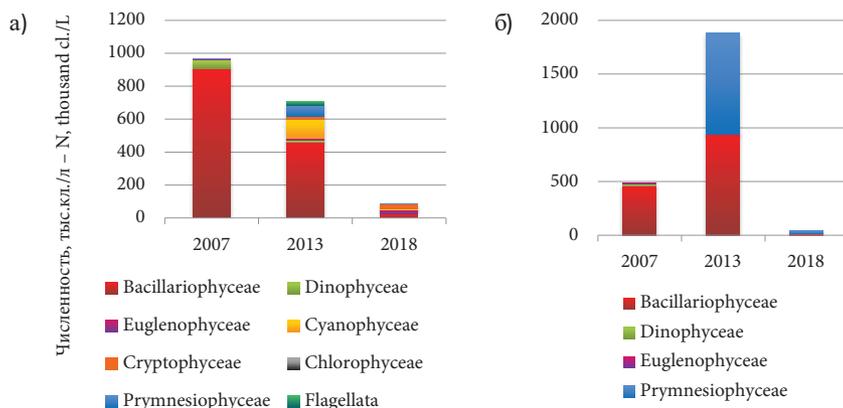


Рис. 19. Динамика величин численности фитопланктона в порту (а) и открытой части Новороссийской бухты (б) в весенний период

Fig. 19. Dynamics of phytoplankton abundance in the area of the port (a) and open part of Novorossiysk Bay (b) in the spring period

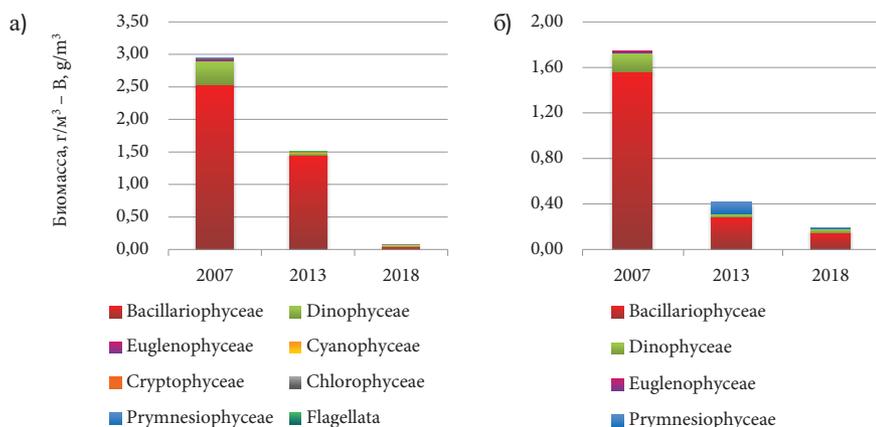


Рис. 20. Динамика величин биомассы фитопланктона в порту (а) и в открытой части Новороссийской бухты (б) в весенний период

Fig. 20. Dynamics of phytoplankton biomass in the area of the port (a) and open part of Novorossiysk Bay (b) in the spring period

В мае 2007 г. высокие величины количественного развития фитопланктона зарегистрированы в порту (967 тыс. кл.·л⁻¹ и 2,94 г·м⁻³). В это

время диатомовые формировали 94 % общей численности и 86 % биомассы фитопланктона. Доминировал вид *Cerataulina pelagica* (83 % численности и 89 % биомассы диатомовых водорослей). В незначительном количестве встречались *C. curvisetus*, *P. pseudodelicatissima*, *L. danicus*, *T. nitzschoides*. Динофитовые водоросли составили не более 6 % общей численности и 13 % биомассы фитопланктона. Массовыми среди них были виды с небольшими объемами клеток *Gyrodinium fusiforme* и *Prorocentrum cordatum* (37 и 29 % численности класса). Основной вклад в биомассу вносили более крупные виды – *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum compressum*, *Ceratium tripos*, *Diplopsalis lenticula* (14, 8, 18 и 13 % биомассы динофитовых), а также представители родов *Protoberidinium* и *Gyrodinium* (в сумме 31 % биомассы класса). Максимальное обилие фитопланктона ($1,5\text{--}1,9$ млн кл. $\cdot\text{л}^{-1}$ и $4,1\text{--}5,7$ г $\cdot\text{м}^{-3}$) было зарегистрировано на акватории пятой пристани (ст. 1 и 2), что в 1,5–2 раза выше средних величин по порту. Интенсивное развитие фитопланктона способствовало более высокой насыщенности вод растворенным кислородом (126 %), отмеченной в районе этих станций. Минимальные значения численности и биомассы фитопланктона (433 тыс. кл. $\cdot\text{л}^{-1}$ и $1,03$ г $\cdot\text{м}^{-3}$) были отмечены в восточном районе порта (ст. 6).

Обилие фитопланктона (481 тыс. кл. $\cdot\text{л}^{-1}$ и $1,72$ г $\cdot\text{м}^{-3}$) на фоновой станции (ст. 8) почти в 1,7–2 раза уступало средним величинам, отмеченным в порту. Как и в акватории порта, доминировал вид *C. pelagica* (86 % общей численности и биомассы). Среди динофитовых водорослей, формировавших 5 % численности и 10 % биомассы фитопланктона, интенсивно развивались *Gyrodinium fusiforme*, *Gyrodinium* sp. и *Prorocentrum cordatum* (11, 28 и 39 % численности класса). Биомассу формировали *Prorocentrum compressum*, *Prorocentrum micans*, виды родов *Gyrodinium* и *Protoberidinium* (11, 20, 48 и 7 % биомассы динофитовых).

В конце мая 2013 г. в порту также были зарегистрированы высокие величины количественного развития планктонных водорослей (710 тыс. кл. $\cdot\text{л}^{-1}$ и $1,509$ г $\cdot\text{м}^{-3}$). Максимальное количество фитопланктона ($812\text{--}925$ тыс. кл. $\cdot\text{л}^{-1}$; $1,008\text{--}3,524$ г $\cdot\text{м}^{-3}$) отмечено в центральном районе порта (ст. 3–5) и в центральной части порта (ст. 7). Обильное развитие (10–15 % численности) здесь получили мельчайший вид примнезиевых водорослей – *Emiliania huxleyi*, приуроченный к относительно чистым акваториям моря, и крупные виды фитопланктона. В наиболее неблагоприятных в экологическом отношении зонах порта (ст. 1–2) вид *E. huxleyi* не развивался. В этот период в порту доминировали диатомовые водоросли (65 % общей численности и 96 % биомассы фитопланктона), синезеленые и золотистые составили 16 и 10 % общей численности, другие отделы формировали 9 % этих величин. Среди диатомовых водорослей превалировала *Cerataulina pelagica*

(78 % численности и 93 % биомассы класса) – вид, характерный для эвтрофных акваторий моря. На уровне субдоминант развивались *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum*, *Nitzschia tenuirostris*, *Chaetoceros affinis*, *C. subtilis*. Среди динофитовых массовыми были *Prorocentrum cordatum*, *Gyrodinium fusiforme*, род *Gymnodinium*, основу биомассы класса (62 %) формировал *Ceratium furca*.

За пределами порта величины численности вследствие цветения воды, вызванного развитием *Emiliania huxleyi*, были в 2,6 раза выше, чем в порту, а биомасса в 3,6 раза ниже (1883 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,419 г \cdot м⁻³). Золотистые водоросли формировали 49 % общей численности и 25 % биомассы фитопланктона, диатомовые – соответственно 50 и 67 % этих величин, другие отделы – не более 8 % общей биомассы. Доминировали два вида диатомовых *Cerataulina pelagica* и *Leptocylindrus minimus* (в сумме 96 % численности и 75 % биомассы класса). Среди динофитовых численно преобладали *Scrippsiella acuminata*, *Gyrodinium spirale*, *G. fusiforme* и *Prorocentrum micans* (в сумме 75 % численности класса), по биомассе – крупные виды водорослей родов *Ceratium* и *Protoperidinium* (в сумме 82 % биомассы класса).

В мае 2018 г. средние величины количественного развития планктонных водорослей в акватории порта составили 87,7 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,072 г \cdot м⁻³. За пределами порта (ст. 7 и 8) значения численности были в 2 раза ниже (40,4–41 тыс. кл. \cdot л⁻¹), а биомассы (0,108 и 0,191 г \cdot м⁻³) вследствие развития крупных видов водорослей – в 1,5 и 2,6 раза выше (0,108 и 0,191 г \cdot м⁻³), чем в порту. Доминирующими в порту были криптофитовые, диатомовые и эвгленовые водоросли, которые формировали в период исследований соответственно 36, 29 и 21 % общих значений численности 67, 12 и 6 % биомассы. Среди диатомовых доминировали *Chaetoceros affinis*, *C. compressus* и *Thalassionema nitzschioides* (51, 20 и 13 % численности класса), на уровне субдоминант развивались *Nitzschia tenuirostris* и *Pseudosolenia calcar-avis* (5 и 5 %). Основу биомассы (34 и 57 %) диатомовых водорослей формировали *Chaetoceros affinis* и *Pseudosolenia calcar-avis*. Значительную часть (13 %) биомассы фитопланктона составили динофитовые водоросли. Наиболее многочисленными среди них были *Prorocentrum cordatum*, *P. minimum* и виды рода *Gymnodinium* (8, 47 и 38 % численности отдела). Виды *Ceratium tripos*, *C. furca*, *Prorocentrum micans* и *Diplopsalis lenticula* формировали основную компоненту биомассы динофитовых водорослей (соответственно 33, 16, 13 и 12 %).

За пределами акватории порта (ст. 7 и 8) наблюдали интенсивное развитие лидирующего представителя примнезиевых водорослей в Черном море – *Emiliania huxleyi* (38–58 % численности и 4–5 % биомассы фитопланктона). При этом основу численности (41 и 39 %) и биомассы (65 и 74 %) фитопланктона составляли диатомовые водоросли. В средней части бухты

(ст. 7) доминировали *Chaetoceros affinis*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Nitzschia tenuirostris*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassionema nitzschioides* – в сумме 96 % численности класса. В акватории причалов ОАО «Шехарис» (ст. 8) повышалась роль *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassionema nitzschioides*; в сумме они формировали 99 % численности всех диатомовых водорослей. По биомассе преобладал крупный вид водорослей – *Pseudosolenia calcar-avis*, составив 83 и 91 % биомассы класса в средней и открытой части бухты. На долю динофитовых приходилось не более 5 % численности и значительная часть (30 и 22 %) биомассы фитопланктона. Среди них в средней части бухты доминировали *Prorocentrum minimum* и *Scrippsiella acuminata* (79 и 7 % численности класса), в открытой части – *Heterocapsa* sp., *Prorocentrum compressum*, *Prorocentrum micans*, *Diplopsalis lenticula* (67, 8, 7 и 8 % численности класса). Основу (соответственно 85 и 94 %) биомассы динофитовых водорослей на ст. 7 и 8 формировали *Diplopsalis lenticula*, виды рода *Ceratium* и *Protoperidinium*. В средней части бухты, как и в порту, в этот период обильно развивались криптофитовые водоросли, составив 16 % общей численности; которые в открытой части моря отмечены не были. Надо отметить, что за пределами порта в составе планктона полностью отсутствовали эвгленовые, синезеленые и зеленые водоросли.

ЛЕТО

Лето – наиболее полно исследованный период в сезонном цикле развития фитопланктона Новороссийской бухты (16 рейсов). Средние величины численности и биомассы в летний период в порту составили 507 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,767 г \cdot м⁻³, в открытой части бухты – 663 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,675 г \cdot м⁻³; т.е. мало различались между собой. В целом величины численности были близки к весенним значениям (в порту – 588 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и в открытой части бухты – 803 тыс. кл. \cdot л⁻¹), а величины биомассы схожи со значениями, отмеченными весной в открытой части бухты (0,785 г \cdot м⁻³), и в 2 раза уступали величинам, зарегистрированным в акватории порта (1,506 г \cdot м⁻³). Максимальные величины количественного развития планктонных водорослей в порту зарегистрированы в июне 2011–2014 гг. и июле 2011 г. (1057–1508 тыс. кл. \cdot л⁻¹), а биомассы – в июне 2012 г. и августе 2017 г. (1,957 и 1,992 г \cdot м⁻³), все они были связаны с развитием диатомовых водорослей, кроме июля 2011 г., когда в порту наблюдали цветение воды, образованное развитием мезосапробного вида динофитовых – *Katodinium rotundatum* (рис. 21 и 22). В открытой части бухты небывалый всплеск обилия водорослей, связанный с цветением примнезиевых, был зарегистрирован в июне 2012 г. (5801 тыс. кл. \cdot л⁻¹), тогда же были отмечены высокие значения биомассы (1,726 г \cdot м⁻³), которые

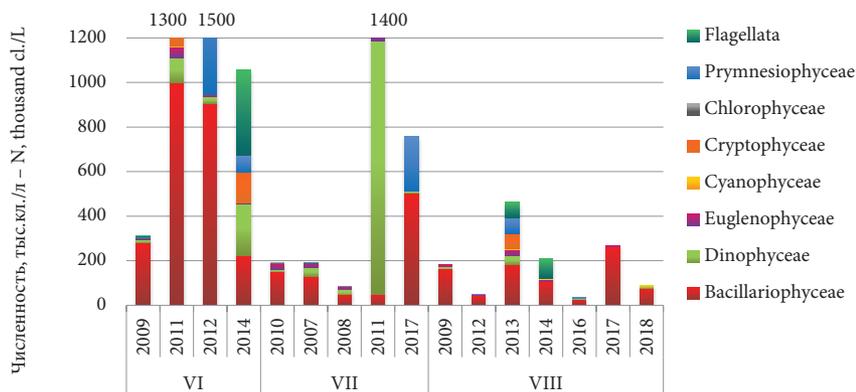


Рис. 21. Динамика величин численности фитопланктона в порту Новороссийск в летний период

Fig. 21. Dynamics of phytoplankton abundance in the area of the port Novorossiysk in the summer period

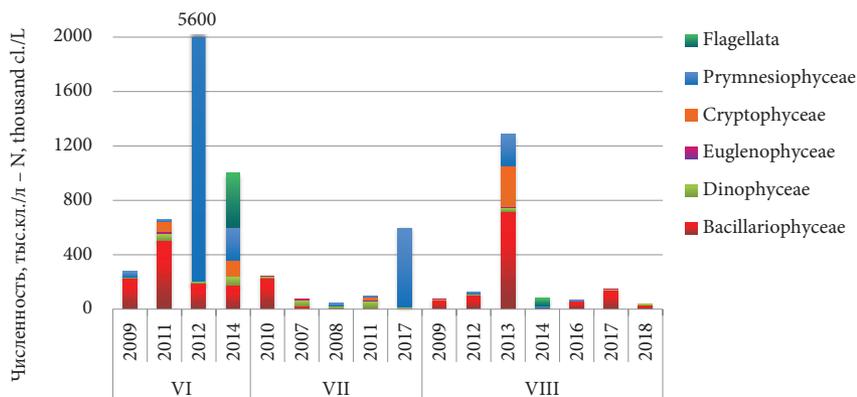


Рис. 22. Динамика величин численности фитопланктона в открытой части Новороссийской бухты в летний период

Fig. 22. Dynamics of phytoplankton abundance in open part of Novorossiysk Bay in the summer period

складывались в равной мере из биомасс диатомовых, примнезиевых и динофитовых водорослей (рис. 23 и 24). Почти такой же силы всплеск биомассы наблюдали и в августе 2017 г. ($1,713 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$) и на 93 % был образован диатомовыми водорослями. В летний период в порту доминировали диатомовые водоросли – 51 % общей численности, динофитовые и примнезиевые развивались на уровне субдоминант – соответственно 21 и 12 %; в открытой части бухты – примнезиевые формировали основу 64 % общей численности фитопланктона, тогда как диатомовые – всего 24 %. Основная компонента биомассы повсеместно складывалась из большей доли диатомовых (70–75 %) и меньшей доли (20 %) динофитовых. Криptomonаты формировали 5–6% общей численности в акватории порта и за его пределами.

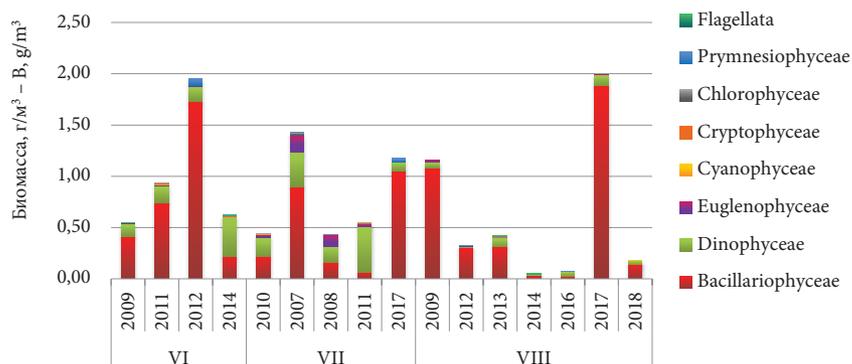


Рис. 23. Динамика величин биомассы фитопланктона в порту Новороссийск в летний период

Fig. 23. Dynamics of phytoplankton biomass in the area of the port Novorossiysk in the summer period

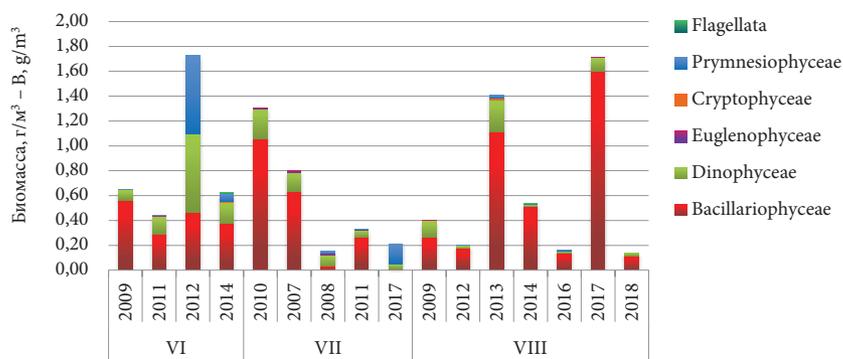


Рис. 24. Динамика величин биомассы фитопланктона в открытой части Новороссийской бухты в летний период

Fig. 24. Dynamics of phytoplankton biomass in the open part of Novorossiysk Bay in the summer period

В акватории порта в августе, а в средней части бухты начиная с июля по конец августа возрастало значение крупноклеточных видов водорослей, что отражалось на повышении биомассы при снижении общей численности растительного планктона. Такие изменения в составе доминирующего комплекса водорослей в целом соответствуют классической схеме сезонной динамики фитопланктона в шельфовой зоне Черного моря во второй половине лета. Увеличение в планктоне доли крупноклеточных форм планктона является признаком третьей фазы сукцессионного цикла планктонного фитоценоза.

В июне 2009 г. величины численности и биомассы фитопланктона за воротами порта (276 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,649 г \cdot м $^{-3}$) были близки к средним значениям, отмеченным в акватории порта (310 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,548 г \cdot м $^{-3}$).

Преимущественно развивались мелкоклеточные виды водорослей. Диатомовые водоросли формировали 91 % общей численности и 76 % биомассы фитопланктона в акватории порта, за пределами – 84 % и 87 % соответственно. Доминирующие виды – *C. pelagica*, *P. pseudodelicatissima*, *Pseudo-nitzschia* sp., составившие соответственно 15, 32 и 19 % общей численности диатомовых водорослей. На уровне субдоминант развивались *Dactyliosolen fragilissimus*, *C. curvisetus*, *T. nitzschioides* и *P. alata*. Основную компоненту биомассы формировали *C. pelagica*, *D. fragilissimus*, *C. curvisetus*, *P. alata*, виды р. *Pseudo-nitzschia*. Распределение диатомовых водорослей по акватории носило неравномерный характер. На станциях 1 и 8 отмечено преимущественное развитие *Chaetoceros compressus* (8–12 тыс. кл.·л⁻¹), на станциях 2–5 – *Chaetoceros* sp. (до 9 тыс. кл.·л⁻¹), в центре порта (ст. 7) и за его пределами – *Chaetoceros affinis* (до 3 тыс. кл.·л⁻¹). Следует отметить, что некоторые виды диатомовых водорослей, такие как *Licmophora ehrenbergii*, *Thalassiosira* sp. и *Chaetoceros* sp., были отмечены только в акватории порта. Среди них *Thalassiosira* sp. – наиболее многочисленный вид (13 тыс. кл.·л⁻¹). Виды р. *Thalassiosira* встречаются в распресненных водоемах, включая бухты и северо-западную часть Черного моря. Динофитовые в акватории порта формировали не более 4 % общей численности и 21 % биомассы фитопланктона. Среди них преобладали *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, *Glenodinium* sp., *Gymnodinium* sp., *Gyrodinium* sp., *Diplopsalis lenticula*, *Scrippsiella acuminata*. Основную компоненту биомассы формировали *D. lenticula*, *P. micans* и *S. acuminata*. На долю эвгленовых *Eutreptia lanowii*, *E. globulifera*, *Euglena* sp., зеленых *Scenedesmus quadricauda* и синезеленых водорослей приходилось не более 2 % общей численности фитопланктона. Распределение эвгленовых было равномерным на всей акватории порта (4 тыс. кл.·л⁻¹). За пределами порта синезеленые и эвгленовые водоросли не встречались.

В открытой части доминировали те же виды диатомовых, что и в порту, однако увеличилась доля крупноразмерных форм, таких как *P. alata* (12–15 % обилия диатомовых водорослей). Среди динофитовых были заметными *Gyrodinium fusiforme* и *H. triquetra* (38 и 38 % численности). Основную компоненту биомассы формировали морские виды динофитовых – *C. furca*, *Protoperidinium crassipes* и *P. divergens* (62 %) и примнезиевые водоросли *Emiliania huxleyi* (14 %).

В июне 2010 г. средние величины численности и биомассы фитопланктона в порту составили 190 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,435 г·м⁻³, наблюдали преимущественное развитие мелкоклеточных видов. Диатомовые водоросли формировали 79 % общей численности и 49 % биомассы фитопланктона на акватории порта, за пределами – 94 и 81 % соответственно. Доминирующие виды – *Chaetoceros socialis*, *Skeletonema costatum* (34 и 28 % численности класса).

На уровне субдоминант развивались *Chaetoceros scabrosus*, *C. curvisetus*, *C. affinis*, *C. compressus* и *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*. Основную компоненту биомассы формировали *C. scabrosus*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *C. curvisetus* (44, 20 и 12 % биомассы диатомовых), а также *C. affinis*, *C. socialis* f. *socialis* (в сумме 13 %). Диатомовые: *C. curvisetus*, *C. affinis*, *C. compressus* встречались не на всех станциях порта. В этот период на акватории порта было отмечено развитие вида-вселенца *Asterionellopsis glacialis*, составившего 4 % биомассы диатомовых. Впервые в бухте вид был обнаружен в 2004 г., затем на несколько лет выпал из состава фитопланктона. Вторичное появление *A. glacialis* произошло в октябре 2009 г., вероятной причиной инвазии мог стать водяной балласт коммерческих судов. Динофитовые в порту формировали не более 5 % общей численности и 4 % биомассы фитопланктона. Среди них количественно преобладали виды рода *Prorocentrum*: *P. cordatum*, *P. compressum*, *P. micans*. На уровне субдоминант развивались *Scrippsiella acuminata*, *Gyrodinium fusiforme*, *Glenodinium* sp. Основную компоненту биомассы формировали крупноклеточные *Ceratium tripos* и *C. furca*. На долю эвгленовых *E. lanowii*, *E. globulifera*, *Euglena* sp. и синезеленых водорослей родов *Lyngbya* и *Oscillatoria* приходилось не более 15 % общей численности и 10 % биомассы фитопланктона. Распределение *E. lanowii* и *Euglena* sp. было равномерным на всей акватории порта.

В открытой части обилие фитопланктона составило 246 тыс. кл. \cdot л⁻¹ при биомассе 1,307 г \cdot м⁻³. Преобладали те же виды диатомовых водорослей, что и в порту. Динофитовые формировали 4 % общей численности и 18 % биомассы фитопланктона. Среди них преобладали *P. cordatum*, *P. compressum*, *S. acuminata*, *Gonyaulax spinifera*, *Glenodinium* sp. Биомассу формировали крупноклеточные виды рода *Ceratium*. Меньшая по сравнению с портом трофность вод не способствовала здесь обильному развитию мезосапробных видов водорослей *S. costatum* и *E. lanowii*, составивших здесь всего 5 % общей численности фитопланктона. На лучшую экологическую ситуацию открытого района указывает отсутствие полисапробного вида диатомовых *Leptocylindrus minimus* и синезеленых водорослей. Вселенец *A. glacialis* за пределами порта также не развивался.

В июне 2011 г. отмечали высокие значения численности и биомассы фитопланктона в порту (1312 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,931 г \cdot м⁻³), наблюдали преимуществом развитие мелкоклеточных видов. Диатомовые водоросли формировали 76 % общей численности и 79 % биомассы фитопланктона в акватории порта, за пределами – 76 % и 66 % соответственно. Доминирующие виды – *Skeletonema costatum*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Chaetoceros* sp., *Chaetoceros socialis* f. *socialis*, *Cerataulina pelagica* (21, 20, 18, 12 и 13 % численности класса). На уровне субдоминант развивались *Chaetoceros curvisetus*,

Nitzschia tenuirostris, *Thalassionema nitzschioides*. Основную компоненту биомассы формировали *S. pelagica*, *Dactyliosolen fragillissimus*, *S. curvisetus* (50, 15 и 10 % биомассы диатомовых), а также *P. pseudodelicatissima*, *S. socialis*, *T. nitzschioides* (в сумме 14 % биомассы класса). Немногочисленные виды диатомовых, такие как *Coscinodiscus* sp., *Chaetoceros affinis*, *S. wighamii*, *Licmophora ehrenbergii*, *Melosira moniliformis*, *Pleurosigma elongatum*, *Pseudonitzschia seriata* f. *seriata* встречались не на всех станциях порта. Динофитовые водоросли в порту формировали 8 % общей численности и 18 % биомассы фитопланктона. Среди них количественно преобладали *Gyrodinium fusiforme*, мелкоклеточные виды рода *Gymnodinium* (47 и 31 % численности класса). На уровне субдоминант развивались *Prorocentrum cordatum* и *P. micans*. Основная компонента (23, 19 и 7 %) биомассы динофитовых была образована крупноклеточными или многочисленными видами: *Ceratium furca*, *P. micans* и *Ceratium tripos*. Значительную часть (11 %) общей плотности фитопланктона порта формировали мелкоклеточные представители *Cryptophyta*: *Plagioselmis prolonga* и *P. punctata*. На долю эвгленовых *E. lanowii*, *Euglena* sp. и синезеленых водорослей родов *Lyngbya* и *Oscillatoria* приходилось не более 4 % общей численности и 2 % биомассы фитопланктона.

В открытой части значения численности и биомассы (660 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,444 г \cdot м⁻³) в 2 раза уступали показателям, отмеченным в акватории порта. Превалировали те же виды диатомовых водорослей, что и в порту: *S. costatum*, *P. pseudodelicatissima* и *S. pelagica* (69, 12 и 9 % численности класса). Динофитовые формировали не более 8 % общей численности и 31 % биомассы фитопланктона. Среди них количественно преобладали *Gyrodinium fusiforme*, виды рода *Gymnodinium*, составившие 45 и 38 % численности отдела. Виды *P. cordatum*, *P. micans*, *Scrippsiella acuminata* развивались на уровне субдоминант (14 % общего обилия динофитовых). Крупноклеточные и многочисленные виды *Ceratium tripos*, *S. furca* и *P. micans* формировали основную биомассу класса (42, 18 и 14 %). Так же, как и в порту, в средней части бухты обильно развивались криптофитовые водоросли, составившие 10 % численности фитопланктона. В небольшом количестве (2 и 3 % общей численности) были отмечены эвгленовые и примнезиевые (*Emiliania huxleyi*) водоросли. Отсутствие синезеленых водорослей и наличие *E. huxleyi* – вида, показательного для относительно чистых морских вод, указывает на лучшую экологическую ситуацию открытого района бухты.

В июне 2012 г. в порту были зарегистрированы высокие величины количественного развития планктонных водорослей (1509 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 1,957 г \cdot м⁻³). Значения численности были на уровне показателей июня прошлого года (1312 тыс. кл. \cdot л⁻¹), когда доминировали мелкогабаритные виды водорослей, что негативно отразилось на величине биомассы фитопланктона – она была

в 2 раза ниже, чем в 2012 г. ($0,931 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$). Максимальные количественные величины развития фитопланктона были зарегистрированы в центральной части порта – на ст. 7 ($3925 \text{ тыс. кл}\cdot\text{л}^{-1}$) вследствие развития в этом районе порта мельчайшего вида примнезиевых водорослей – *Emiliania huxleyi*, приуроченного к наиболее чистым районам моря. В центре порта этот вид формировал более 50 % общей численности фитопланктона. В наиболее неблагоприятных в экологическом отношении зонах порта (ст. 1–3) *Emiliania huxleyi* не развивался, в среднем по порту составив 37 % общей численности и 4 % биомассы фитопланктона (средний диаметр их клеток составил 6 мкм). Максимальные значения биомассы, почти в 2 раза превышающие показатели других районов порта, отмечали – на ст. 2–4 и 7 ($2,246\text{--}2,702 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$), что было связано с вегетацией в этом районе крупных видов фитопланктона. В порту (особенно на ст. 1–6) цветение воды было вызвано бурным развитием диатомовых водорослей, формировавших 60 % общей численности и 88 % биомассы фитопланктона порта. Доминировал среди них (75 % общей численности и 86 % биомассы диатомовых) *Cerataulina pelagica* – среднеразмерный вид водорослей, характерный для высокотрофных акваторий моря [Прошкина-Лавренко, 1963]. На уровне субдоминант развивались *Chaetoceros affinis*, *C. scabrosus*, *C. insignis*, *C. socialis*, *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum*, *Nitzschia tenuirostris*, *Dactyliosolen fragillissimus* (в сумме 20 % численности и 10 % биомассы класса). Динофитовые водоросли формировали не более 2 % общей численности и 7 % биомассы фитопланктона порта. Среди них также доминировали (57, 11 и 12 % численности; в сумме 22 % биомассы класса) виды, характерные для эвтрофных акваторий моря: *Katodinium rotundatum*, вид вызвавший цветение воды в акватории порта в июле 2011 г., *Gyrodinium spirale*, обычный вид в прибрежной зоне моря, и *Scrippsiella acuminata*, вид, спровоцировавший «красный прилив» на обширной акватории северо-восточной части Черного моря в марте 2008 г. [Ясакова, Бердников, 2008, 2009; Ясакова, Кренева, 2012]. Значительную часть (41 и 30 %) биомассы динофитовых водорослей в порту формировали крупноклеточные виды рода *Ceratium*: *C. tripos*, *C. fusus*, *C. furca*, а также *Prorocentrum micans*, *Diplopsalis lenticula*, род *Dinophysis*. Представители классов Euglenophyceae и Cyanophyceae в сумме формировали менее 1 % численности и биомассы планктонных водорослей порта.

Небывало мощное развитие примнезиевых водорослей (кокколитофид), зарегистрированное в июне 2012 г. на акватории Черного моря, стало причиной высоких величин численности фитопланктона (до $16 \text{ млн кл}\cdot\text{л}^{-1}$), отмеченных как в центральной глубоководной зоне моря, так и на шельфе [Ясакова, Бердников, 2012; Ясакова, Станичный, 2012]. Столь высокое развитие кокколитофид связывают с холодной зимой 2012 г. и, как следствие,

интенсивной конвенцией верхнего слоя моря и обогащением его фосфатами. Обильная вегетация *Emiliana huxleyi* в этом году была отмечена не только в открытой части Новороссийской бухты, но и в портовой акватории, чего никогда ранее не наблюдалось. В результате цветения кокколитофорид количество фитопланктона за пределами порта (5801 тыс. кл. \cdot л⁻¹) почти в 4 раза превышало величины, отмеченные в акватории порта. Значения биомассы фитопланктона (1,726 г \cdot м⁻³) открытого района были на уровне показателей порта. Около 96 % численности и 36 % биомассы фитопланктона средней части бухты формировала *E. huxleyi* (со средним диаметром клеток 8 мкм). На фоне обильного развития кокколитофорид диатомовые водоросли формировали не более 3 % общей численности и 27 % биомассы. Доминировали среди них *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros curvisetus*, *Leptocylinthus danicus*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides* и *Proboscia alata* (в сумме 97 % численности и 98 % биомассы класса). Динофитовые водоросли составляли всего 0,16 % численности. Вследствие значительного развития крупных видов динофитовые водоросли формировали значительную долю (36 %) биомассы фитопланктона, количественно преобладали среди них *Ceratium furca*, *Gyrodinium fusiforme*, *Scrippsiella acuminata*, *Diplopsalis lenticula* (в сумме 80 % численности и 36 % биомассы класса). Доминировавший в порту вид *K. rotundatum* здесь полностью отсутствовал. Около 60 % биомассы динофитовых формировали крупноклеточные виды: *Ceratium tripos*, *C. fusus*, *Protoperidinium crassipes*, *P. divergens*, *P. depressum*, характерные для открытых вод моря. Примечательно, что в июне за пределами порта не встречались эвгленовые и синезеленые водоросли.

В июне 2014 г. в порту обилие планктонных водорослей было весьма высоким (1058 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,628 г \cdot м⁻³). Максимальные количественные величины развития фитопланктона (1067–1658 тыс. кл. \cdot л⁻¹; 0,680–1,148 г \cdot м⁻³) были отмечены в центральном районе порта (ст. 3–5) и в центральной части порта (ст. 7). В центральной части порта обильное развитие (33 % общей численности) получил мельчайший вид примнезиевых водорослей – *Emiliana huxleyi*, характерный для относительно чистых районов моря, и крупноклеточный вид диатомовых водорослей – *Pseudosolenia calcar-avis* (36 % общей биомассы). Надо отметить, что в 2012–2013 гг. в этот период также наблюдали интенсивную вегетацию *Emiliana huxleyi*, когда в центральной части порта вид формировал от 15 до 50 % общей численности фитопланктона. Примечательно, что *E. huxleyi* в своем распространении избегает акватории порта, подверженные максимальной антропогенной нагрузке (ст. 1–4). На всей акватории порта отмечали обилие мелких жгутиковых (*Flagellata* sp.) и криптофитовых водорослей (*Plagioselmis punctata*), которые в среднем составили соответственно 36 и 13 % общей численности.

Значительную часть численности (21 и 22 %) и основную биомассу (34 и 62 %) сообщества фитопланктона формировали диатомовые и динофитовые водоросли. На долю других классов водорослей приходилось не более 7 % общих значений численности и 3 % биомассы. Среди диатомовых водорослей наиболее многочисленными в порту были мелкоразмерные мезосапробные виды, характерные для высокотрофных акваторий моря: *Thalassionema nitzschioides*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros curvisetus* и *C. socialis* (70 % численности класса), на уровне субдоминант развивались другие виды рода *Chaetoceros* и *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (26 % этих величин) [Прошкина-Лавренко, 1963]. Основу (82 %) биомассы класса формировали относительно крупноклеточные представители диатомовых водорослей: *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Chaetoceros curvisetus*, *C. laudery*, значительную ее часть (10 %) составляли также *Chaetoceros scabrosus* и *Chaetoceros* sp. Среди динофитовых в массе зарегистрированы представители рода *Gymnodinium* (90 % численности и 76 % биомассы класса). Сопутствующим видом был *Heterocapsa rotundata*, развитие которого было отмечено в средней части порта (77 % численности), где значение основного вида снизилось до 16 % от общей численности динофитовых водорослей. Надо отметить, что *H. rotundata* стал причиной локального цветения воды, наблюдавшегося на небольшом участке Новороссийского порта в июле 2011 г., в результате чего воды были окрашены в оранжевый цвет [Ясакова, Кренева, 2012]. В формировании биомассы динофитовых водорослей (20 %) значительную роль играли также немногочисленные крупноклеточные виды: *Diplopsalis lenticula*, *Enciculifera carinata*, *Scrippsiella acuminata*, представители родов *Prorocentrum* и *Protoferidinium*.

В открытой части бухты величины численности и биомассы (1002 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,624 г \cdot м $^{-3}$) были на уровне значений, отмеченных в акватории порта. Так же, как и в порту, значительное развитие получили мелкие жгутиковые, криптофитовые и примнезиевые водоросли (*Emiliania huxleyi*), которые формировали соответственно 40, 12 и 24 % общей численности и в сумме 12 % биомассы фитопланктона. Наблюдали повышение роли диатомовых водорослей в формировании общих значений биомассы фитопланктона (60 %), при этом их доля по численности (17 %) была на уровне величин, отмеченных в порту. Динофитовые водоросли развивались на уровне субдоминант: они формировали не более 7 % и 27 % этих величин. По сравнению с портом изменился состав доминирующих видов: массовыми стали *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros compressum*, *C. anastomosans*, *Thalassionema nitzschioides* (в сумме 91 % численности). Основную (75 %) биомассу диатомовых водорослей формировал крупный вид – *Pseudosolenia calcar-avis*, на долю *Dactyliosolen*

fragillissimus, *T. nitzschioides* и представителей рода *Chaetoceros* приходилось не более 23 % биомассы класса. Среди динофитовых численно преобладали *Heterocapsa rotundata*, *Scrippsiella acuminata*, *Gymnodinium* sp., *Gyrodinium spirale* (соответственно 35, 20, 17 и 17 % численности класса), по биомассе основными доминантами были как наиболее многочисленными: *Scrippsiella acuminata*, *Gymnodinium* sp. (28 и 14 % биомассы класса), так и относительно крупные виды водорослей: *Diplopsalis lenticula*, *Prorocentrum compressum*, *P. micans*, *Protoperidinium granii*, *P. steinii*, *P. divergens* (в сумме 50 % биомассы динофитовых).

В июле 2007 г. в порту величины численности и биомассы составили 190 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$; 1,43 г \cdot м $^{-3}$. Диатомовые формировали 68 % численности и 63 % биомассы фитопланктона. Доминировали *Cerataulina pelagica* и *Leptocyclus danicus* (24 и 28 % численности и 24 и 12 % биомассы класса). На уровне субдоминант развивались мелкоклеточные виды *P. pseudodelicatissima*, *Skeletonema costatum*, *T. nitzschioides* и представители рода *Chaetoceros* (в сумме 37 % численности класса). Значительную роль в формировании общих значений биомассы фитопланктона играл крупный вид диатомовых водорослей *Pseudosolenia calcar-avis* (51 % биомассы диатомовых). В сравнение с маем возросла роль динофитовых водорослей, составивших 22 % от общей численности и 24 % от биомассы фитопланктона. Наиболее интенсивно среди них развивались *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, виды рода *Gymnodinium* (37, 10 и 34 % обилия клеток динофитовых). Основная (14, 18 и 22 %) биомасса динофитовых водорослей главным образом была сформирована крупноклеточными видами *Ceratium fusus*, *C. furca*, *P. micans*. Значительную часть (30 %) биомассы класса формировали также представители родов *Dinophysis*, *Prorocentrum* и *Protoperidinium*. Представители эвгленовых и зеленых водорослей родов *Monoraphidium*, *Desmodesmus*, показательные для опресненных вод, формировали 10 % общей численности и 13 % биомассы фитопланктона порта. В значительном количестве (17 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$; 0,17 г \cdot м $^{-3}$) в порту развивался мезосапробный вид эвгленовых водорослей *E. lanowii*, численность которого за пределами порта была на порядок ниже. Наибольшее обилие фитопланктона (352 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 2,49 г \cdot м $^{-3}$) наблюдали в центральном районе порта (ст. 4), что почти в 2 раза выше, чем в среднем по порту. Минимальные величины количественного развития планктонных водорослей (105 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,85 г \cdot м $^{-3}$) отмечали в восточном районе порта (ст. 6).

Значения численности и биомассы фитопланктона в средней части бухты (71 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,8 г \cdot м $^{-3}$) более чем в 1,8–2,7 раза уступали величинам, отмеченным в акватории порта. Диатомовые формировали до 31 % численности и 79 % биомассы фитопланктона. Доминировали среди них *C. pelagica*, *L. danicus*, *T. nitzschioides*, виды рода *Chaetoceros* (15, 35, 10 и 15 %

численности класса). В открытой части бухты возросла роль крупноклеточной *Pseudosolenia calcar-avis* (25 % численности и 93 % биомассы диатомовых). Динофитовые, главным образом *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, виды родов *Gymnodinium*, *Gonyaulax*, *Protoperidinium*, составили 65 % общей численности и 19 % биомассы планктонных водорослей.

В июле 2008 г. средние по порту значения численности и биомассы фитопланктона составили 76,1 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,365 г \cdot м⁻³. Преобладающими были диатомовые (50 % общей численности и 36 % биомассы фитопланктона) и динофитовые водоросли (28 % и 39 % соответственно). Среди диатомовых доминировала *Cerataulina pelagica* (17 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,064 г \cdot м⁻³). В большом количестве (от 1,2 до 6,6 тыс. кл. \cdot л⁻¹) развивались *Leptocylindrus danicus*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros* sp., *Dactyliosolen fragilissimus*, *Skeletonema costatum*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassionema nitzschioides*. Основу биомассы среди диатомовых водорослей наряду с *C. pelagica* формировали *D. fragilissimus* и *P. calcar-avis* (в сумме 0,053 г \cdot м⁻³). Среди динофитовых наиболее многочисленными были *Prorocentrum cordatum* (4,5 тыс. кл. \cdot л⁻¹), *Gyrodinium fusiforme* (2,8 тыс. кл. \cdot л⁻¹), *Gymnodinium* sp. (6,9 тыс. кл. \cdot л⁻¹), *Glenodinium* sp. (2,5 тыс. кл. \cdot л⁻¹). По биомассе преобладали *Ceratium furca*, *G. fusiforme*, *Gymnodinium* sp., *Glenodinium* sp. (в сумме 0,055 г \cdot м⁻³). В значительном количестве развивались эвгленовые водоросли (11,7 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,087 г \cdot м⁻³), которые в последние годы стали основным компонентом планктона загрязненных участков Черного моря [Ясакова, Селифонова 2006; Ясакова, 2007]. Значительно в меньшем количестве (1,4 тыс. кл. \cdot л⁻¹) встречались синезеленые водоросли, приуроченные в основном к опресненным и, вероятно, богатым органическими веществами участкам порта (ст. 1, 4, 5, 6). Основное развитие нанопланктонного вида примнезиевых водорослей *Emiliania huxleyi* отмечалось за воротами порта и на участках бухты, удаленных от непосредственного влияния акватории порта (н/б «Шесхарис») (9–22 тыс. кл. \cdot л⁻¹). Количество этого вида в районе н/б «Шесхарис» было в 28 раз выше, чем в порту.

В июле 2011 г. средние величины численности (1404 тыс. кл. \cdot л⁻¹) и биомассы фитопланктона (0,547 г \cdot м⁻³) были довольно высоки, доминировали мелкоразмерные виды водорослей. В этот период наблюдали цветение воды вследствие бурного развития динофитовых водорослей, формировавших 81 % общей численности и 80 % биомассы фитопланктона порта. Доминировал среди них (89 % общей численности и 43 % биомассы динофитовых) *Katodinium rotundatum* – мелкоразмерный вид, характерный для высокотрофных акваторий моря [Коновалова, 1988]. На уровне субдоминант развивались виды родов *Gymnodinium*, *Prorocentrum*, *Gyrodinium* (в сумме 10 % численности и 20 % биомассы класса). Диатомовые формировали не более

4 % общей численности и 12 % биомассы фитопланктона порта. Численно преобладали мезосапробные виды *S. costatum* и *Cyclotella caspia* (53 и 34 % численности 10 % биомассы класса). Значительную часть (68 и 10 %) биомассы диатомовых водорослей в порту формировали крупноклеточные виды *Pseudosolenia calcar-avis* и *Coscinodiscus* sp. Обильное развитие наблюдали также среди представителей Cryptophyceae, Euglenophyceae и Cyanophyceae, в сумме составивших 15 % общей численности фитопланктона порта.

Количество фитопланктона за пределами порта (98 тыс. кл.·л⁻¹) было в 14 раз ниже, чем в порту. Вследствие преобладания крупных видов планктонных водорослей значения биомассы (0,332 г·м⁻³) открытого района были на уровне показателей порта, уступая им лишь в 1,5 раза. Обильно развивались динофитовые водоросли – 53 % численности и 18 % биомассы фитопланктона, среди которых преобладали *Prorocentrum cordatum*, *Gymnodinium* sp., *Gyrodinium fusiforme*, *Gyrodinium* sp., *Scrippsiella acuminata* (в сумме 96 % численности и 79 % биомассы отдела). Доминировавший в порту вид *K. rotundatum* здесь полностью отсутствовал. Около 20 % общей биомассы динофитовых формировал крупноклеточный вид с гетеротрофным типом питания *Polykrikos kofoidii*, показательный для мезотрофных вод. Более 12 % численности и 80 % биомассы фитопланктона приходилось на диатомовые водоросли, среди которых в средней части бухты преимущественно развивались *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Dactyliosolen fragilissimus* (22, 47 и 31 % численности диатомовых). Крупноклеточный вид *P. calcar-avis* формировал основу (90 %) биомассы класса. Значительное развитие (10 и 22 % общей численности фитопланктона) в открытой части бухты получили представители примезиевых – *E. huxleyi*, и криптофитовых водорослей – *Plagioselmis prolunga* и *P. punctata*.

В июле 2017 г. средние величины количественного развития планктонных водорослей в акватории порта составили 759 тыс. кл.·л⁻¹ и 1,173 г·м⁻³. За пределами порта эти значения были соответственно в 1,3 и 5 раз ниже (594 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,209 г·м⁻³). Доминирующими в порту были диатомовые водоросли, которые формировали соответственно 66 % общих значений численности и 89 % биомассы. Золотистые водоросли составили значительную часть численности – 32 %, при этом их максимальное развитие отмечали в центральной части порта (50 %). На долю динофитовых приходилось не более 1 % численности и 8 % биомассы. Среди диатомовых доминировали *Cerataulina pelagica* и *Skeletonema costatum* (64 и 18 % численности класса), на уровне субдоминант развивались *Chaetoceros curvisetus* и *Leptocylindrus danicus* (5 и 10 %). Основу биомассы (93 %) диатомовых водорослей формировала *C. pelagica*. Наиболее многочисленными среди динофитовых были *Prorocentrum micans*, виды родов *Gyrodinium* и *Gymnodinium* (26, 23

и 22 % численности класса). Виды родов *Gyrodinium*, *Prorocentrum micans*, *Protoperidinium conicum* и *P. knipowithii* формировали значительную часть биомассы динофитовых (соответственно 22, 21, 13 и 8 %). Эвгленовые водоросли были отмечены только на ст. 2 (0,926 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), в районе выхода р. Цемес.

За пределами порта наблюдали цветение моря, связанное с интенсивным развитием *Emiliania huxleyi* (97 % от численности и 74 % биомассы фитопланктона). Значительную часть биомассы (21 %) фитопланктона составляли динофитовые водоросли, на долю диатомовых приходилось не более 1 % численности и 4 % биомассы. Эвгленовые водоросли отсутствовали. Среди диатомовых доминировали *Cerataulina pelagica* (71 % численности и 93 % биомассы класса) и мелкоклеточный вид *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (28 % численности). Виды родов *Gyrodinium*, *Glenodinium*, *Gymnodinium*, *Prorocentrum micans* и *Scrippsiella acuminata* составили соответственно 11, 12, 17, 29 и 14 % численности динофитовых. Основу биомассы динофитовых водорослей (соответственно 34, 9, 13, 11, 14 и 11 %) формировали *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella acuminata*, *Dinophysis rotundata*, *Protoperidinium knipowithii*, а также виды родов *Gyrodinium* и *Gymnodinium*.

Для августа 2009 г. характерно возрастание роли крупноразмерных форм фитопланктона и как следствие увеличение биомассы (1,064 г \cdot м $^{-3}$) при низких величинах численности (168 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$). Максимальные количественные величины фитопланктона были зарегистрированы на ст. 2 (231 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$; 1,715 г \cdot м $^{-3}$), где в заметных концентрациях развивались эвгленовые водоросли (0,057 г \cdot м $^{-3}$). Обилие фитопланктона в порту было в 2,5–3 раза выше, чем за его пределами. В акватории порта диатомовые формировали 90 % общей численности и 93 % биомассы, за пределами – 90 % численности и 66 % биомассы. Повсеместно доминировала *P. alata* (77–95 % численности и 93–99 % биомассы диатомовых). Это широко распространенный вид, который обычно встречается в составе фитопланктона СВЧМ с апреля по октябрь. Перифитонные виды диатомовых *Pleurosigma elongatum*, *L. ehrenbergii*, *Coscinodiscus* sp. отмечались исключительно в акватории порта, в то время как *C. curvisetus*, *T. nitzschioides*, виды р. *Pseudo-nitzschia* (22 % численности диатомовых водорослей) заметно развивались в открытой части бухты. Динофитовые в акватории порта были представлены слабо (\leq 5 % общей численности и биомассы фитопланктона). Среди них развивались *P. micans*, *Gymnodinium* sp. (18 и 31 % численности). На долю *P. cordatum*, *P. compressum*, *S. acuminata*, *Gyrodinium spirale*, *Oblea rotunda* приходилось 42 % численности. Основную компоненту биомассы (65 %) образовывали относительно крупные виды *P. micans*, *P. compressum*, *S. acuminata*, *O. rotunda*. Роль динофитовых возрастала в открытой части

бухты (11 % общей численности и 33 % биомассы фитопланктона). Среди них доминировали *Gonyaulax spinifera*, *H. triquetra*, *Gymnodinium* sp. (15–36 % численности) и более крупные виды *Dinophysis caudata*, *P. steinii*, *G. spinifera*, *C. tripos* формировали (9–30 % биомассы). Виды *P. divergens* и *P. steinii* развивались преимущественно за пределами порта. Эвгленовые водоросли встречались повсеместно, однако в порту их численность была на порядок выше (5 % общей численности и 2 % биомассы фитопланктона).

Август 2012 г. характеризовался низкими значениями численности и биомассы фитопланктона (49 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,321 г \cdot м⁻³). Пик плотности фитопланктона был отмечен на ст. 5 (67 тыс. кл. \cdot л⁻¹), минимум на ст. 4 (31 тыс. кл. \cdot л⁻¹). Высокие значения биомассы зарегистрированы на ст. 1 и 6 (0,489 и 0,618 г \cdot м⁻³), что в 2,4 раза превышало показатели биомассы на других участках порта. Диатомовые водоросли формировали 86 % общей численности и 94 % биомассы фитопланктона на акватории порта, за пределами – 79 % и 87 % соответственно. Доминировали (89 % общей численности и 95 % биомассы класса) среди них *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Pseudo-nitzschia* sp., *T. nitzschioides* и *Pseudosolenia calcar-avis*. Другие виды диатомовых водорослей *C. pelagica*, *Leptocylindrus minimus*, *D. fragillissimus*, *Pleurosigma elongatum*, *Striatella delicatula* были отмечены в меньшем количестве и не на всех станциях порта. Доля динофитовых водорослей была незначительной – они составляли не более 4 % общей численности и 5 % биомассы фитопланктона. Количественно доминировали среди них мезосапробные виды *Prorocentrum cordatum*, *P. micans* и *Gymnodinium* sp. (92 % численности и 16 % биомассы класса). Другие виды динофитовых водорослей встречались эпизодически и в небольшом количестве. Основу (около 80 %) биомассы динофитовых водорослей формировали крупноклеточные виды: *Ceratium furca*, *Dinophysis caudata* и *Protoberidinium divergens*, *Protoberidinium* sp. Широкое распространение в акватории порта (8 % общей численности фитопланктона) получили представители синезеленых (родов *Oscillatoria* и *Lyngbya*) и эвгленовых водорослей (*E. lanowii*, *Euglena* sp.). В центральной части порта, имеющей хороший водообмен с открытыми участками бухты, в значительном количестве продолжала развиваться *Emiliana huxleyi* – представитель примнезиевых водорослей (20 % общего обилия фитопланктона).

В открытой части бухты также, как и в центральной части порта, была отмечена высокая численность примнезиевых водорослей (*E. huxleyi*) – 14 % от общего количества фитопланктона. Вследствие этого значения численности (129 тыс. кл. \cdot л⁻¹) в 2,6 раза превышали показатели, отмеченные в акватории порта. При этом величина биомассы открытого района бухты (0,201 г \cdot м⁻³) в 1,6 раза уступала показателям порта. Так же, как и в порту, за пределами порта диатомовые водоросли формировали основу (80 %

общей численности и 87% биомассы) количественных величин фитопланктона. Среди них преобладали (95 % общей численности и 96 % биомассы класса) *T. nitzschoides*, *P. pseudodelicatissima*, *L. minimus*, *C. pelagica*, *P. calcar-avis*. Динофитовые составили не более 6 % общей численности и 12 % биомассы фитопланктона. Количественно доминировали виды *P. cordatum* и *Glenodinium* sp. (90 % численности и 19 % биомассы класса). Другие представители динофитовых встречались эпизодически либо в небольшом количестве. Основную компоненту (76 %) биомассы динофитовых образовывали крупноклеточные виды: *C. furca*, *P. micans*, *Dinophysis rotundata*, *Diplopsalis lenticula*, *Protoberidinium steinii*, *P. divergens*, *Protoberidinium* sp. Отсутствие синезеленых и эвгленовых водорослей и наличие *E. huxleyi* – вида, показательного для относительно чистых морских вод, указывает на лучшую экологическую ситуацию открытого района бухты по сравнению с портом.

В августе 2013 г. в порту наблюдали невысокие величины численности и биомассы фитопланктона (463 тыс. кл.·л⁻¹ при 0,419 г·м⁻³). Диатомовые водоросли формировали 39 % общей численности и 74 % биомассы фитопланктона в акватории порта, за пределами – 56 % и 79 % соответственно. Доминировали (87 % общей численности и 96 % биомассы класса) *Cerataulina pelagica*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros socialis*, *C. scabrosus*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassionema nitzschoides* и *Thalassiosira* sp. Доля динофитовых водорослей составила 8 % общей численности и 20 % биомассы фитопланктона. Количественно преобладали мезосапробные виды *Prorocentrum cordatum* и род *Gymnodinium* (87 % численности класса), основную биомассу (70 %) динофитовых формировали крупные виды родов *Dinophysis*, *Ceratium* и *Gonyaulax*. Широкое распространение в акватории порта (в сумме 35 % общей численности фитопланктона) получили представители криптофитовых (*Plagioselmis punctata*), эвгленовых водорослей (*E. lanowii*, *Euglena* sp.) и жгутиковых водорослей. В центральной части порта (ст. 4–7), имеющей хороший водообмен с открытыми участками бухты, в значительном количестве развивалась *Emiliania huxleyi* (20 % общей численности фитопланктона).

В открытой части бухты было отмечено обилие примезиевых водорослей (*E. huxleyi*) – 18 % от общего количества фитопланктона. Вследствие интенсивного развития *E. huxleyi* и крупных видов диатомовых водорослей значения численности и биомассы за пределами порта (1287 тыс. кл.·л⁻¹ и 1,409 г·м⁻³) в 3 раза превышали показатели, отмеченные в порту. Диатомовые водоросли формировали основу количественных величин фитопланктона. Среди них преобладали (76 % общей численности и 85 % биомассы класса) *Cerataulina pelagica*, *Skeletonema costatum*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Chaetoceros* sp. На уровне субдоминант отмечены *Chaetoceros subtilis*, *C. curvisetus*, *Hemiaulax hauckii*. На фоне интенсивного развития

диатомовых водорослей и примнезиевых (*E. huxleyi*) динофитовые формировали не более 2 % общей численности, однако по биомассе их вклад был более значимым – 18 % биомассы фитопланктона. Превалировали среди них *Gyrodinium fusiforme*, *Prorocentrum micans*, *Heterocapsa triquetra*, *Scrippsiella acuminata*, виды родов *Dinophysis*, *Gymnodinium* (95 % численности класса), биомассу формировали *P. micans* и крупные виды родов *Dinophysis*, *Gonyaulax* (85 % биомассы динофитовых). Отсутствие синезеленых и жгутиковых водорослей и значительное количество *E. huxleyi* указывает на лучшую экологическую ситуацию открытого района бухты по сравнению с портом. Однако значительное развитие криптофитовых водорослей, которые в этот период составили 15 и 23 % численности фитопланктона в порту и за его пределами, может указывать на повышенный фон РОВ в исследуемом районе моря.

В августе 2014 г. были отмечены низкие значения численности и биомассы фитопланктона (210 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,048 г·м⁻³). Диатомовые водоросли формировали 50 % общей численности и 64 % биомассы фитопланктона в акватории порта, за пределами – соответственно 13 % и 95 %. Доминировали (87 % общей численности и 96 % биомассы класса) среди них *Thalassiosira* sp., *Chaetoceros* sp., *Skeletonema costatum*, в незначительном количестве развивались *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros diversus*, *C. curvisetus*, *C. peruvianus*, *C. scabrosus*, *Nitzschia tenuirostris*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Leptocylindrus minimus*, *Thalassionema nitzschioides* и др. Основную биомассу (59, 20, 6 и 5 %) диатомовых водорослей формировали *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassiosira* sp., *Pleurosigma elongatum* и *Chaetoceros* sp. Доля динофитовых водорослей была высокой только в значениях общей биомассы (22 %) фитопланктона, при этом они формировали не более 0,22 % численности. Превалировали среди них мезосапробные виды *Prorocentrum cordatum* и *P. micans* (30 и 38 % численности класса), на уровне субдоминант были отмечены *Enciculifera carinata*, *Ceratium furca*, *Diplopsalis lenticula* (в сумме 27 % численности). Порядка 98 % биомассы динофитовых формировали крупные виды *Ceratium furca*, *C. fusus*, *Enciculifera carinata*, *Prorocentrum micans*, *Diplopsalis lenticula*, *Polykrikos cofoidii*. Широкое распространение в акватории порта (43 % общей численности и 9 % биомассы фитопланктона) получили представители мелких жгутиковых водорослей. Синезеленые (*Oscillatoria* и *Lyngbya*) и эвгленовые водоросли (*E. lanowii*, *Euglena* sp.) в сумме формировали не более 5 % численности и 5 % биомассы фитопланктона. В центральной части порта (ст. 7), имеющей хороший водообмен с открытыми участками бухты, была отмечена (менее 3 % общей плотности фитопланктона) *Emiliania huxleyi*, характерная для чистых морских вод.

Значения численности за пределами порта (80 тыс. кл.·л⁻¹) в 2,6 раза уступали показателям, отмеченным в порту. Здесь полностью отсутствовали

клетки доминировавшего в это время в порту вида *Thalassiosira* sp., присущего более опресненным районам моря. Среди диатомовых водорослей превалировали (98 % общей численности класса) *Thalassionema nitzschioides*, *Pseudo-nitzschia seriata*, *P. pseudodelicatissima*, *Pseudosolenia calcar-avis*, на уровне субдоминант развивались клетки *Pleurosigma elongatum*. Величины биомассы фитопланктона открытого района бухты ($0,538 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$) вследствие интенсивного развития крупного вида диатомовых водорослей *Pseudosolenia calcar-avis*, составившего 94 % этих значений, были на порядок выше, чем в порту. В открытой части бухты так же, как и в центральной части порта, было отмечено развитие *E. huxleyi* и *Flagellata* sp., однако относительная доля этих водорослей здесь была значительно выше – 11 и 75 % общей численности фитопланктона. На фоне интенсивного развития жгутиковых и примнезиевых (*E. huxleyi*) динофитовые водоросли формировали не более 1,5 % общей численности и 4 % биомассы фитопланктона. Количественно доминировал мезосапробный вид *Prorocentrum cordatum* (35 % численности класса), на уровне субдоминант были отмечены *P. compressum*, *P. micans*, *Scrippsiella acuminata*, *Diplopsalis lenticula*, *Dinophysis rotundata*, а также виды родов *Ceratium*, *Gyrodinium*, *Protoberidinium* (в сумме 60 % численности класса). Основную биомассу (93 %) динофитовых формировали такие крупные виды, как *Ceratium furca*, *C. fusus*, *Diplopsalis lenticula*, *Dinophysis rotundata*, а также виды родов *Prorocentrum* и *Protoberidinium*.

В августе 2016 г. были зафиксированы минимальные за летний период величины численности и биомассы фитопланктона в порту ($33,07 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$; $0,073 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$). Низкие значения численности ($13,3\text{--}14,8 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$) отмечали на ст. 1 и 3; на остальной акватории порта эти величины были более чем в 2 раза выше. Биомасса водорослей на ст. 2 и 5 ($0,062$ и $0,065 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$) 1,2 раза уступала остальной акватории порта. В средней части Новороссийской бухты величины численности и биомассы ($63,97 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$ и $0,158 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$) в 2 раза превышали таковые значения, отмеченные в порту. Как в порту, так и за его пределами доминировали диатомовые водоросли – 81–96 % численности фитопланктона. Нанопланктонный (диаметр клеток 6–8 мкм) вид золотистых водорослей *Emiliana huxleyi* в средней части порта (ст. 7) и в средней части бухты (ст. 8) формировал соответственно 1,5 и 3 % от общего количества водорослей. Динофитовые водоросли наиболее распространены были в акватории порта, где они составили 11 % общей численности и 72 % биомассы. В средней части бухты на их долю приходилось не более 1 % общей численности и 12 % биомассы. Синезеленые, криптофитовые и эвгленовые водоросли формировали до 5 % численности фитопланктона в акватории порта.

Среди диатомовых превалировали следующие виды водорослей: *Chaetoceros affinis*, *C. curvisetus*, *Leptocylindrus minimus*, *L. danicus*, *Nitzschia*

tenuirostris, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Thalassionema nitzschioides*, в сумме составившие 90 % численности и 92 % биомассы класса. В средней части Новороссийской бухты в основном доминировали те же виды водорослей, что и в порту, однако среди них отсутствовал *Leptocylindrus minimus*, а многочисленными были колонии *Chaetoceros lorenzianus*. Среди динофитовых водорослей в акватории порта массовыми были *Prorocentrum cordatum* и *P. micans* (15 и 63 % численности класса); основная биомасса динофитовых водорослей в порту была сформирована клетками *P. micans* и видами родов *Ceratium* и *Protoperidinium*. За пределами порта развивались следующие виды динофитовых: *P. micans*, *Ceratium furca*, *C. tripos*, *Gyrodinium* sp., *Protoperidinium crassipes*, *P. depressum*, *Gonyaulax spinifera*.

В августе 2017 г. средние величины численности планктонных водорослей в акватории порта составили 265 тыс. кл. \cdot л⁻¹, в это время отмечали высокие значения биомассы (1,992 г \cdot м⁻³). За пределами порта значения численности были почти в 2 раза ниже (144 тыс. кл. \cdot л⁻¹), величина биомассы – на том же уровне, что и в порту (1,713 г \cdot м⁻³). Высокие значения биомассы как в порту, так и за его пределами были обусловлены обилием крупноклеточных видов диатомовых водорослей, формировавших в этот период 98 % общих значений численности и 94 % биомассы в акватории порта и соответственно 97 и 93 % этих величин за его пределами. На долю динофитовых приходилось не более 2 % численности и 6 % биомассы во всем районе исследований. Эвгленовые водоросли были отмечены только на ст. 2, 3 и 5 (627–3174 кл. \cdot л⁻¹) и в небольшом количестве в средней части бухты (48 кл. \cdot л⁻¹). Примнезиевые водоросли полностью отсутствовали.

Среди диатомовых доминировали крупные виды *Dactyliosolen fragilissimus* и *Pseudosolenia calcar-avis*, которые формировали основу: 18 и 30 % численности и 9 и 81 % биомассы класса в акватории порта и соответственно 42 и 50 % численности и 14 и 84 % биомассы за его пределами. В порту значительное развитие получили также мелкоклеточные виды водорослей *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Talassiosira* sp. и *Skeletonema costatum* (в сумме 50 % численности и 10 % биомассы класса), причем роль первого вида повышалась в средней части порта (ст. 7), тогда как два других особенно интенсивно вегетировали на ст. 1–6. Наиболее многочисленными среди динофитовых водорослей в порту были *Prorocentrum micans*, *P. cordata*, *Diplopsalis lenticula*, *Ceratium fusus*, *Protoperidinium knipowithii*, виды родов *Glenodinium* и *Gymnodinium* (16, 10, 9, 10, 9, 12 и 16 % численности класса). Виды родов *Ceratium* и *Protoperidinium* формировали значительную часть биомассы динофитовых (соответственно 42 и 35 %). За пределами порта доминировали *Prorocentrum micans*, виды рода *Protoperidinium* и *Scripsiella acuminata* (46, 15 и 15 % численности класса). Основу биомассы

динофитовых водорослей (соответственно 42, 11, 12, 7 и 14 %) формировали *Ceratium furca*, *Prorocentrum micans*, *Protoperidinium depressum*, *Dinophysis caudata*, *Protoperidinium* sp.

В августе 2018 г. средние величины численности и биомассы планктонных водорослей в акватории порта не были высокими (87,5 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,180 г \cdot м⁻³). За пределами порта значения численности (35 тыс. кл. \cdot л⁻¹) в 2,5 раза уступали показателям порта; величина биомассы в открытой части бухты – в 1,3 раза ниже (0,141 г \cdot м⁻³). Отмечено обильное развитие диатомовых водорослей, формировавших 87 % и 91 % общих значений численности и 75 % и 83 % биомассы как в порту, так и за его пределами (ст. 8). На долю динофитовых приходилось 9–15 % численности и 17–24 % биомассы во всем районе исследований. В акватории порта, на ст. 1 наблюдали повышенную концентрацию колоний представителя синезеленых *Planktolyngbya limnetica* (12,6 тыс. кл. \cdot л⁻¹), свойственного для опресненных и высокоэвтрофных акваторий моря. Представители других классов водорослей в планктоне Новороссийской бухты в этот период отмечены не были.

Среди диатомовых водорослей всюду доминировали такие виды, как *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* и *P. seriata*, в сумме формировавшие 64–72 % численности класса. Мелкоклеточный мезосапробный вид *Leptocylindrus minimus* зафиксирован в акватории порта (23 % численности), тогда как в открытом районе моря *L. minimus* полностью отсутствовал, повышалась роль *Nitzschia tenuirostris*, *Proboscia alata* и *Pseudosolenia calcar-avis* (8, 11 и 8 % численности диатомовых). Высокие значения биомассы фитопланктона были обусловлены обилием крупноклеточных видов диатомовых водорослей *Proboscia alata* и *Pseudosolenia calcar-avis*, формировавших от 82 до 90 % биомассы во всем районе исследований. Наиболее многочисленными среди динофитовых водорослей в порту были *Prorocentrum cordatum*, *Scrippsiella acuminata*, виды рода *Gymnodinium* (в сумме 86 % численности класса). Виды родов *Ceratium*, *Protoperidinium*, а также *Prorocentrum micans*, *Oblea rotunda* и *Scrippsiella acuminata* формировали основную компоненту биомассы динофитовых (85 %). За пределами порта (ст. 8) среди динофитовых доминировали *Prorocentrum micans*, *P. cordatum*, *P. compressum* (в сумме 95 % численности класса). Основу биомассы (в сумме 84 % динофитовых); в открытой части бухты формировали *Prorocentrum micans* и *Protoperidinium divergens*.

ОСЕНЬ

Осень – еще один наиболее полно исследованный период в сезонном цикле развития фитопланктона Новороссийской бухты (17 рейсов). Наблюдали заметное снижение количественных величин развития планктонных водорослей по сравнению с весенне-летним периодом. Средние

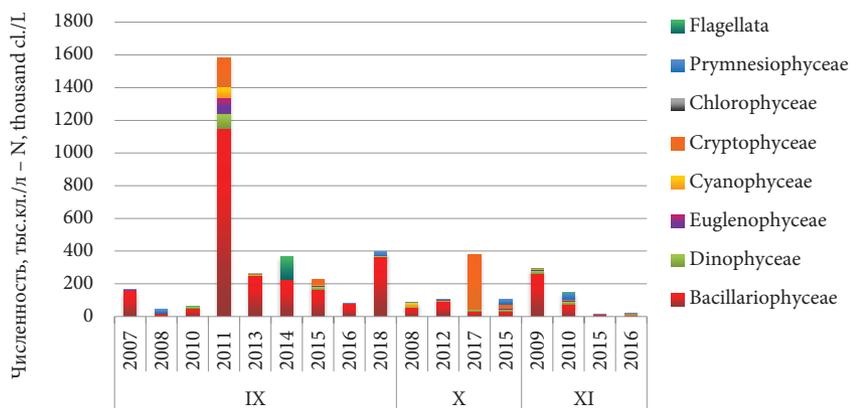


Рис. 25. Динамика величин численности фитопланктона в порту Новороссийск в осенний период

Fig. 25. Dynamics of phytoplankton abundance in the area of the port Novorossiysk in the autumn period

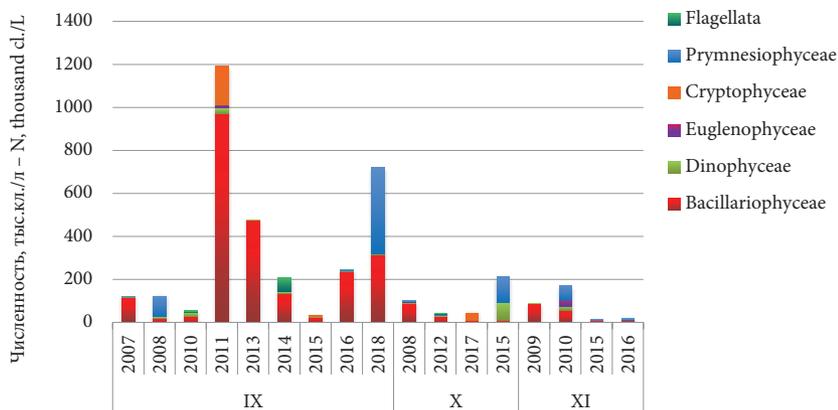


Рис. 26. Динамика величин численности фитопланктона в открытой части Новороссийской бухты в осенний период

Fig. 26. Dynamics of phytoplankton abundance in open part of Novorossiysk Bay in the autumn period

величины численности в порту и в открытой части бухты в осенний период были близкими – 256 и 227 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$; при этом они более чем в 2 раза уступали летним величинам (в порту – 507 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$; в открытой части – 663 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$). Значения биомассы в открытой части бухты (0,565 г \cdot м $^{-3}$) были в 1,3 раза выше, чем в порту (0,450 г \cdot м $^{-3}$); они в 1,3–1,5 раза уступали летним значениям биомассы (соответственно 0,767 г/м $^{-3}$ и 0,675 г \cdot м $^{-3}$).

Максимальные величины количественного развития планктонных водорослей в порту и за его пределами наблюдали в сентябре 2011 г.

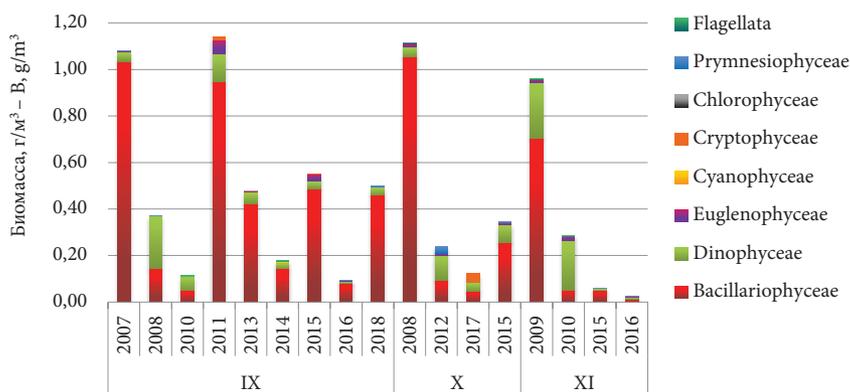


Рис. 27. Динамика величин биомассы фитопланктона в порту Новороссийск в осенний период

Fig. 27. Dynamics of phytoplankton biomass in the area of the port Novorossiysk in the autumn period

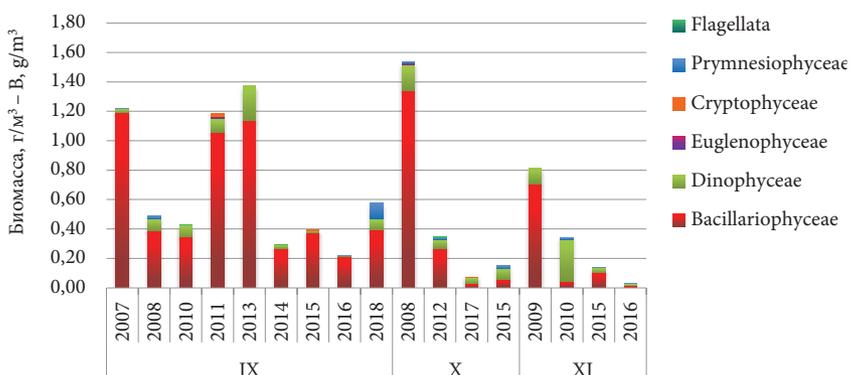


Рис. 28. Динамика величин биомассы фитопланктона в открытой части Новороссийской бухты в осенний период

Fig. 28. Dynamics of phytoplankton biomass in the open part of Novorossiysk Bay in the autumn period

(соответственно 1583 и 1194 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$; 1,138 и 1,181 г \cdot м $^{-3}$), вспышка обилия на 72–80 %, а биомасса на 83–89 % была обусловлена вегетацией диатомовых водорослей (рис. 25–28). Меньшая вспышка численности наблюдалась в сентябре 2018 г. – она наполовину была образована примнезиевыми водорослями и на 43 % – диатомовыми. Всплески биомассы во всем районе исследования в осенний период зачастую совпадали и наблюдались в сентябре 2007 г. (соответственно в порту и в открытой части: 1,081 и 1,18 г \cdot м $^{-3}$), сентябре 2013 г. (0,35 и 1,373 г \cdot м $^{-3}$), в октябре 2008 г. (1,114 и 1,534 г \cdot м $^{-3}$) и чуть

меньше – в ноябре 2009 г. (0,957 и 0,815 г·м⁻³). Почти все они были связаны с развитием диатомовых водорослей, которые формировали 80–90 % биомассы, в ноябре 2009 г. повышалась роль динофитовых – 25 % биомассы в порту. Осенью снижалась роль примнезиевых водорослей, которые в этот период формировали всего 18 % общего обилия фитопланктона в открытой части бухты, повышалось значение криптофитовых, эвгленовых, зеленых и мелких флагеллят, формировавших в сумме – до 23 % численности в районе порта. Основную роль в формировании численности (68–70 %) и биомассы (79–83 %) во всем районе исследования играли диатомовые водоросли.

В целом в ноябре наблюдали снижение количественных величин развития планктонного фитоценоза, что связано с завершением основного вегетационного сезона в жизни водорослей.

В сентябре 2007 г. количественные величины планктонных водорослей в порту составили 165 тыс. кл·л⁻¹ и 1,08 г·м⁻³. В это время доля диатомовых водорослей была максимальной и составила 95 % и 96 % численности и биомассы фитопланктона соответственно. Численно превалировали мелкие виды *Leptocyindrus danicus*, *Thalassiosira* sp., виды рода *Chaetoceros* (48, 18 и 13 % численности класса). Крупные виды диатомовых водорослей *Proboscia alata* и *Pseudosolenia calcar-avis* формировали основную биомассу фитопланктона (63 %); виды *L. danicus* и *C. pelagica* составили 22 % этих величин. Вследствие интенсивного развития крупного вида *Proboscia alata*, составившей 45 % и 87 % численности и биомассы фитопланктона, значения биомассы фоновой станции (соответственно 1,22 г/м³) несколько превышали средние показатели по порту. При этом значения численности водорослей за пределами порта (122 тыс. кл·л⁻¹) уступали показателям порта в 1,3 раза. На уровне субдоминант вегетировали *Leptocyindrus danicus*, *Thalassiosira* sp., виды рода *Chaetoceros* (28, 11 и 8 % численности класса). Динофитовые водоросли формировали не более 2 и 3 % общих значений численности и биомассы планктонного сообщества. Проведенные в 2007 г. исследования фитопланктона показали, что средний объем клеток планктонных водорослей в средней части Новороссийской бухты в период исследований был в 1,5 раза выше, чем в порту Новороссийск. Доминирование в порту более мелких видов водорослей по сравнению с открытыми водами бухты указывает на более высокий уровень продукционных процессов, протекающих в этой акватории моря вследствие большей биогенной насыщенности вод.

В сентябре 2008 г. средние значения численности и биомассы фитопланктона мало изменились по сравнению с июлем и составили 52,9 тыс. кл·л⁻¹ и 0,386 г·м⁻³. Доминирующим видом водорослей была примнезиевая *E. huxleyi* (30,5 тыс. кл·л⁻¹), чьи клетки составили 57 % общей численности. Количество этой водоросли за воротами порта было 4,5 раза выше

(96 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), чем в порту. Развитие этого вида приурочено к относительно чистым районам моря, вид избегает сильно эвтрофированных акваторий [Морозова-Водяницкая, 1957]. Поэтому в средней и особенно в открытой части бухты его численность всегда выше, чем в порту [Ясакова, 2006]. Диатомовые водоросли формировали 36 % численности и 44 % биомассы фитопланктона, динофитовые – 7 % и 54 % этих величин соответственно. Доминировали *C. pelagica*, *L. danicus*, *P. pseudodelicatissima*, *P. calcar-avis*, *T. nitzschoides*, *Proboscia alata* и *Nitzschia tenuirostris* (1–5,7 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$). По биомассе преобладали крупные виды диатомовых водорослей: *P. alata* и *P. calcar-avis* (50,52 и 0,100 г \cdot м $^{-3}$). Среди динофитовых водорослей количественно преобладали *P. cordatum*, *Ceratium fusus*, *G. fusiforme*, *Prorocentrum compressum*, *P. micans* (0,26–1,5 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), по биомассе – *Ceratium furca*, *C. fusus*, *C. tripos*. Максимальная численность фитопланктона была отмечена в открытой части бухты (123 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), где примнезиевые формировали 78 % этих величин, она была в 2,9 раза выше, чем в порту.

В сентябре 2010 г. отмечали невысокие величины обилия (64 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) и биомассы фитопланктона (0,111 г \cdot м $^{-3}$), возрастание роли мелкоразмерных видов водорослей. Диатомовые формировали 82 % общей численности и 44 % биомассы фитопланктона порта, 50 % численности и 80 % биомассы – за его пределами. В порту доминировали *Thalassiosira* sp. и *C. compressus* (46 и 20 % численности; 45 и 10 % биомассы класса). На уровне субдоминант развивались *Leptocylindrus minimus*, *Nitzschia tenuirostris*, *S. costatum*, *Thalassionema nitzschoides*. Значительную (25 %) часть биомассы диатомовых водорослей формировали крупноклеточные виды *Proboscia alata* и *P. calcar-avis*. Динофитовые формировали 14 % общей численности и 55 % биомассы фитопланктона порта. Среди них обильно развивались представители родов *Gymnodinium*, *Glenodinium* и *P. cordata* (58 и 20 % численности класса). Основную компоненту (70 %) биомассы динофитовых образовывали относительно крупные виды родов *Protoperdinium*, *Gyrodinium*, *C. furca* и *C. fusus*. Эвгленовые водоросли не были отмечены. На отдельных станциях порта (1–3) в незначительном количестве встречались синезеленые (род *Oscillatoria*), зеленые (род *Chlamydomonas*) и мелкие жгутиковые водоросли.

За пределами порта значения численности и биомассы составили 54 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,431 г \cdot м $^{-3}$. Среди диатомовых количественно преобладали *Proboscia alata*, *N. tenuirostris*, *P. pseudodelicatissima*. Возросла роль крупноклеточных водорослей: *P. alata* и *P. calcar-avis* – 99 % биомассы класса. Доля динофитовых составила 37 % общей численности и 20 % биомассы фитопланктона. Среди них доминировали *Gymnodinium* sp., *P. cordata*, *S. acuminata* (87 % численности). Виды *C. furca*, *C. fusus*, *P. micans*, *S. acuminata* формировали

80 % биомассы класса. Значительное развитие в открытой части получили мелкие жгутиковые водоросли, плотность которых составила 13 % общей численности фитопланктона.

В сентябре 2011 г. в акватории порта были отмечены высокие величины численности и биомассы фитопланктона (1583 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 1,138 г \cdot м⁻³). Доминировали диатомовые водоросли – 73 % общего обилия и 83 % биомассы фитопланктона. Наиболее многочисленными среди которых были: *C. pelagica*, *Chaetoceros affinis*, *C. curvisetus*, *C. socialis*, *C. caspia*, *Leptocylindrus danicus*, *L. minimus*, *P. pseudodelicatissima*, *Thalassiosira* sp., на долю каждого из них приходилось от 4 до 12 % суммарной численности класса. Основную биомассу (80 %) диатомовых водорослей формировали *C. pelagica*, *C. curvisetus*, *Chaetoceros* sp., *D. fragilissimus*, *L. danicus*, *Thalassiosira* sp. Роль динофитовых водорослей была небольшой – они составили не более 6 % общей численности и 10 % биомассы фитопланктона. Количественно доминировали среди них виды рода *Gymnodinium* и *Katodinium glaucum* (90 % численности и биомассы класса). Другие виды динофитовых встречались эпизодически либо в небольшом количестве. Широкое распространение получили также представители синезеленых (род *Planktolyngbya*), эвгленовых (*Eutreptia lanowii*, *Euglena* sp.) и мелких криптофитовых водорослей (4, 6 и 11% общей численности фитопланктона).

В открытой части обилие фитопланктона (1194 тыс. кл. \cdot л⁻¹) несколько уступало показателям порта, биомасса (1,182 г \cdot м⁻³) была на высоком уровне. Как и в порту, количественно доминировали диатомовые и криптофитовые водоросли (81 и 15 % общей численности фитопланктона). Более 75 % численности и 90 % биомассы класса формировали те же виды диатомовых водорослей, что и в порту: *C. affinis*, *C. curvisetus*, *L. danicus*, *L. minimus*, *D. fragilissimus*, *Thalassiosira* sp. Динофитовые в сумме составили не более 2 % обилия и 8 % биомассы фитопланктона. Максимальное развитие среди них получили виды рода *Gymnodinium*, *Gyrodinium spirale* и *Scrippsiella acuminata* (98 % численности и 55 % биомассы класса). В заметном количестве развивался крупный вид водорослей *C. furca* (39 % биомассы). Наличие за пределами порта показательных для открытых вод *Cryptophyta*, наряду с почти полным отсутствием эвгленовых и синезеленых водорослей, указывает на пониженный фон биогенных и органических веществ в открытой части бухты.

В сентябре 2013 г. в акватории порта величины численности и биомассы фитопланктона (260 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,475 г \cdot м⁻³) были значительно ниже, чем в сентябре 2011 г. Пик численности и биомассы фитопланктона отмечен на ст. 7 (638 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 1,371 г \cdot м⁻³), что в 2,5 раза выше показателей остальной акватории порта. Диатомовые водоросли формировали 96 % общей численности и 89 % биомассы фитопланктона в акватории порта,

за пределами порта – 99 % и 83 % соответственно. Доминирующими видами внутри порта были *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros anastomosans*, *C. lorenzianus*, *C. compressus*, *C. curvisetus*, *C. insignis*, *C. scabrosus*, *Leptocylindrus minimus*, *L. danicus*, *Skeletonema costatum*, *D. fragillissimus*, *Thalassiosira* sp. (85 % численности и 82 % биомассы класса). Виды рода *Pseudo-nitzschia*, *T. nitzschioides*, *Hemiaulax hauckii* и другие отмечены на уровне субдоминант.

Интересной особенностью развития фитопланктона в акватории порта в осенний период 2013 г. было наличие одного из недавних вселенцев в северо-восточную часть Черного моря – колониальной диатомовой водоросли *Asterionellopsis glacialis*. Новый неритический эвригалитный тропическо-бореально-арктический вид диатомовых водорослей *A. glacialis* впервые в Новороссийской бухте был зарегистрирован в октябре 1998 г., затем на несколько лет исчез из состава фитопланктона [Ясакова, 2015]. В октябре-ноябре 2009 г. и в июле 2010 г. на акватории Новороссийского порта вновь были обнаружены клетки этого вида. Вероятной причиной вторичной инвазии вида мог стать сброс водяного балласта судов в Новороссийском порту, подтверждением чему служило отсутствие *A. glacialis* в планктоне других бухт северо-восточной части моря в исследуемый период. Вид мог быть завезен из бухт северо-западного района моря и открытого побережья Крыма, где он образовал устойчивую популяцию с периодом вегетации с сентября по февраль, в диапазоне температур 14–24 °С [Сеничкина и др., 2001; Сеничева, 2002]. Относительная доля динофитовых водорослей в порту не превышала 1 % общей численности и 10 % биомассы фитопланктона. Среди них количественно преобладали некрупные виды рода *Prorocentrum*: *P. cordatum*, *P. compressum*, *P. micans* и *Proto-peridinium brevipes* (77 и 12 % численности класса). Основу (93 %) биомассы класса формировали виды родов *Prorocentrum*, *Ceratium*, *Proto-peridinium*.

В открытой части бухты значения численности и биомассы фитопланктона (476 тыс. кл.·л⁻¹ и 1,374 г·м⁻³) в 1,8 и 2,8 раза превышали показатели порта. Количественно доминировали диатомовые водоросли. Основные величины (95 %) их численности равномерно распределялись среди видов рода *Chaetoceros*, *Cerataulina pelagica*, *Hemiaulax hauckii*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Thalassionema nitzschioides*. Основу (70 %) биомассы класса формировали более крупноклеточные виды: *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros peruvianus*, *C. curvisetus*, *Dactyliosolen fragillissimus* и *Pseudosolenia calcar-avis*. Динофитовые составили менее 1 % обилия и 17 % биомассы фитопланктона, максимальное развитие получили *Ceratium furca*, *C. fusus*, *Diplopsalis lenticula*, *Dinophysis rotundata*, *Proto-peridinium depressum*, *P. crassipes*, *Oblea rotunda* и рода *Gyrodinium* (87 % численности, 95 % биомассы класса). Другие классы водорослей в открытом районе бухты отсутствовали.

В сентябре 2014 г. средние величины численности и биомассы фитопланктона составили 366 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,179 г \cdot м $^{-3}$. Максимальные значения биомассы – более чем в 2 раза превышающие значения на других исследуемых станциях – были отмечены в центральной части порта – ст. 7 (0,345 г \cdot м $^{-3}$). Диатомовые водоросли формировали 61 % общей численности и 80 % биомассы фитопланктона в акватории порта, за пределами порта – 65 % и 90 % соответственно. Доминирующими видами внутри порта были *Skeletonema costatum*, *Leptocyllindrus minimus*, *C. compressus*, *Talassiosira* sp. (в сумме 71 % численности класса). На уровне субдоминант развивались *Chaetoceros affinis*, *Dactyliosolen fragillissimus*, *L. danicus*, *Thalassionema nitzschioides* (15 % численности класса). Основу (40 %) биомассы диатомовых формировали *Dactyliosolen fragillissimus* и *Pseudosolenia calcar-avis*. Около 50 % этих величин приходилось на *Cerataulina pelagica*, *T. nitzschioides*, *Thalassiosira* sp. и виды рода *Chaetoceros*. Значение динофитовых водорослей было высоко только по общей биомассе фитопланктона (14 %), по численности они составили менее 0,5 %. Среди них количественно преобладали некрупные виды *Prorocentrum micans*, *Gyrodinium fusiforme*, *Scrippsiella acuminata* (76 % численности и 21 % биомассы класса). Основу (72 %) биомассы и 20 % численности класса формировали виды родов *Ceratium* и *Proto-peridinium*. Надо отметить, что в этот период жгутиковые водоросли формировали более 38 % общей численности фитопланктона.

В открытой части бухты значения биомассы фитопланктона (0,296 г \cdot м $^{-3}$) в 1,7 раза превышали, а величины численности (210 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) в 1,75 раза уступали показателям порта. Как и в порту, количественно доминировали диатомовые водоросли. Основные величины (63 %) численности этого класса водорослей распределялись среди видов *Chaetoceros compressum*, *Chaetoceros* sp. и *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*. Основу (73 %) биомассы класса формировали более крупноклеточные виды: *Dactyliosolen fragillissimus* и *Pseudosolenia calcar-avis*. На уровне субдоминант развивались те же виды, что и в акватории порта. Динофитовые составили менее 3 % обилия и 9 % биомассы фитопланктона открытой части бухты. Значительное развитие наблюдали у нанопланктонного вида *Gymnodinium simplex* (83 % численности динофитовых). Высокие величины (80 %) биомассы динофитовых были отмечены среди видов *Ceratium furca*, *C. fusus*, *Prorocentrum micans*, *Proto-peridinium divergens*. Жгутиковые водоросли формировали чуть более 28 % общей численности фитопланктона.

В сентябре 2015 г. в порту были зарегистрированы умеренные величины количественного развития планктонных водорослей (228 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,550 г \cdot м $^{-3}$). Значения численности были в 1,6 раза ниже показателей сентября 2014 г. Вследствие доминирования крупноразмерных видов

водорослей, величины биомассы фитопланктона были в 3 раза выше, чем в сентябре 2014 г. Максимальные количественные величины развития фитопланктона были зарегистрированы в центральном районе порта – на ст. 4 (367 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) вследствие интенсивного развития в этом районе мелкоклеточного вида криптофитовых водорослей – *Plagioselmis prolonga* (120 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), приуроченного к наиболее эвтрофным районам моря. Значительная вегетация этого вида (11–43 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) также была отмечена на ст. 1–3; на других участках порта этот вид формировал значительно меньшие величины численности (3,6–7,6 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$). В среднем криптофитовые формировали 14 % общей численности планктона (средний размер их клеток составил 6–8 мкм). Максимальные значения биомассы, в 2,4 раза превышающие показатели других районов порта, были отмечены на ст. 5 и 7 (0,964 и 0,926 г \cdot м $^{-3}$), что связано с вегетацией в этом районе крупных видов фитопланктона. Минимальное развитие планктонных водорослей зарегистрировано на ст. 6 (70 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,256 г \cdot м $^{-3}$). В порту 72 % общей численности и 88 % биомассы фитопланктона формировали диатомовые водоросли. Доминировали среди них мелко- и среднеразмерные виды, составившие 80 % общей численности класса: *Cerataulina pelagica*, *Leptocylindrus minimus*, *L. danicus*, *Skeletonema costatum*, *Nitzschia tenuirostris*, виды родов *Chaetoceros* и *Thalassiosira*. На долю крупноклеточной *Proboscia alata* приходилось 11 % численности диатомовых водорослей. Основу биомассы (95 %) диатомовых водорослей формировали такие крупные виды, как *Proboscia alata*, *Dactyliosolen fragillissimus*, и многочисленные некрупные *Cerataulina pelagica* и *Thalassiosira* sp. Динофитовые водоросли формировали не более 8 % общей численности и 6 % биомассы фитопланктона порта. Среди них доминировали, составив в сумме 96 % численности и 71 % биомассы класса, виды родов *Gymnodinium* и *Gyrodinium*. Значительную часть (23 %) биомассы динофитовых водорослей формировали крупноклеточные виды *Ceratium furca*, *Protoperidinium divergens* и *P. depressum*. Представители Euglenophyceae и Cyanophyceae в сумме формировали не более 6 % численности и 5,5 % биомассы планктонных водорослей порта.

Значения численности и биомассы фитопланктона за пределами порта (32 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,391 г \cdot м $^{-3}$) в 7 и 1,4 раза уступали величинам, отмеченным в акватории порта. Около 74 % численности и 96 % биомассы фитопланктона формировали диатомовые водоросли, среди них доминировала *Proboscia alata*, на долю которой приходилось 82 % численности и 96 % биомассы класса. Такие виды как *Nitzschia tenuirostris* и *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* вегетировали на уровне субдоминант, в сумме составив 17 % численности класса. Динофитовые водоросли формировали 19 % численности и 4 % биомассы фитопланктона. Преобладали виды родов *Gymnodinium*

и *Gyrodinium* (96 % численности и 27 % биомассы класса). Значительную часть (61 %) биомассы динофитовых водорослей формировали крупные виды *Ceratium furca* и *C. fusus*, *Protoperidinium knipowitshii* и *Protoceratium reticulatum*. Криптофитовые водоросли за пределами порта формировали не более 7 % общей численности, синезеленые и эвгленовые водоросли здесь полностью отсутствовали.

В сентябре 2016 г. средние значения численности и биомассы фитопланктона в акватории порта составили 79,86 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,091 г \cdot м⁻³, они в 3–6 раз уступали величинам, отмеченным в порту в сентябре 2015 г. В средней части Новороссийской бухты величины обилия (245 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,219 г \cdot м⁻³) в 2,4–3 раза превышали таковые значения, отмеченные в порту. Как в порту, так и за его пределами доминировали диатомовые водоросли – 97–98 % численности и 88–98 % биомассы. Вид приморских (диаметр клеток 6–8 мкм) *Emiliana huxleyi* в средней части бухты формировали до 2 % от общего количества водорослей. На долю динофитовых и других отделов водорослей приходилось не более 2 % численности фитопланктона во всем районе исследования. В акватории порта динофитовые водоросли формировали чуть более 10 % общей биомассы. В массе развивались следующие представители диатомовых водорослей: *Leptocylindrus minimus*, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia tenuirostris*, *Chaetoceros compressus*, *Thalassiosira* sp. и некоторые другие. Такие крупные виды водорослей, как *Dactyliosolen fragillissimus*, *Proboscia alata* и многочисленные *Thalassiosira* sp., виды рода *Chaetoceros*, составили основу общей биомассы (соответственно 6–11 %, 23–42 %, 6–20 %, 6–20 %). При этом максимальное обилие *Thalassiosira* sp. отмечали в акватории порта, видов рода *Chaetoceros* – за его пределами.

Среди динофитовых водорослей в акватории порта наиболее обычными были *Prorocentrum cordatum* и *P. micans* (13 и 52 % численности класса), значительную часть этой величины (25 %) формировали споры динофитовых водорослей. За пределами порта доминировали два вида динофитовых: *Gyrodinium fusiforme* и *Prorocentrum cordatum*, составив 60 и 30 % численности класса. Немногочисленные клетки *Prorocentrum compressum* встречались во всем районе исследований. Основная часть биомассы динофитовых водорослей внутри порта (соответственно 43, 28, 9, 6, 5 %) распределялась между следующими видами: *P. micans*, *Ceratium furca*, *C. tripos*, *Protoperidinium depressum* и *Oblea rotunda*. В средней части Новороссийской бухты основу (27, 22, 21, 15 %) биомассы динофитовых водорослей формировали *P. micans*, *Ceratium fusus*, *Oblea rotunda* и *P. cordatum*.

В сентябре 2018 г. средние величины численности и биомассы планктонных водорослей в акватории порта составили 396 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,499 г \cdot м⁻³. За пределами порта, на ст. 8 обилие фитопланктона (721 тыс. кл. \cdot л⁻¹; 0,576 г \cdot м⁻³)

соответственно в 1,2–1,8 раза превышало значения численности и биомассы, отмеченные в этот период в порту. Доминировали диатомовые водоросли, составившие соответственно 92 % общих значений численности и 92 % биомассы фитопланктона порта. За пределами порта (ст. 8) диатомовые водоросли также составляли подавляющую часть численности – 44 % и биомассы – 68 %. На долю динофитовых приходилось не более 1 % численности, при этом они формировали 7–13 % биомассы во всем районе исследования. Среди диатомовых в порту доминировали *Cerataulina pelagica*, *Leptocylinthus danicus*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (24, 52 и 10 % численности класса), на уровне субдоминант развивались *Nitzschia tenuirostris* и *Dactyliosolen fragilissimus* (5 и 7 %). Основную компоненту биомассы (62, 16, 12 и 7 %) диатомовых водорослей в акватории порта формировали *C. pelagica*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *L. danicus* и *Proboscia alata*. Наиболее многочисленными среди динофитовых были *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, *Gymnodinium elongatum* и *Scrippsiella acuminata* (27, 20, 9 и 25 % численности класса). Виды родов *Ceratium*, *Protoperidinium*, а также *Dinophysis acuta*, *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella acuminata* формировали основу биомассы динофитовых (соответственно 41, 30, 5, 9 и 7 %). Представители других классов водорослей в составе фитопланктона порта в осенний период отмечены не были.

За пределами порта на ст. 8 обильно развивался, составив соответственно 55 % численности и 19 % биомассы фитопланктона, нанопланктонный представитель примнезиевых водорослей *Emiliania huxleyi*. Среди диатомовых водорослей в этом районе моря доминировали *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* и *Dactyliosolen fragilissimus* (43 и 39 % численности класса). Основу биомассы среди них формировали крупноклеточные виды *D. fragilissimus*, *Proboscia alata* и *Pseudosolenia calcar-avis* (80 %). Среди динофитовых водорослей в открытой части бухты доминировали *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, *Gymnodinium elongatum* (60, 21 и 12 % численности). Основу биомассы среди динофитовых водорослей (соответственно 90 %) формировал комплекс видов родов *Ceratium*, *Protoperidinium*, а также *Prorocentrum micans* и *Scrippsiella acuminata*.

В октябре 2008 г. значения численности фитопланктона были не значительными (88,6 тыс. кл.·л⁻¹). Биомасса в результате интенсивного развития крупных видов диатомовых водорослей была на уровне цветения (1,167 г·м⁻³). Диатомовые формировали 68 % общей численности и 93 % биомассы фитопланктона. Значительное развитие было отмечено у крупного представителя диатомовых водорослей с осенним максимумом *P. alata*. Средние значения численности и биомассы этого вида составили 54 % общей численности и 91 % биомассы фитопланктона (47,9 тыс. кл.·л⁻¹ и 1,058 г·м⁻³). Другие диатомовые водоросли – *C. pelagica*, *C. compressus*, *C. curvisetus*,

P. pseudodelicatissima – формировали от 1 до 4 % общей численности фитопланктона. Синезеленые (род *Oscillatoria*) в среднем по порту составили 20 % общей численности фитопланктона, их повышенное содержание было отмечено на ст. 1 и 2 (23–117 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), биомасса не превышала 0,017 г \cdot м $^{-3}$. Средние величины численности и биомассы эгленовых водорослей составили 3,4 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,012 г \cdot м $^{-3}$. Численность диктиоховых и золотистых водорослей (*Dictyocha speculum*, *Dinobryon balticum*) была максимальной за пределами порта (4,2 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$). В октябре из-за резкого снижения температуры воды до 12 °С прекратилось развитие тепловодных видов водорослей *E. huxleyi*, *C. affinis*, *C. peruvianus*, *D. fragilissimus*. Динофитовые водоросли составили 6 % общей численности и 5 % биомассы фитопланктона. Наиболее многочисленными среди них были *Gymnodinium* sp., *Diplopsalis lenticula*: *D. lenticula* var. *lenticula* и *D. lenticula* var. *globulus*. Максимальные величины численности были отмечены на ст. 1 (211 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), где в большом количестве развивались колонии синезеленых водорослей, чувствительных к некоторому опреснению морских вод. Эти виды формировали здесь 50 % общей численности фитопланктона. Наиболее высокие значения биомассы фитопланктона (1,533 г \cdot м $^{-3}$) были зарегистрированы за пределами порта в результате более интенсивного размножения в этом районе основного осеннего гидробионта *P. alata*.

В октябре 2009 г. доминировали диатомовые водоросли (89 % общей численности и 73 % биомассы фитопланктона в акватории порта, за его пределами – 98 % и 87 % соответственно) Численность фитопланктона в акватории порта была в 3,5 раза выше (294 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), чем за его пределами (88 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$). Распределение биомассы носило более однородный характер (0,815 г \cdot м $^{-3}$ – в средней части и 0,958 г \cdot м $^{-3}$ – в порту). В акватории порта превалировали мезосапробные виды диатомовых водорослей *Leptocylindrus minimus* и *Skeletonema costatum* (24 и 10 % суммарной численности диатомовых). Кроме того, в значительном количестве встречались *C. pelagica* и *Thalassiosira* sp., *T. nitzschoides*, *P. alata*, виды р. *Chaetoceros* (7–15 % численности). Основную биомассу диатомовых водорослей формировали *C. pelagica* и *P. alata* (53 и 28 %). Интересной находкой в акватории порта стало обнаружение вида-вселенца эндемика Японского моря *Asterionella glacialis* (8 % численности). В Новороссийской бухте этот вид впервые был встречен в 2004 г., затем на несколько лет выпал из состава фитопланктона. Возможной причиной повторного появления *A. glacialis* стало прорастание донных спор водорослей, чему способствовали благоприятные условия среды (температура поверхностных вод 20,4 °С) либо произошла вторичная инвазия вида посредством водяного балласта. В октябре отмечено возращание роли динофитовых. В акватории порта они составили 7 % общей

численности и 25 % биомассы фитопланктона, за его пределами – 7 и 13 % соответственно. Доминировали *Prorocentrum micans* и *S. acuminata* (22 и 60 % численности, 22 и 42 % биомассы). Вид *S. acuminata* заметно развивался на ст. 3–5 (22 тыс. кл. \cdot л⁻¹). Зеленые, эвгленовые и синезеленые водоросли формировали не более 3 % общей численности и 2 % биомассы фитопланктона в акватории порта.

В открытой части бухты более половины численности приходилось на *P. alata*, который способен подавлять развитие других видов фитопланктона. На уровне субдоминант отмечены *C. pelagica*, *D. fragilissimus*, род *Pseudonitzschia*, *C. affinis* (45 % численности этого класса). Основную компоненту биомассы диатомовых водорослей формировали *C. pelagica* и *P. alata* (15 и 72 %). Среди динофитовых максимальное развитие наблюдалось у *S. acuminata*, *Prorocentrum compressum*, *P. micans* и *Glenodinium* sp. (8–23 % численности). В заметных количествах развивались крупные виды водорослей *C. fusus*, *C. furca*, *C. tripos*, *P. divergens*, *P. longispinum*, *Protoperidinium* sp. (9–22 % биомассы). Наличие за пределами порта показательных для открытых вод видов *Protoceratium reticulatum*, *Oxytoxum caudatum*, наряду с отсутствием эвгленовых и синезеленых водорослей, указывает на пониженный фон питательных веществ в этом районе.

В октябре 2010 г. численность фитопланктона в акватории порта составляла 150 тыс. кл. \cdot л⁻¹, биомасса – 0,287 г \cdot м⁻³. В это время доминировали виды диатомовых и примнезиевых водорослей (50 и 30 % обилия фитопланктона порта). Превалировали мелкогабаритные виды диатомовых водорослей *N. tenuirostris* и *L. minimus* (34 и 17 % суммарной численности диатомовых). Значительное развитие было отмечено также у *Thalassiosira* sp. и *S. costatum* (15 и 12 % соответственно). Основную биомассу (83 %) диатомовых формировали относительно крупные виды: *P. alata*, *P. calcar-avis*, *Thalassiosira* sp., *Cerataulina pelagica*. В октябре возросла роль динофитовых водорослей – в порту они составили 12 % общей численности и 74 % биомассы фитопланктона. Количественно доминировали *P. micans*, *P. minimum* (18 и 47 % численности класса). Биомассу (42; 21 и 15 %) формировали *C. furca*, *P. micans*, *Protoperidinium divergens*, *P. depressum*, *Protoperidinium* sp. Нанопланктонный вид *Emiliania huxleyi* составил 30 % численности фитопланктона. В большом количестве повсеместно развивались эвгленовые *E. lanowii* (6 тыс. кл. \cdot л⁻¹), составившие до 15 % общей биомассы. На некоторых участках порта в незначительном количестве были отмечены планктонные синезеленые и криптофитовые водоросли.

В открытой части плотность фитопланктона составляла 173 тыс. кл. \cdot л⁻¹, биомасса – 0,341 г \cdot м⁻³. Доминировала *E. huxleyi*, в значительном количестве развивались криптофитовые водоросли (42 и 14 % общей численности).

Диатомовые составили 33 % численности и 14 % биомассы фитопланктона. Более половины численности класса приходилось на *N. tenuirostris*. На уровне субдоминант отмечены виды рода *Chaetoceros*: *C. affinis*, *C. compressus*, *C. curvisetus* и др. (32 % численности диатомовых). Основную компоненту биомассы диатомовых водорослей формировали *D. fragillissimus*, *C. pelagica* и *P. alata*, род *Chaetoceros* (95 %). Динофитовые составили 11 % обилия и 82 % биомассы планктонных водорослей. Максимальное развитие среди них наблюдали у *Prorocentrum compressum*, *P. micans* и *P. minimum* (73 % численности и 28 % биомассы класса). В заметных количествах развивались крупные виды водорослей *C. furca*, *P. divergens*, *P. depressum* (36 и 20 % биомассы).

В октябре 2012 г. величины численности и биомассы фитопланктона несколько снизились (105 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,239 г \cdot м⁻³). Диатомовые водоросли формировали 87 % общей численности и 39 % биомассы фитопланктона на акватории порта, за пределами – 68 % и 78 % соответственно. Доминирующие виды – *Chaetoceros compressus*, *C. curvisetus*, *D. fragillissimus*, *C. pelagica*, *Nitzschia tenuirostris*, *Thalassiosira* sp. (75 % численности класса). Виды рода *Pseudo-nitzschia*, *T. nitzschioides*, *Hemiaulax hauckii* и другие отмечены на уровне субдоминант. Основную компоненту биомассы формировали *Achnanthes longipes*, *D. fragillissimus*, *C. pelagica*, *Hemiaulax hauckii*, виды родов *Pseudo-nitzschia*, *Thalassionema* и *Thalassiosira* (92 % биомассы диатомовых). На отдельных участках порта встречались *L. danicus*, *L. minimus*, *Melosira moniliformis*, *Pleurosigma elongatum*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros subtilis*, *C. socialis* и *C. diversus*. Относительная доля динофитовых водорослей в порту составила 7 % общей численности и 45 % биомассы фитопланктона. Среди них количественно преобладали *Prorocentrum micans* и *Proto-peridinium* sp. (46 и 35 % численности, 25 и 60 % биомассы класса). На уровне субдоминант развивались *Ceratium furca*, *Dinophysis rotundata*, *Proto-peridinium brevipes*, *Dinophysis rotundata* и *P. cordatum*. Значительную часть (11 %) биомассы фитопланктона порта формировал представитель эбридиевых – *Ebria tripartita*, который никогда ранее не развивался в таком количестве. На долю эвгленовых *E. lanowii* и синезеленых водорослей родов *Merismopedia*, *Lyngbya* и *Oscillatoria* приходилось не более 5 % общей численности и 4 % биомассы фитопланктона.

В открытой части бухты плотность фитопланктона (40 тыс. кл. \cdot л⁻¹) в 2,5 раза уступала показателям порта, вследствие превалирования более крупных видов водорослей значения биомассы (0,343 г \cdot м⁻³) в этом районе были в 1,4 раза выше, чем в порту. Как и в районе порта, количественно доминировали диатомовые водоросли. Виды *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Thalassionema nitzschioides*, *Dactyliosolen fragillissimus*, *Hemiaulax hauckii* и *Pseudosolenia calcar-avis* формировали основу (55 %) численности и (95 %) биомассы класса. В значительном количестве (36 % численности

диатомовых водорослей) здесь были отмечены виды: *Chaetoceros affinis*, *C. compressus*, *C. curvisetus*, *C. peruvianus*, *Nitzschia tenuirostris* и *Pseudo-nitzschia* sp. Динофитовые в сумме составили 12 % обилия и 18 % биомассы фитопланктона открытой части бухты. Максимальное развитие наблюдали среди видов *Prorocentrum cordatum*, *P. micans* и *Gymnodinium* sp. (77 % численности, 25 % биомассы класса). На уровне субдоминант развивались *Prorocentrum compressum*, *Gonyaulax spinifera* и *Scrippsiella acuminata* (16 % численности класса). Основную компоненту (46 и 18 %) биомассы динофитовых составляли две группы крупных видов водорослей *Ceratium tripos*, *C. furca*, *C. fusus* и *Protoperidinium grande*, *P. divergens* и *G. spinifera*. Наличие за пределами порта показательного для открытых вод вида золотистых водорослей – *E. huxleyi* (16 % численности фитопланктона), наряду с почти полным отсутствием эвгленовых и синезеленых водорослей, указывает на пониженный фон питательных веществ в этом районе.

В октябре 2015 г. значения численности и биомассы фитопланктона были относительно невысокими (107 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,345 г \cdot м $^{-3}$). Пик плотности фитопланктона был отмечен на ст. 5–7 (158–210 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), где было отмечено высокое обилие примнезиевых водорослей (*Emiliania huxleyi*) – 40–100 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$. На остальной акватории порта (ст. 1–4), где *E. huxleyi* не развивалась, величины общей численности фитопланктона были в 4 раза ниже (35–66 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$). Высокие значения биомассы, вследствие интенсивного развития крупных видов диатомовых водорослей, зарегистрированы на ст. 2, 5 и 6 (0,408–0,523 г \cdot м $^{-3}$), что в 2 раза превышало показатели биомассы на других участках порта. Диатомовые водоросли формировали 31 % общей численности и 74 % биомассы фитопланктона на акватории порта, за пределами – 4 % и 39 % соответственно. Доминировала *Proboscia alata*, на долю которой приходилось 60 % численности и 96 % биомассы диатомовых водорослей. Значительную часть (32 %) численности класса формировали *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Leptocylinthus minimus*, *Nitzschia tenuirostris* и *Thalassiosira* sp. В октябре в планктоне повысилась доля динофитовых водорослей – они составили 13 % общей численности и 22 % биомассы фитопланктона. Количественно доминировали среди них представители рода *Gymnodinium* (82 % численности класса). На уровне субдоминант развивались виды *Diplopsalis lenticula*, *Gyrodinium fusiforme*, *Prorocentrum micans* (13 % численности класса). Другие виды динофитовых водорослей встречались эпизодически и в небольшом количестве. Основу (около 55 %) биомассы динофитовых формировали крупноклеточные виды: *Ceratium furca*, *Ceratium fusus*, *Ceratium tripos*, *Dinophysis caudata*, *Protoperidinium divergens*, *Protoperidinium depressum*, *Protoperidinium oblongum*; порядка 32 % биомассы приходилось на многочисленные

некрупные виды: *Diplopsalis lenticula* и *Prorocentrum micans*. Широкое распространение в акватории порта (29 и 23 % общей численности фитопланктона) получили представители примнезиевых и криптофитовых водорослей, которые преимущественно были обнаружены на станциях с хорошим водообменом (ст. 5–7). В то время как эвгленовые водоросли (*E. lanowii*, *Euglena* sp.), формировавшие 4 % общей численности, предпочитали развиваться в полузамкнутых акваториях вблизи выпусков сточных вод (ст. 1–4). Синезеленые водоросли в это время обнаружены не были.

В средней части бухты плотность примнезиевых водорослей, преимущественно *E. huxleyi* (56 % от общего количества и 14 % биомассы фитопланктона), была почти в 4 раза выше, чем в среднем по порту. Вследствие этого значения численности (213 тыс. кл.·л⁻¹) в 2 раза превышали показатели, отмеченные внутри акватории порта. При этом величины биомассы открытого района бухты (0,152 г·м⁻³) в 2,3 раза уступали показателям порта. Так же, как и в порту, в средней части бухты превалировал крупный вид диатомовых водорослей *Proboscia alata* (66 % численности и 94 % биомассы отдела), в меньшем количестве вегетировали *Pseudo-nitzschia seriata* и *C. pelagica* (26 и 6 % численности диатомовых). Значительную долю общей численности (39 %) и биомассы (47 %) фитопланктона составили динофитовые водоросли, количественно доминировали среди них виды рода *Gymnodinium* (95 % численности и 13 % биомассы класса). Основную компоненту (76 %) биомассы динофитовых образовывали крупноклеточные виды: *Ceratium furca*, *C. fusus*, *Protoperidinium divergens*, *P. depressum*, *P. oblongum*; и многочисленные *Diplopsalis lenticula*.

В октябре 2017 г. средние величины численности и биомассы планктонных водорослей в акватории порта составили 376 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,122 г·м⁻³. За пределами порта значения численности почти на порядок (43 тыс. кл.·л⁻¹), а биомассы (0,073 г·м⁻³) в 2 раза уступали таковым величинам, отмеченным в порту. Доминирующими в порту и за его пределами были криптофитовые водоросли, составившие соответственно 88 и 74 % общих значений численности и 31 и 2 % биомассы. Диатомовые водоросли за пределами порта формировали значительную часть численности – 25 % и биомассы – 39 % и соответственно 8 % и 38 % этих величин – в порту. На долю динофитовых приходилось не более 3 % численности, при этом они формировали 30 и 58 % биомассы в порту и в средней части бухты. Среди диатомовых в порту доминировали *Cerataulina pelagica*, *Leptocylindrus minimus* и *Skeletonema costatum* (45, 14 и 12 % численности отдела), на уровне субдоминант развивались *Nitzschia tenuirostris*, *Thalassionema nitzschioides*, *Chaetoceros insignis* и *Chaetoceros affinis* (7, 5, 5 и 4 %). Основу биомассы (64, 16 и 4 %) диатомовых водорослей формировала *Cerataulina pelagica*, *Pseudosolenia calcar-avis*

и *Chaetoceros peruvianus*. Наиболее многочисленными среди динофитовых были *Prorocentrum cordata*, *Prorocentrum micans*, *Gyrodinium spirale* и виды рода *Gymnodinium* (6, 12, 7 и 60 % численности класса). Виды рода *Ceratium*, *Prorocentrum micans*, *Diplopsalis lenticula* формировали значительную часть биомассы динофитовых (соответственно 28, 23 и 32 %). Синезеленые водоросли были отмечены только на ст. 2 (222 кл.·л⁻¹).

За пределами порта среди диатомовых доминировали *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros insignis* и *Thalassionema nitzschioides* (26, 41 и 13 % численности класса), на уровне субдоминант развивались *Dactyliosolen fragillissimus* и *Leptocylindrus minimus*. Основу биомассы диатомовых формировали крупноклеточные виды *Pseudosolenia calcar-avis*, *Proboscia alata*, *Dactyliosolen fragillissimus* и *Cerataulina pelagica* (24, 10, 20 и 21 %). Среди динофитовых доминировали виды рода *Ceratium*, *Prorocentrum micans*, *Diplopsalis lenticula* и *Protoperidinium depressum* (38, 27, 27 и 6 % численности класса). Основу биомассы среди них (соответственно 42, 32 и 15 %) формировали *Ceratium tripos*, *Ceratium furca* и *Protoperidinium depressum*.

В ноябре 2015 г. повсеместно наблюдали завершение вегетационного сезона планктонных водорослей: величины численности и биомассы фитопланктона на акватории порта были низкими: 107 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,058 г·м⁻³. Диатомовые водоросли формировали 75 % общей численности и 84 % биомассы фитопланктона на акватории порта, за пределами – 63 % и 74 % соответственно. Доминировали виды – *Nitzschia tenuirostris*, *Proboscia alata* и *Skeletonema costatum* (86 % численности класса). Виды рода *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Thalassionema nitzschioides*, *Pleurosigma elongatum* отмечены на уровне субдоминант (13 %). Основную компоненту биомассы (94 %) диатомовых водорослей формировали клетки вида *Proboscia alata*. В ноябре вновь снизилась относительная доля динофитовых водорослей – в порту они формировали всего 7 % общей численности и 15 % биомассы фитопланктона. Среди них количественно преобладали мелко- и средне-размерные формы *Gymnodinium* sp., *Prorocentrum cordatum* и *Prorocentrum micans* (64, 19 и 8 % численности класса). Основу биомассы формировали такие крупные виды водорослей, как *Ceratium furca*, *C. fusus*, *Protoperidinium divergens*, *P. crassipes* (80 % биомассы динофитовых) и многочисленный вид *Prorocentrum micans* (9 %). Значительную часть (16 %) обилия фитопланктона порта составил некрупный представитель криптофитовых – *Plagioselmis prolunga*. На долю эвгленовых *E. lanowii* и примнезиевых водорослей приходилось не более 1 % общей численности и 0,1 % биомассы фитопланктона.

В средней части бухты плотность фитопланктона (14 тыс. кл.·л⁻¹) была сопоставима с показателями порта. Вследствие превалирования более крупных видов водорослей значения биомассы (0,137 г·м⁻³) в этом районе

бухты были в 2,4 раза выше, чем в порту. Количественно доминировали диатомовые водоросли *Nitzschia tenuirostris* и *Proboscia alata* (45 и 54 % численности класса), развитие мезосапробного вида *Skeletonema costatum* отмечено не было. Крупные клетки *Proboscia alata* формировали основу (99 %) биомассы диатомовых водорослей. На долю динофитовых в сумме приходилось 3 % обилия и 25 % биомассы фитопланктона средней части бухты. Максимальное развитие наблюдали среди *Ceratium furca*, *C. tripos*, *C. fusus*, *Dinophysis rotundatum*, *Prorocentrum cordatum*, *P. compressum*, *P. micans*, видов рода *Protoperidinium* (86 % численности и 96 % биомассы класса). Интересной находкой стало обнаружение за пределами порта относительно высокого для этого периода года обилия примнезиевых водорослей – *E. huxleyi* (34 % численности фитопланктона). Феномен позднего развития этого вида в условиях Черного моря отмечали ранее и другие исследователи [Суханова, 1995]. Наблюдала также полное отсутствие эвгленовых и синезеленых водорослей в исследуемом районе моря.

В ноябре 2016 г. средние величины численности и биомассы фитопланктона в акватории порта были крайне низкими и составили 22,32 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,024 г \cdot м⁻³. В средней части Новороссийской бухты величины численности и биомассы (18,31 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,031 г \cdot м⁻³) были на уровне значений, отмеченных в порту. Как в порту, так и за его пределами доминировали диатомовые водоросли, составив 48 и 51 % численности и 57 и 44 % биомассы фитопланктона. Динофитовые водоросли формировали 5 и 6 % общей численности, 33 и 42 % биомассы. Представитель примнезиевых водорослей *Emiliana huxleyi* в акватории порта (ст. 7) и в средней части Новороссийской бухты (ст. 8) формировал соответственно 14 и 34 % от общего количества водорослей. Криптофитовые водоросли (преимущественно мелкоразмерный вид *Plagioselmis prolunga*) составили 27 % численности фитопланктона порта. На долю эвгленовых и синезеленых водорослей приходилось не более 6 и 8 % общей численности и биомассы во всем районе исследований.

Среди диатомовых преобладали следующие виды водорослей: *Leptocylindrus minimus*, *Skeletonema costatum*, *Nitzschia tenuirostris*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Proboscia alata*, виды родов *Chaetoceros* и *Navicula*; в сумме составившие 95–97 % численности и 90–95 % биомассы класса в порту и за его пределами. Среди динофитовых водорослей во всем районе исследований массовыми были *Prorocentrum cordatum* и *P. micans* (62–68 и 14–31 % численности; 7–10 и 11–39 % биомассы класса). Значительную часть биомассы (48–70 %) динофитовых формировали также виды родов *Protoperidinium* (преимущественно *P. conicum*, *P. divergens*), *Ceratium* (*C. furca*, *C. tripos*, *C. fusus*), *Protoceratium reticulatum*, *Dinophysis rotundata*, *Diplopsalis lenticula*.

Выводы

1. Средние величины численности и биомассы планктонных водорослей в акватории порта Новороссийск за период 2007–2018 гг. составили 395 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,678 г \cdot м $^{-3}$.
2. В открытой части Новороссийской бухты величины численности были в 1,2 раза выше – 469 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$; а значения биомассы – 0,632 г \cdot м $^{-3}$ – несколько уступали величинам порта.
3. В акватории порта на протяжении всего периода исследований доминировали диатомовые водоросли, в среднем составившие 60 % общей численности фитопланктона. В открытой части бухты – примнезиевые (50 %). Динофитовые формировали 14 % общей численности в порту и 3 % – в открытой части бухты. Среди других классов наиболее многочисленными были криптофитовые водоросли – они составили 8 % обилия в порту и 4 % – в бухте.
4. В целом за весь период исследования как в порту, так и за его пределами основу биомассы (77–79 %) формировали диатомовые водоросли, динофитовые выступали на уровне субдоминант (17 %) и всего 5–6 % этих величин приходилось на другие классы водорослей.
5. Всплеск обилия фитопланктона (1433 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) в порту Новороссийск наблюдали в 2011 г., цветение воды в это время было обусловлено интенсивным развитием диатомовых (*Skeletonema costatum*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Chaetoceros* sp., *Chaetoceros socialis*, *Cerataulina pelagica*) и динофитовых водорослей (*Katodinium rotundatum*). Пик численности (1990 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$), наблюдавшийся в открытой части бухты в 2012 г., на 94 % был образован доминирующим в условиях Черного моря видом примнезиевых водорослей – *Emiliana huxleyi*, развитие которого обычно наблюдается в относительно чистых акваториях моря.
6. Вспышки биомассы фитопланктона (1,067–1,815 г \cdot м $^{-3}$), наблюдавшиеся в порту и в бухте в 2007, 2013 и 2017 гг., на 79–87 % были образованы диатомовыми водорослями *Cerataulina pelagica*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Proboscia alata* и *Pseudosolenia calcar-avis*.
7. Надо отметить, что в период 2014–2018 гг. наблюдали снижение величин биомассы фитопланктона во всем районе исследования по сравнению с более ранним периодом (2007–2013 гг.) более, чем в 2 раза, при том что максимальные величины численности фитопланктона наблюдали в период 2011–2014 гг. Этот феномен связан с повышением в более поздний период исследований в планктоне порта роли мелких видов диатомовых, в открытой части бухты – примнезиевых водорослей.

8. Максимальные величины количественного развития планктонных водорослей наблюдали в весенний период: в порту они составили 588 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 1,506 г \cdot м $^{-3}$, в открытой части бухты – 803 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,785 г \cdot м $^{-3}$.
9. Величины численности и биомассы летом (в порту – 507 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,767 г \cdot м $^{-3}$; в открытой части бухты – 663 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,675 г \cdot м $^{-3}$) несколько уступали весенним значениям.
10. Средние величины численности в осенний период (в порту и в открытой части бухты: 256 и 227 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) более, чем в 2 раза; а биомассы (соответственно 0,565 и 0,450 г \cdot м $^{-3}$) в 1,3–1,5 раза уступали летним значениям биомассы.

6.3. РАЙОН АБХАЗИИ

Средние за весь исследуемый период (2011–2020 гг.) величины численности и биомассы составили 40,26 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,074 г \cdot м $^{-3}$ [Ясакова, 2020]. Наиболее высокие величины количественного развития (79 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,113 г \cdot м $^{-3}$) отмечены на поверхности моря (0–2 м). На горизонте 10–20 м эти значения были в 1,4–2,3 раза (35 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,081 г \cdot м $^{-3}$); а на горизонте 25–30 м (19 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,048 г \cdot м $^{-3}$) – в 2,3–4 раза ниже. В нижнем исследуемом слое моря (40–50 м) величины обилия фитопланктона (4,5 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,028 г \cdot м $^{-3}$) соответственно в 4–18 раз уступали поверхностным величинам.

Максимальное обилие планктонных клеток (476 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) наблюдали в верхнем горизонте моря в мае 2013 г. (рис. 29). Высокие величины численности (51 и 104 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) на поверхности моря отмечали также в летний период 2011 и 2012 гг. Все пики численности были образованы интенсивным развитием примезиевых водорослей (*Emiliana huxleyi*), которые в этот период формировали 95 % общей численности и 53 % биомассы фитопланктона. По сведениям исследователей ИО РАН, этот вид был причиной цветения воды в районе Абхазии на поверхности моря весной 2013 г. [Якубенко и др., 2019]. В другие сезоны величины численности на поверхности моря не превышали 26 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$. На горизонте 10–20 м было отмечено 2 пика плотности клеток (87 и 112 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) в июле 2012 г. и в мае 2013 г. На горизонте 25–30 м обнаружен один пик обилия (68 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) в мае 2013 г.

Высокие величины биомассы (0,120–0,216 г \cdot м $^{-3}$) на поверхности моря отмечали в мае, июле 2011–2013 гг., в октябре 2011 г. и сентябре 2014 г.; в другое время эти величины в верхнем слое моря изменялись в диапазоне 0,045–0,092 г \cdot м $^{-3}$ (рис. 30). Максимальные значения биомассы (0,140 г \cdot м $^{-3}$) в слое 10–20 м наблюдали в июле 2012 г., в течение остального исследуемого

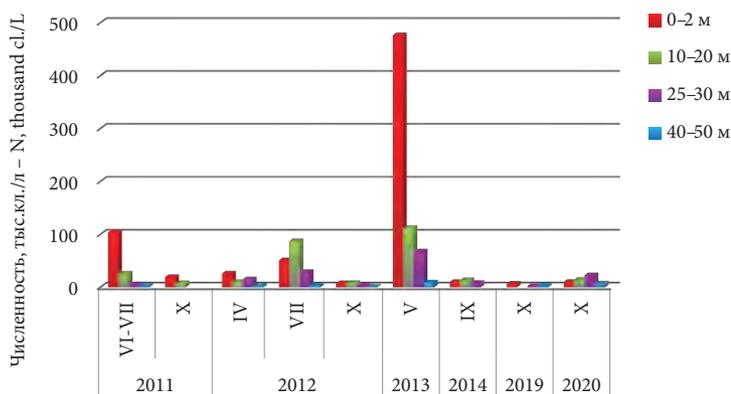


Рис. 29. Вертикальное распределение величин общей численности фитопланктона в районе Абхазии в разные сезоны 2011–2020 гг.

Fig. 29. Vertical distribution of the total phytoplankton abundance in the region of Abkhazia in different seasons of 2011–2020

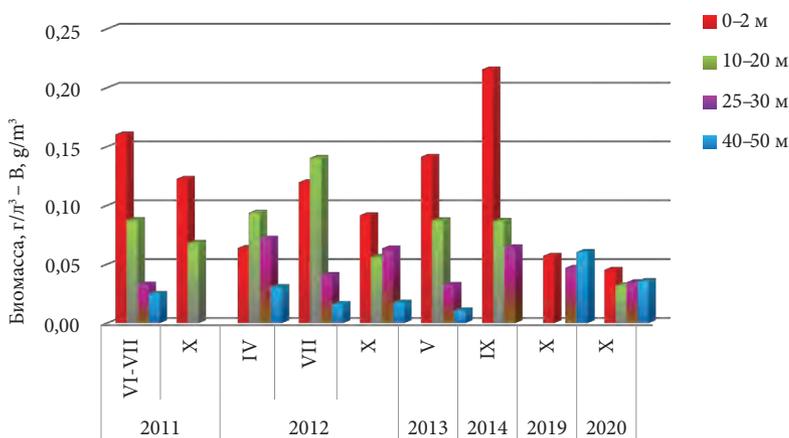


Рис. 30. Вертикальное распределение величин общей биомассы фитопланктона в районе Абхазии в разные сезоны 2011–2020 гг.

Fig. 30. Vertical distribution of the total phytoplankton biomass in the region of Abkhazia in different seasons of 2011–2020

периода они составляли $0,032-0,093 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$. На горизонте 25–30 м величины биомассы изменялись от $0,033 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$ (июль 2011 г.) до $0,072 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$ (апрель 2012 г.).

Сезонная динамика доминирующих классов и видов водорослей

Как указывалось ранее, примезиевые водоросли были одним из доминирующих компонентов планктона: они формировали от 36–68 %

численности в июле 2011, 2012 гг.; 35–45 % – в октябре 2019, 2020 гг. до 95% численности в мае 2013 г.

Криптофитовые водоросли значительную часть численности (от 4 до 20 %) составляли в исследуемый период 2011, 2012 и 2014 гг.

Диатомовые водоросли в среднем формировали 30 % (от 1 до 55 %) общей численности и 31 % (от 5 до 77 %) биомассы. Их максимальная доля (55 %) в величинах численности наблюдалась в апреле 2012 г.; в величинах биомассы (58–77 %) – в осенний период 2014 и 2019 гг. В значительном количестве среди них встречались некрупные виды водорослей родов *Chaetoceros*, *Pseudo-nitzschia*, а также *Dactyliosolen fragilissimus*, *Nitzschia tenuirostris*, *Thalassionema nitzschioides* и др. (Приложение 3, табл. 2). Основу биомассы диатомовых, как правило, формировал крупноклеточный вид *Pseudosolenia calcar-avis*, иногда повышалась роль *Proboscia alata*, *Chaetoceros affinis*, *Ch. curvisetus* и *Thalassionema nitzschioides*.

Значительную часть общей численности 30 % (от 3 до 59 %) формировали также динофитовые водоросли, при этом на их долю приходилась основная компонента – 60 % (от 22 до 84 %) биомассы фитопланктона. Высокую долю (50–59 %) динофитовых в величинах численности отмечали в осенний период 2012 и 2014 гг. В величинах биомассы (76–84 %) их значение возрастало в весенне-летний период 2011, 2012 гг. и в осенний период 2014 и 2020 гг. Доминирующими по численности были мелкие виды водорослей родов *Prorocentrum*, *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, а также *Heterocapsa rotundata*, *Katodinium glaucum*, *Torodinium robustum*. Основу биомассы чаще всего формировали крупноклеточные представители родов *Ceratium*, *Protoperidinium*, *Dinophysis*, а также *Polykrikos cofoidi*, *Gyrodinium spirale*, *Protoceratium reticulatum*, *Diplopsalis lenticula* и некоторые другие.

Надо отметить, что если в верхних горизонтах (0–20 м) наблюдали обилие примнезиевых водорослей, то в более глубоких слоях моря (30–50 м) повышалась роль динофитовых водорослей, вероятно, вследствие их возможного перехода на гетеротрофный и миксотрофный типы питания.

Выводы

1. В весенне-осенний период 2011–2020 гг. было обнаружено 109 видов фитопланктона из 10 классов, среди них 18 потенциально токсичных и вредоносных, и 2 новых для восточного побережья Черного моря вида планктонных водорослей.
2. Средние по акватории величины численности и биомассы составили 40,26 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,074 г·м⁻³. Наиболее высокие значения (79 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,113 г·м⁻³) отмечены на поверхности моря (0–2 м), что в 1,5–18 раз выше, чем на других исследуемых горизонтах.

3. Максимальное количество планктонных клеток (476 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$) наблюдали в верхнем горизонте моря в мае 2013 г., что было связано с интенсивным развитием примнезиевых водорослей (*Emiliana huxleyi*), которые в этот период формировали 95 % общей численности и 53 % биомассы.
4. В период исследований диатомовые и динофитовые водоросли формировали основу численности (в сумме 60 %) и биомассы фитопланктона (91 %). В апреле 2012 г. и сентябре 2014 г. криптофитовые составляли значительную часть (17–20 %) общей численности.

Таким образом, представленные материалы существенно дополняют опубликованные ранее результаты исследований фитопланктона Абхазского сектора Черного моря. Приведены новые данные о сезонной динамике видового разнообразия, количественного развития и горизонтального распределения планктонных водорослей в исследуемом районе моря.

6.4. РАЙОН КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА

Величины численности и биомассы фитопланктона в районе Керченского пролива в период исследований (2009–2019 гг.) варьировали в широком диапазоне (19 – 719 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и $0,06$ – $1,92$ г \cdot м $^{-3}$), и в среднем составили 140 ± 220 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и $0,386 \pm 0,587$ г \cdot м $^{-3}$ (табл. 10, рис. 31). Причем величины обилия фитопланктона на поверхности моря в период исследования (137 тыс. кл./л; $0,369$ г \cdot м $^{-3}$) практически не выходили за рамки средних величин, отмеченных во всем столбе воды (от дна до поверхности). Относительно равномерное вертикальное распределение фитопланктона в акватории КП, вероятно, связано с интенсивными гидрологическими процессами и небольшими глубинами этого района моря. Синезеленые доминировали по численности, составив в среднем за период исследований 44 %. Значительную часть общей численности (соответственно 19 и 18 %) и основу биомассы (62 и 35 %) фитопланктона формировали диатомовые и динофитовые водоросли. Криптофитовые, примнезиевые и зеленые водоросли в сумме формировали 18 % численности и 3% биомассы. На долю представителей других классов в сумме приходилось менее 1 % общей численности и биомассы фитопланктона. Максимальную вспышку развития планктонных водорослей отмечали в августе 2016 г. (719 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и $1,922$ г \cdot м $^{-3}$). За счет этого средние величины обилия фитопланктона в летний период (166 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и $0,531$ г \cdot м $^{-3}$) в 2–5 раз превышали значения численности и биомассы, отмеченные весной либо осенью (соответственно 94 и 77 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и $0,101$ и 93 г \cdot м $^{-3}$).

Таблица 10. Видовое разнообразие, средние величины численности и биомассы фитопланктона в акватории Керченского пролива в 2009–2019 гг.

Table 10. Species diversity, average values of abundance and biomass of phytoplankton in the waters of the Kerch Strait in 2009–2019

Месяц исследования / Month of study	Год исследования / Year of study	Число видов фитопланктона / Number of phytoplankton species	Численность, тыс. кл.·л ⁻¹ / Thousand cells·l ⁻¹	Биомасса, мг·м ⁻³ / Biomass, mg·m ⁻³
Апрель / April	2009	47	130	57
Май / May	2013	38	58	145
Июнь / June	2011	61	62	82
Июль / July	2010	46	101	418
	2012	38	72	217
	2013	17	19	242
Август / August	2016	40	719	1922
	2019	54	22	302
Сентябрь / September	2011	38	77	93
В среднем / On average		Всего / Total 118	140	386

ВЕСНА

В апреле 2009 г. средние значения численности и биомассы фитопланктона в Керченском проливе составили 130 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,057 г·м⁻³. В результате интенсивного развития некоторых крупных видов динофитовых *Akashiwo sanguinea* и перифитонных видов диатомовых водорослей родов *Gyrosigma* и *Striatella* количество фитопланктона в придонных биотопах пролива было в 1,3 раза выше, чем на поверхности. Диатомовые формировали 65 % численности и 69 % биомассы фитопланктона. Среди них наиболее интенсивно развивались *Skeletonema costatum* и *Cyclotella caspia* (соответственно 72 и 17 % численности класса), на уровне субдоминант были отмечены *Nitzschia tenuirostris* и *Chaetoceros curvisetus*. Виды родов *Coscinodiscus*, *Striatella*, *Gyrosigma*, *S. costatum*, *Chaetoceros curvicutus* составили основу (75 %) биомассы диатомовых водорослей. В формировании общей биомассы фитопланктона (21 %) значительную роль играли динофитовые водоросли. Однако в величине общей численности их доля не превышала 2 %. Основными (86 % численности и 85 % биомассы динофитовых), среди них были *Oblea baculifera*, *Scrippsiella acuminata*, *Akashiwo sanguinea*, *Prorocentrum micans*, виды родов *Gymnodinium* и *Protoperidinium*. В значительном количестве развивались

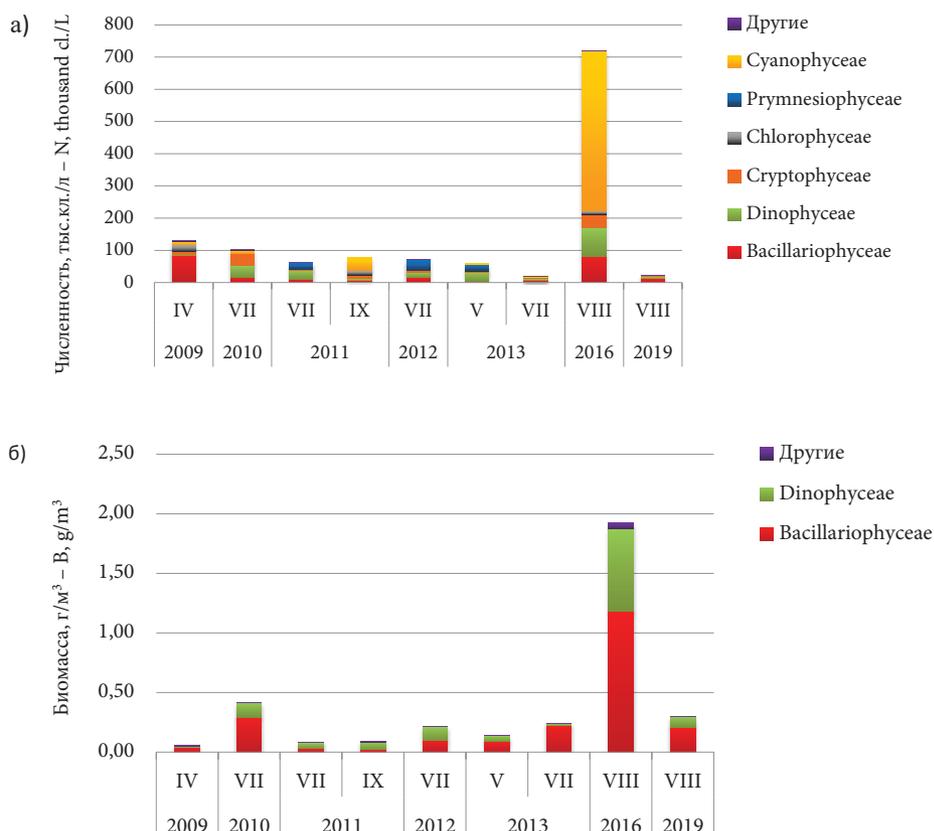


Рис. 31. Динамика численности (а) и биомассы (б) планктонных водорослей в районе Керченского пролива в 2009–2019 гг.

Fig. 31. Dynamics of abundance (a) and biomass (b) of planktonic algae in the Kerch Strait area in 2009–2019

некоторые виды зеленых (*Binuclearia lauterbornii* и *Monoraphidium contortum*), цианопрокариот (родов *Oscillatoria*, *Planktolyngbya* и др.) и криптофитовых водорослей (*Plagioselmis prolunga*, *Plagioselmis punctata*). Представители этих классов формировали соответственно 17; 8 и 6 % общей численности и около 9 % биомассы фитопланктона. Эпизодически в исследуемой акватории встречались мелкие жгутиковые водоросли со средней численностью 2 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$.

В мае 2013 г. средние значения численности и биомассы фитопланктона в Керченском проливе составили 58 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,145 г \cdot м $^{-3}$. Диатомовые формировали 9 % численности и 60 % биомассы фитопланктона. Среди них наиболее интенсивно развивался крупноклеточный вид *Pseudosolenia calcar-avis* (89 % численности и 88 % биомассы диатомовых водорослей).

На уровне субдоминант были отмечены *Thalassionema nitzschioides* (7 % численности) и виды рода *Coscinodiscus* (10 % биомассы). Основной вид примнезиевых водорослей *Emiliana huxleyi* составил 35 % общей численности. Динофитовые водоросли формировали основу численности (48 %) и биомассы (37 %) фитопланктона. Наиболее многочисленными среди них были виды родов *Gymnodinium* и *Prorocentrum*. Основную компоненту биомассы класса формировали *Prorocentrum micans* и крупные виды родов *Protoperidinium* и *Ceratium*. На долю представителей других классов водорослей приходилось не более 6 % численности и 1 % биомассы.

ЛЕТО

В июне 2011 г. количественные величины развития фитопланктона (62 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,082 г \cdot м⁻³) все еще не были значительными. Ощутимым было значение примнезиевых водорослей – *Emiliana huxleyi* – вид формировал 42 % численности фитопланктона у поверхности. У дна, вероятно, вследствие затемнения основного фотического слоя в результате взмучивания, вид не развивался. Доминировали динофитовые водоросли, составив соответственно 44 и 54 % численности, 67 и 56 % биомассы фитопланктона на поверхности и у дна, основными среди которых были виды рода *Gymnodinium* и *Gyrodinium fusiforme*. В меньшем количестве встречались *Prorocentrum cordatum*, *Gyrodinium spirale*. Основу биомассы класса составляли *Ceratium furca*, *C. tripos* и обильно развивавшиеся виды рода *Gyrodinium*. Диатомовые водоросли в среднем формировали 17 % численности (46 % у дна и 8 % на поверхности) и 37 % (соответственно 27 и 44 %) биомассы фитопланктона. Превалировала по численности *Thalassionema nitzschioides*, в меньшем количестве встречались *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Chaetoceros affinis*, *Coscinodiscus granii*; основу биомассы формировали крупные клетки *P. calcar-avis*, *C. granii* и многочисленная *T. nitzschioides*. Около 5 % общей численности фитопланктона приходилось на долю криптофитовых и зеленых водорослей.

В июле 2010 г. средние значения численности и биомассы фитопланктона составили 101 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,418 г \cdot м⁻³. С увеличением глубины наблюдали некоторое уменьшение обилия: от 116 тыс. кл. \cdot л⁻¹ на поверхности до 86 тыс. кл. \cdot л⁻¹ – у дна. При этом значения биомассы оставались практически постоянными на всех горизонтах (0,41–0,43 г \cdot м⁻³). Динофитовые формировали 40 % численности и 31 % биомассы фитопланктона на поверхности моря; соответственно 36 % и 27 % этих величин – у дна. В значительном количестве среди них развивались *Oxyrrhis marina*, *Prorocentrum micans*, представители родов *Amphidinium* и *Gymnodinium*; у дна повышалась роль *Prorocentrum cordatum*, *P. minimum*, *Gyrodinium fusiforme*, *Katodinium*

glaucum. Основу биомассы повсеместно формировали крупные *Dinophysis fortii*, *Protoperidinium divergens*, *Diplopsalis lenticula*, *Polykrikos kofoidii* и многочисленные виды *P. micans*, *O. marina*, *K. glaucum*. Диатомовые составили 15–16 % численности и 67–71 % биомассы фитопланктона на поверхности и у дна, среди них численно преобладали *Cyclotella caspia*, *Ditylum brightwellii*, *Nitzschia tenuirostris*, *Thalassionema nitzschioides*, *Pseudosolenia calcar-avis*. Основную компоненту биомассы формировали крупные виды водорослей – *Coscinodiscus granii*, *P. calcar-avis*, *D. brightwellii* и *Coscinodiscus* sp. Причем у дна увеличивалась роль *P. calcar-avis* (26 % общей биомассы), а на поверхности – *D. brightwellii* (46 % биомассы). Отмечали также обилие криптофитовых водорослей (*Plagioselmis prolunga*, *Plagioselmis punctata*), и цианопрокариот (родов *Oscillatoria*, *Planktolyngbya* и *Aphanizomenon*), составивших соответственно 30–38 % и 9–10 % общей численности фитопланктона в исследуемых слоях пролива. Зеленые (*Binuclearia lauterbornii*) и прازیнофитовые водоросли (*Pterosperma undulatum*) преимущественно развивались в верхнем горизонте моря, формируя 4 % общей численности.

В июле 2012 г. средние значения численности и биомассы планктонных водорослей составили 72 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,217 г \cdot м⁻³. Вероятно, вследствие активных гидродинамических процессов, свойственных исследуемому водоему, наблюдалось равномерное распределение количественных величин по вертикали (67–80 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,203–0,228 г \cdot м⁻³). Как и в летний период 2011 г., доминирующим по численности (47 %) был нанопланктонный вид примнезиевых водорослей – *Emiliania huxleyi*. Максимальная численность вида (34–38 тыс. кл. \cdot л⁻¹) была зафиксирована в верхнем слое (0–5 м) пролива, с глубиной эти значения снижались (29 тыс. кл. \cdot л⁻¹). В результате небольшого размера клеток основной популяции этого вида ($d = 5–6$ мкм) *Emiliania huxleyi* формировала не более 2 % общей биомассы. Диатомовые составили 22 % (от 28 % и 21 % в слое 0–5 м до 15 % у дна) численности и 45 % (от 33 % на поверхности и у дна до 67 % в слое 5 м) биомассы фитопланктона. Численно доминировали среди них *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Thalassionema nitzschioides* и *Pseudosolenia calcar-avis*, при этом последний формировал порядка 42 % общей биомассы. Интенсивное развитие этого теплолюбивого вида водорослей было связано с высокими величинами температуры на поверхности пролива (+23 °C). На уровне субдоминант развивались *Chaetoceros affinis*, *Proboscia alata*, *Nitzschia tenuirostris*, *Pleurosigma elongatum*. Максимум для двух последних видов был отмечен в придонном горизонте. Динофитовые водоросли формировали 24 % численности и 53 % биомассы фитопланктона. Обильно развивались виды родов *Gymnodinium* и *Gyrodinium*, среди которых преобладали *Gymnodinium blax*, *G. simplex* и *Gyrodinium fusiforme*. В значительном количестве были отмечены *Prorocentrum cordatum*,

P. micans и *Polykrikos cofoidii*. Основную часть биомассы динофитовых формировали крупные виды *Ceratium furca*, *Polykrikos cofoidii*, *Protoperidinium divergens*. Причем роль первого вида увеличивалась в придонном горизонте, тогда как *P. cofoidii* и *P. divergens* преобладали в верхнем исследуемом слое воды (0–5 м). Среди динофитовых водорослей в формировании биомассы также участвовали *Dinophysis caudata*, *D. rotundata*, *Diplopsalis lenticula*, *Prorocentrum micans*, *Protoceratium reticulatum*. Крптофитовые преобладали в слое воды от 5 м до дна (5 % общей численности), на поверхности вегетировал мезосапробный вид эвгленовых водорослей *Eutreptia lanowii* с численностью до 2 тыс. кл. \cdot л⁻¹. Среди празиофитовых водорослей встречался морской вид *Pterosperma undulatum*.

В июле 2013 г. величины численности фитопланктона (18,6 тыс. кл. \cdot л⁻¹) в 3 раза уступали значениям, отмеченным в мае 2013 г. Значения биомассы (0,242 г \cdot м⁻³) вследствие обильного развития крупных видов планктонных водорослей были в 1,6 раза выше величин, регистрируемых в весенний период. Доминировали (39 % численности и 91 % биомассы фитопланктона) диатомовые водоросли. Виды *Chaetoceros affinis* и *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* составили около 30 % численности, вид *Pseudosolenia calcar-avis* формировал 58 % численности и 96 % биомассы диатомовых водорослей. На фоне интенсивного развития диатомовых водорослей динофитовые формировали не более 27 % численности и 8 % биомассы фитопланктона Керченского пролива. Основными среди них были мелкоклеточные виды: *Gymnodinium nana*, *Gymnodinium sp.*, *Oxyrrhis marina*, *Prorocentrum micans*. Биомассу формировали *O. marina*, *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella acuminata*, *Gyrodinium sp.* (в сумме 96 % биомассы). На долю крптофитовых водорослей и цианопрокариот (родов *Planktolynghya* и *Anabaena*) в сумме приходилось 30 % общей численности фитопланктона. Эвгленовые были малочисленными (3 %).

В августе 2016 г. обилие фитопланктона было высоко: 719 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 1,922 г \cdot м⁻³. Максимальные величины численности и биомассы (3046 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 4,589 г \cdot м⁻³) планктонных водорослей, на уровне цветения воды, наблюдали в более отдаленных от берега районах, они были обусловлены массовым развитием мезосапробного вида динофитовых *Prorocentrum micans* (272 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 2,960 г \cdot м⁻³) и цианопрокариоты (2411 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,197 г \cdot м⁻³). Надо отметить, что *Prorocentrum micans* зачастую становится причиной «красных приливов» в мелководной северо-западной части Черного моря, а цветение синезеленых водорослей при формировании блокирующего слоя способно спровоцировать гипоксию в прибрежной зоне Азовского моря [Нестерова, 2001; Матишов, Фуштей, 2003]. Минимальные значения количественного развития (34–44 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,109–0,664 г \cdot м⁻³) были зарегистрированы на прибрежных станциях. В целом в исследуемом

районе Керченского пролива доминировали синезеленые водоросли *Planktolyngbya limnetica* и виды рода *Anabaena* (49 и 20 % общей численности). Диатомовые и динофитовые водоросли формировали значительную часть (11 и 12 %) общей численности и основную компоненту (62 и 36 %) биомассы фитопланктона. Заметное развитие среди диатомовых получил вид *Pseudosolenia calcar-avis*: в среднем 5 % общей численности и 60 % биомассы фитопланктона. Также была отмечена вегетация *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia tenuirostris*, *Thalassionema nitzschioides*, рода *Pseudo-nitzschia*; которые в сумме формировали 56 % численности всех диатомовых водорослей. Среди динофитовых численно преобладали виды родов *Gymnodinium*, *Heterocapsa*, *Prorocentrum micans* и *P. minimum* (80 % численности класса). Значительную часть (34 %) биомассы всего фитопланктона формировали клетки *Prorocentrum micans*.

В августе 2019 г. величины количественного развития фитопланктона в акватории Керченского пролива (22 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,302 г \cdot м $^{-3}$) значительно уступали показателям 2016 г. Во всем районе исследования доминировали диатомовые и динофитовые водоросли, в среднем составившие соответственно 57 и 28 % общей численности и 69 и 30 % биомассы фитопланктона. Кокколитофорида, представленная *Emiliania huxleyi*, и криптофитовые водоросли в сумме формировали не более 13 % общей численности. На долю других классов планктонных водорослей приходилось менее 2 % численности и 1 % биомассы. Наиболее высокие величины численности и биомассы были отмечены в нижних исследуемых горизонтах моря: в слое воды 12–30 м (24 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,361 г \cdot м $^{-3}$), тогда как на поверхности обилие водорослей было значительно (в 1,3–2 раза) ниже (18 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,185 г \cdot м $^{-3}$). Максимальную долю в величинах численности (71 %) и биомассы (92 %) в нижних горизонтах моря (30 м) составляли диатомовые водоросли; в более высоких горизонтах моря (0–25 м) их значение снижалось: 52–56 % численности и 64–78 % биомассы. Роль динофитовых водорослей в величинах численности и биомассы (32 % и 35 %) повышалась в среднем слое воды (12–25 м), в нижнем исследуемом слое (30 м) они формировали 17 % численности и 8 % биомассы; на поверхности – соответственно 26 % и 21 % этих величин. Криптофитовые водоросли во всем исследуемом столбе воды формировали 9–12 % общей численности. На поверхности моря было высоко значение примнезиевых – более 8 % общей численности фитопланктона. Обильное развитие среди планктонных диатомовых во всем районе исследований получили следующие виды: *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Pseudosolenia calcar-avis*. Виды *Proboscia alata* и *Thalassionema nitzschioides* развивались на уровне субдоминант, формируя в сумме 6 % численности фитопланктона. Основными видами среди динофитовых были *Prorocentrum*

micans, *P. cordatum*, *Scrippsiella acuminata*, *Pronoctiluca pelagica*, *Katodinium glaucum*, *Torodinium robustum* и представители родов *Ceratium*, *Gymnodinium* и *Gyrodinium*. Основу биомассы фитопланктона формировали крупноклеточные виды диатомовых *P. calcar-avis* и динофитовых водорослей: *Polykrikos kofoidii*, *Protopteridinium divergens*, *Protoceratium reticulatum*, виды рода *Ceratium*, а также доминирующие по численности представители родов *Prorocentrum*, *Gymnodinium* и *Gyrodinium*.

ОСЕНЬ

В сентябре 2011 г. величины численности варьировали в пределах от 14 до 210 тыс. кл. \cdot л⁻¹, а биомассы от 0,035 до 0,243 г \cdot м⁻³ и в среднем составили 77 тыс. кл. \cdot л⁻¹ и 0,093 г \cdot м⁻³. Количественно доминировали цианопрокариоты, криптофитовые и зеленые (50, 13, 19 % общей численности); при этом на их долю приходилось не более 7 % общей биомассы фитопланктона. Наиболее многочисленным среди цианопрокариот был нанопланктонный вид, широко распространенный в акватории Азовского моря – *Planktolyngbya limnetica*; в меньшем количестве развивались *Microcystis aeruginosa*, *Merismopedia punctata*, представители родов *Aphanizomenon* и *Anabaena*. Среди зеленых водорослей преобладали *Binuclearia lauterbornii* и род *Nannochloris*, на уровне субдоминант развивались *Scenedesmus quadricauda*, *Monoraphidium contortum* и *Ankistrodesmus convolutus*. Диатомовые и динофитовые водоросли формировали не более 7 и 10 % величин численности и основную часть (22 и 69 %) биомассы фитопланктона. Среди динофитовых преобладали *Prorocentrum micans*, *P. cordatum*, *P. minimum*, *Gyrodinium fusiforme*, *Ensiculifera carinata*, *Katodinium glaucum*, *Akashiwo sanguinea*, *Polykrikos kofoidii*, *Scrippsiella acuminata* и виды рода *Gymnodinium*. Основу биомассы формировали многочисленные среднеразмерные *Prorocentrum micans*, *Ensiculifera carinata* и редкие крупноклеточные виды рода *Protopteridinium* и *Polykrikos kofoidii*. Основными среди диатомовых водорослей были виды *Cyclotella caspia*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* и *Thalassionema nitzschioides*, на уровне субдоминант развивались *Pseudosolenia calcar-avis* и *Thalassiosira* sp. Среди диатомовых водорослей наибольшее значение по биомассе (58 %) имели крупноклеточный вид *P. calcar-avis* и многочисленный вид *Thalassiosira* sp. Около 40 % биомассы диатомовых водорослей приходилось на *Cyclotella caspia*, *Ditylum brightwellii*, *Thalassionema nitzschioides*, виды родов *Gyrosigma* и *Coscinodiscus*.

Отмечены значительные сезонные и межгодовые изменения показателей таксономического состава и уровня количественного развития планктонных водорослей в исследуемой акватории. Надо отметить, что весной в районе Керченского пролива в период исследований доминировали

мелкие диатомовые водоросли *Skeletonema costatum* и *Cyclotella caspia*. Летом преобладали как мелкие (*Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Cyclotella caspia*, *Thalassionema nitzschioides*), так и крупные диатомовые (*Pseudosolenia calcar-avis*, *Ditylum brightwellii*), относительно мелкие (родов *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Oxyrrhis*, *Prorocentrum*) и крупные динофитовые (родов *Dinophysis*, *Ceratium*, *Polykrikos*, *Protoperidinium*). В осенний период количественно доминировали цианопрокариоты (*Planktolyngbya limnetica*), криптофитовые рода *Plagioselmis* и зеленые водоросли родов *Binuclearia*, *Nannochloris*. Основу биомассы фитопланктона на протяжении всего периода исследований преимущественно формировали крупные виды диатомовых (*Pseudosolenia calcar-avis*) и динофитовых водорослей (родов *Protoperidinium* и *Ceratium*).

Развитие нанопланктонной примнезиевой водоросли *Emiliania huxleyi* в районе Керченского пролива наблюдали в июне 2011, июле 2012 и в мае 2013 гг., когда вид формировал 34–47 % численности. В Черном море в последнее время численность этого вида ежегодно достигает уровня цветения и отмечается тенденция к усилению ее развития, что подтверждают спутниковые наблюдения [Mikaelyan et al., 2006, 2011; Silkin et al., 2009]. Аномальное по интенсивности и продолжительности (май-июль) цветение *E. huxleyi* в Черном море наблюдали в 2012 г. после холодной зимы и интенсивного ветрового перемешивания [Ясакова, Станичный, 2012]. В связи со способностью этого вида регулировать уровень CO₂ в атмосфере и, как следствие, влиять на температурный режим и климатические условия нашей планеты, исследования динамики развития *E. huxleyi* в современный период приобретают особую значимость [Yasakova et al., 2017].

Выводы

1. Средние за период 2009–2019 гг. значения численности и биомассы фитопланктона в районе Керченского пролива составили 140 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,386 г·м⁻³. Эти величины в 2–3 раза превышали результаты исследований (53 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,197 г·м⁻³), проведенных в июне 2009–2012 гг. [Заремба, 2013]. Однако значения биомассы были близки к средним величинам, полученным в южной части Керченского пролива (0,460 г·м⁻³) за более продолжительный (2000–2011 гг.) период исследований [Жугайло и др., 2011].
2. Наибольшие величины численности и биомассы фитопланктона (719 тыс. кл.·л⁻¹ и 1,92 г·м⁻³), на порядок выше, чем в другие периоды исследований (в среднем 68 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,194 г·м⁻³), наблюдали в августе 2016 г., когда наиболее многочисленными были синезеленые и динофитовые водоросли. Основу биомассы в это время формировал крупный

- тропический вид диатомовых водорослей *Pseudosolenia calcar-avis* (60 %) и многочисленный вид динофитовых *Prorocentrum micans* (34 %).
3. В другое время численно доминировали мелкие виды диатомовых, криптофитовых водорослей и динофлагеллят.
 4. Относительно высокие значения биомассы ($0,217-0,418 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$) зарегистрированы в июле 2010, 2012, 2013 гг., они также были связаны с присутствием в планктоне крупноклеточного вида *Pseudosolenia calcar-avis*, формировавшего в летний период до 70–90 % этих величин. Вид получил интенсивное развитие вследствие установления теплой погоды ($t_{\text{воды}} 23-27 \text{ }^\circ\text{C}$). Период интенсивной вегетации этого теплолюбивого вида водорослей в апреле 2009, мае 2013, июне и сентябре 2011 гг. ($t_{\text{воды}} 12-22 \text{ }^\circ\text{C}$) еще не наступил либо уже закончился, что негативно отразилось на величине биомассы, показатели которой были в 3 раза ниже ($0,057-0,093 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ таксономического состава фитопланктона выявил значительные изменения, произошедшие в составе планктонных водорослей СВЧМ за последние 100 лет. Появление некоторых видов напрямую было связано с балластными водами коммерческого судоходства, в то время как большинство из впервые обнаруженных в составе фитопланктона СВЧМ видов, вероятно, мигрировали из других регионов Черного моря (северо-западный район моря), где они давно известны.

Анализ собственных и литературных данных в составе фитопланктона СВЧМ обнаружил 42 вида потенциально токсичных и вредоносных видов водорослей, среди них 36 видов динофитовых, 4 вида диатомовых, 1 вид примнезиевых водорослей и 1 вид циане. Пик развития большинства из них приходится на теплый период года (апрель-сентябрь).

В прибрежных районах СВЧМ зарегистрировано 4 случая «красных приливов», связанных с развитием динофитовых водорослей в условиях значительного прогрева, эвтрофирования и опреснения прибрежных вод водами территориального стока.

Средние многолетние (2007–2020 гг.) величины количественного развития планктонных водорослей в поверхностном слое моря во всем районе исследования составили 211 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,340 г \cdot м $^{-3}$ (табл. 11).

Наибольшие средние за исследуемый период (12 лет) величины численности и биомассы фитопланктона в поверхностном слое моря были отмечены в водах Новороссийской бухты (432 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,655 г \cdot м $^{-3}$). При этом в открытом районе бухты (469 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,632 г \cdot м $^{-3}$) и в порту Новороссийск (394 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,678 г \cdot м $^{-3}$) отмечены близкие количественные величины. Здесь же были зафиксированы наиболее высокие среднемноголетние концентрации соединений азота (N-NH $_4$) и фосфора (P-PO $_4$) во всем районе исследования (табл. 11).

В районе КП и на открытом шельфе СВЧМ обилие фитопланктона на поверхности моря (137 и 196 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$; 0,369 и 0,221 г \cdot м $^{-3}$) было в 1,8–3 раза ниже. Среднемноголетнее содержание фосфатов (P-PO $_4$) и иона аммония (N-NH $_4$) здесь было в 2–3 раза ниже, чем в акватории Новороссийской бухты.

Минимальное развитие фитопланктона в поверхностном слое воды отмечено в районе Абхазии (79 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,113 г \cdot м $^{-3}$).

Широко распространенный в акватории Черного моря представитель примнезиевых водорослей *Emiliania huxleyi* составлял от 50 % в открытом районе Новороссийской бухты до 68 % численности фитопланктона на открытом шельфе моря. Тогда как в акватории порта его доля не превышала 8 %. Результаты недавно проведенных исследований показали, что этот вид водорослей избегает акватории, загрязненные мочевиной [Yasakova et al., 2017]. Диатомовые водоросли наиболее многочисленными были в порту (60 %) и в бухте (39 %), в акватории открытого моря их доля снизилась до 15 %. Динофлагелляты формировали от 3 % (бухта) до 11 и 14 % в других исследуемых районах моря. В акватории порта, как наиболее эвтрофном исследуемом районе моря, обильно развивались мелкие виды криптоноад, эвгленовых, цианей и флагеллят (в сумме до 18 %).

Таблица 11. С Средние многолетние значения стандартных гидрохимических параметров, концентрации биогенных элементов, численности и биомассы фитопланктона в исследуемых районах СВЧМ [Качество морских вод... 2008–2020]; * – [Yasakova et al., 2017]

Table 11. Long-term average values of standard hydrochemical parameters, concentrations of biogenic elements, abundance and biomass of phytoplankton in the studied areas of the NEBS [Sea water quality... 2008–2020]; * – [Yasakova et al., 2017]

Наименование показателя / Год исследования // Research Area / Study period	КП / KS, 2012–2019	NEBS, 2007–2019	НБ / NB 2007–2018	Абхазия / Abkhazia, 2011–2020	Среднее / Average
рН	7,90	8,31	8,32	–	8,18
Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³	8,80	8,86	8,86	–	8,84
Соленость, ‰	14,19	18,04	16,59	–	16,27
Аммоний ион (N-NH ₄), мкг/дм ³	19,00	20,63	63,15	–	34,26
Нитриты (N-NO ₂), мкг/дм ³	3,60	0,51	2,38	–	2,16
Нитраты (N-NO ₃), мкг/дм ³	118,60	10,28	40,88*	–	56,59
Фосфаты (P-PO ₄), мкг/дм ³	7,00	6,76	18,77	–	10,84
Кремний, мкг/дм ³	283	261	276	–	273
СПАВ, мкг/дм ³	10,40	8,76	8,13	–	9,10
НУ, мг/дм ³	0,037	0,018	0,020	–	0,025
Численность в верхнем горизонте моря, тыс. кл.·л ⁻¹	137	196	432	79	211
Биомасса в верхнем горизонте моря, г·м ⁻³	0,369	0,221	0,655	0,113	0,340

Примечание: СВЧМ – северо-восточная часть Черного моря, КП – Керченский пролив, НБ – Новороссийская бухта, «–» – нет данных.

Note: NEBS – northeastern Black Sea, KS – Kerch Strait, NB – Novorossiysk Bay, “–” – no data.

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- АВ – антициклонический вихрь
ВКС – верхний квазиоднородный слой
ДС – деятельный слой моря
ИО РАН – Институт океанологии Российской академии наук
КТ – Кавказское течение
КЦТ – Кольцевое циклоническое течение
НБ – Новороссийская бухта
НП – нефтепродукты
НУ – нефтеуглеводороды
ОВ – органические вещества
ОЧТ – Основное Черноморское течение
ПАВ – поверхностно-активные вещества
ПДК – предельно допустимая концентрация
ПЗК – прибрежная зона конвергенции
р. – род
РОВ – растворенное органическое вещество
Cs – коэффициент Серенсена – Чекановского, Дайса
СВЗ – сероводородная зона
СВЧМ – северо-восточная часть Черного моря
СЗЧМ – северо-западная часть Черного моря
СПАВ – синтетические поверхностно-активные вещества
СТК – сезонный термоклин
ТК – термоклин
ТМ – тяжелые металлы
ФГУАМПН – Федеральное государственное управление «Администрация морского порта Новороссийск»
ХПС – холодный промежуточный слой

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александров Б.Г., Берлинский Н.А., Богатова Ю.И.* Экологический мониторинг акватории Одесского порта в рамках международного проекта «Глобалласт» // Экологические проблемы Черного моря: тр. междунар. науч. практ. конф. Одесса, 2001. С. 3–8.
- Александров Б.Г.* Проблема переноса водных организмов с помощью судов и некоторые подходы к оценке риска новых инвазий // Морской экологический журнал. 2004. Т. 3. № 1. С. 5–16.
- Афанасьев Д.Ф., Цыбульский И.Е., Барабашин Т.О., Белова Л.В., Налетова Л.Ю., Бычкова М.В., Корпакова И.Г.* Прибрежные биоценозы полуострова Абрау Черного моря в 2010–2012 гг. // Вопросы рыболовства. 2013. Т. 14. № 4(56). С. 736–743.
- 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.
- Брянцева Ю.В., Силаков М.И., Слипецкий Д.Я., Данилова О.Н.* Состояние фитопланктонного сообщества в районе Керченского пролива в августе 2009 года // Современные проблемы экологии Азово-Черноморского региона: материалы V Междунар. конф. (Керчь, 8–9 октября 2009 г.). Керчь: ЮгНИРО, 2010. С. 26–32.
- Брянцев В.А., Брянцева Ю.В.* Соотношение биомассы фито- и зоопланктона как критерий оценки состояния черноморской экосистемы // Риб. господарство України. 2003. Т. 24. № 1. С. 37–39.
- Вершинин А.О., Моручков А.А.* Потенциально нетоксичные водоросли прибрежного фитопланктона Северо-Восточной части Черного моря // Экология моря. 2003. № 64. С. 45–50.
- Вершинин А.О., Морчуков А.А., Суханова И.Н., Паньков С.Л., Мотон С.Л., Рамсдел Дж.С.* Сезонные изменения фитопланктона в районе мыса Большой Утриш Северо-Кавказского берега Черного моря в 2001–2002 гг. // Океанология. 2004. Т. 44. № 3. С. 399–406.
- Вершинин А.О., Моручков А.А., Лифилд Т., Суханова И.Н., Паньков С.А., Мортан С.Л., Рамсдел Дж.С.* Потенциально токсичные водоросли в составе прибрежного фитопланктона северо-восточной части Черного моря в 2001–2002 гг. // Океанология. 2005. Т. 45. № 2. С. 267–275.
- Вершинин А.О., Орлова Т.Ю.* Токсичные и вредные водоросли в прибрежных водах России // Океанология. 2008. Т. 48. № 4. С. 568–582.

- Водяницкий В.А. Справочник по Новороссийской бухте. Новороссийск: НБС, 1936. 128 с.
- Георгиева Л.В. Фитопланктон. Видовой состав и динамика фитоценоза // Планктон Черного моря. Киев: Наукова думка, 1993. С. 31–55.
- Горайнова Л.И., Луговая И.М., Студиград Н.П. Современное состояние прибрежных планктонных сообществ северо-восточного побережья Черного моря // Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки: тез. Третьей междунар. конференции (г. Владивосток, 8–10 сентября 2008 г.). Владивосток: Изд-во Госкомрыболовства России, ФГУП «ТИНРО-Центр», ФГУП «ВНИРО», 2008. С. 43–44.
- Горайнова Л.И., Литвин А.Ю., Луговая И.М., Студиград Н.П. Развитие основных компонентов летнего пелагического сообщества северо-восточного побережья Черного моря // Состояние экосистемы шельфовой зоны Черного и Азовского морей в условиях антропогенного воздействия. Краснодар: КубГУ, 2011. С. 27–37.
- Гицба Я.В., Эмба Я.А. Гидродинамические процессы в абхазской акватории Черного моря [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2015. № 4. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2015/3478>
- Гицба Я.В., Эмба Я.А. Динамика гидрофизических параметров абхазской акватории Черного моря // Проблемы экоинформатики: материалы одиннадцатого международного симпозиума / МНТОРЭС им. А.С. Попова. М., 2014. С. 76–80.
- Жугайло С.С., Себах Л.К., Боровская Р.В. Гидрохимическая характеристика качества вод Керченского пролива в современных условиях // Системы контроля окружающей среды: сб. науч. тр. Севастополь, 2011. Вып. 15. С. 197–202.
- Жукова С.В., Шишкин В.М., Куропаткин А.П., Лутынская Л.А., Фоменко И.Ф., Подмарева Т.И. Пространственно-временная изменчивость факторов гидрометеорологического режима северо-восточной части Черного моря в 2007 году // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. Сборник научных трудов (2006–2007 гг). Ростов н/Д.: ООО «Диапазон», 2008. С. 76–85.
- Заремба Н.Б. Изменение фитопланктонного сообщества в южной части Керченского пролива в осенний период 2003–2008 гг. // Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и мировом океане. Труды ЮГНИРО. 2011. Т. 49. С. 72–79.
- Заремба Н.Б. Фитопланктонное сообщество южной части Керченского пролива в поздневесенний период 2009–2012 годов // Труды ЮГНИРО. 2013. Т. 51. С. 40–43.
- Зацепин А.Г., Баранов В.И., Кондрашов А.А., Корж А.О., Кременский В.В., Островский А.Г., Соловьев Д.М. Субмезомасштабные вихри на кавказском шельфе Черного моря и порождающие их механизмы // Океанология. 2011. Т. 51. № 4. С. 592–605.
- Зацепин А.Г., Пиотух В.Б., Баранов В.И., Корж А.О., Куклева О.Н., Соловьев Д.М. Изменчивость поля течений в прибрежной зоне Черного моря по измерениям донной станции ADCP // Океанология. 2012. Т. 52. № 5. С. 629–642.

- Зацепин А.Г., Куклев С.Б.* Некоторые результаты комплексной прибрежной экспедиции «Черное море-2017» на МНИС «Ашамба» / ИО РАН. М.: Научный мир, 2018. 172 с.
- Звягинцев А.Ю., Кашин И.А., Орлова Т.Ю., Селина М.С., Касьян В.В., Корн О.М., Корниенко Е.С., Куликова В.А., Безвербная И.П., Зверева Л.В., Радашевский В.И., Белозурова Л.С., Бегун А.А., Городков А.Н.* Население балластных вод судов в порту Владивосток // Биол. моря. 2009. Т. 35. № 1. С. 29–40.
- Зернова В.В., Незлин Н.П.* Сезонные изменения фитоцена северо-восточной части Черного моря в 1978 г. // Сезонные изменения черноморского планктона. М.: Наука, 1983. С. 12–34.
- Инжебейкин Ю.И.* Мелкомасштабная изменчивость термохалинной структуры верхнего перемешанного слоя северо-восточной части Черного моря // Вестник Южного научного центра. 2015. Т. 11(2). С. 45–52.
- Инжебейкин Ю.И.* Особенности формирования вертикальной структуры вод на северо-восточном шельфе Черного моря весной и летом 2007 г. // Наука Юга России. 2018. Т. 14. № 1. С. 71–80.
- Кабанова Ю.Г.* О культивировании в лабораторных условиях морских планктонных диатомовых и перидиниевых водорослей // Методика и аппаратура для океанографических исследований / АН СССР. М.: Труды Ин-та океанологии, 1961. Т. XLVII. С. 203–215.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям: Ежегодник 2007–2019 / А.Н. Коршенко [и др.]. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2008–2020.
- Киселев Н.А.* Панцирные жгутиконосцы. М.; Л.: АН СССР, 1950. 280 с.
- Ковалева Г.В.* Фитопланктон Азовского моря и прилегающих водоемов // Азовское море в конце XX – начале XXI веков: геоморфология, осадконакопление, пелагические сообщества. Апатиты: КНЦ РАН, 2008. Т. X. С. 134–223.
- Кольцова Т.Н., Лихачева Н.Е., Федоров В.Д.* О количественной обработке проб фитопланктона // Биол. науки. 1979. № 6. С. 96–100.
- Кольцова Т.Н.* Определение объема и поверхности клеток фитопланктона // Биол. науки. 1970. № 6. С. 114–119.
- Коновалова Т.В.* Динофлагелляты дальневосточных морей России и прилегающих вод Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 1988. 299 с.
- Коновалова Т.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А.* Атлас фитопланктона Японского моря. Л.: Наука, 1989. 160 с.
- Корпакова И.Г., Цыбульский И.Е., Афанасьев Д.Ф., Барабашин Т.О., Белова Л.В., Налетова Л.Ю., Бычкова М.В., Виноградов А.Ю., Чередников С.Ю.* Биоценозы прибрежной зоны шельфа северо-восточной части Черного моря // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сборник научных трудов АзНИИРХ (2012–2013 гг.). Ростов н/Д., 2014. С. 109–129.
- Косинская Е.К.* Определитель морских синезеленых водорослей. Л.: АН СССР, 1948. 279 с.

- Кривошея В.Г., Якубенко В.Г., Москаленко Л.В., Скирта А.Ю., Кузнецова Н.И.* Изменчивость структуры и циркуляции вод по данным многолетнего мониторинга на стандартном 100-мильном разрезе «Геленджик – центр моря» // Комплексные исследования Черного моря. М.: Научный мир, 2011. С. 36–55.
- Кривошея В.Г., Москаленко Л.В., Мельников В.А., Скирта А.Ю.* Влияние изменчивости ветрового режима и термических условий на структуру и динамику вод северо-восточной части Черного моря // *Океанология*. 2012. Т. 52. № 4. С. 484–497.
- Курилов А.В.* Особенности развития планктонных инфузорий в причерноморских лиманах различного типа // *Экология моря*. 2003. Вып. 64. С. 7–12.
- Лифанчук А.В.* Эколого-физиологические характеристики доминирующих видов фитопланктона северо-восточной части Черного моря: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08. Геленджик, 2017. 156 с.: ил.
- Лифанчук А.В., Федоров А.В.* Смена экологических стратегий в фитопланктонном сообществе северо-восточной части Черного моря в течение годового цикла [Электронный ресурс] // *Экология гидросферы*. 2018. № 1(2). URL: <http://hydrosphere-ecology.ru/99>
- Лоция Азовского моря. 6-е изд. Л.: Изд. и тип. Гидрографич. упр., 1932. 155 с., включ. тит. л., 20 вкл. л. ил., крас. карт.: черт [Электронный ресурс] // URL: <https://elib.rgo.ru/handle/123456789/231731>
- Лоция Черного моря. Управление начальника гидрографической службы военно-морского флота. Л., 1958. 447 с.
- 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.
- Матишов Г.Г., Фуштей Т.В.* К проблеме вредоносных «цветений воды» в Азовском море [Электронный ресурс] // *Электр. журн. «Исследовано в России»*. 2003. С. 213–225. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/022.pdf>
- Матишов Г.Г., Иванов В.А.* и др. Совместные комплексные исследования Азовского моря и Керченского пролива // *Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Черном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования: сборник статей*. Ростов н/Д., 2012. С. 9–17.
- Матишов Г.Г., Инжебейкин Ю.И., Савицкий Р.М.* Воздействие на среду и биоту аварийного разлива нефтепродуктов в Керченском проливе в ноябре 2007 г. // *Водные ресурсы*. 2013. Т. 40. № 3. С. 259–273.
- Матишов Г.Г., Селифонова Ж.П.* Опыт контроля балластных вод коммерческих судов в порту Новороссийск // *Вестник Южного научного центра*. 2006. Т. 2. № 3. С. 62–66.
- Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В.* Оценка современного состояния экосистемы Черного моря (Республика Абхазия) // *Доклады Академии наук*. 2014. Т. 454. № 6. С. 715–719.

- Мельников В.А., Зацепин А.Г., Костяной А.Г. Гидрофизический полигон на Черном море // Труды Государственного океанографического института. Исследования океанов и морей. М., 2011. Вып. 213. С. 264–278.
- Микаэлян А.С., Силкин В.А., Паутова Л.А. Развитие популяции кокколитофорид в Черном море: межгодовые и многолетние изменения // Океанология. 2011. Т. 51. № 1. С. 45–53.
- Микаэлян А.С. Временная динамика фитопланктона глубоководного бассейна Черного моря: автореф. дис. ... докт. биол. наук / ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН. М., 2018. 51 с.
- Мингазова Н.М., Дбар Р.С., Иванова В.М., Мингазова Д.Ю., Галиуллина А.А., Унковская Е.Н., Пустоварова О.В., Павлова Л.Р., Палагушкина О.В., Деревенская О.Ю., Назаров Н.Г., Мингалиев Р.Р., Замалетдинов Р.И. Состояние устьевых участков рек Республики Абхазия и их влияние на побережье Черного моря // Морской биологический журнал. 2016. Т. 1. № 4. С. 30–39.
- Михайловская З.Н. Систематический состав и экология синезеленых водорослей // Тр. Новоросс. биолог. ст. им В.М. Арнольди. Ростов н/Д., 1936а. Т. II. В 1: 24–36.
- Михайловская З.Н. Фитопланктон Новороссийского залива и его вертикальное распределение // Тр. Новоросс. биолог. ст. им В.М. Арнольди. Ростов н/Д., 1936б. Т. II. В 1: 37–54.
- Москаленко Л.В., Мельников В.А., Кузнецова Н.И. Климатическая изменчивость ветрового режима в северо-восточной части Черного моря и оценка корреляции динамических и термических факторов // Комплексные исследования Черного моря. М.: Научный мир, 2011. С. 12–35.
- Морозова-Водяницкая Н.В. Фитопланктон Черного моря: Часть 1 // Тр. Севастопольской биологической станции. М.: Изд-во АН СССР, 1948. Т. VI. С. 39–72.
- Морозова-Водяницкая Н.В. Фитопланктон в Черном море и его количественное развитие // Тр. Севастопольской биологической станции. М.: Изд-во АН СССР, 1957. Т. 9. С. 3–13.
- Незлин Н.П., Зернова В.В. Видовой состав фитопланктона северо-восточной части Черного моря и характеристика численности его отдельных представителей // Сезонные изменения планктона Черного моря. М.: Наука, 1983. С. 6–12.
- Нестерова Д.А. Развитие перидиней *Extviaella cordata* и феномен «красного прилива» в северо-западной части Черного моря // Биол. моря. 1979. № 5. С. 24–29.
- Нестерова Д.А. «Цветение» воды в северо-западной части Черного моря (обзор) // Альгология. 2001. Т. 11. № 4. С. 502–513.
- Николаев В.П. Оптическая структура вод Черного моря вблизи Кавказского побережья // Комплексные исследования техногенного загрязнения в прибрежной зоне кавказского шельфа Черного моря. Геленджик: ГП НИПИОкеангеофизика, 1994. С. 85–99.
- Овчинников И.М., Титов В.Б., Кривошея В.Г., Прокопов О.И., Удодов А.И., Савин М.Т. Циркуляция вод в Геленджикской и Цемесской бухтах и особенности водообмена

- с морем // Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения при-
кавказской зоны Черного моря. М.: Недра, 1996. С. 189–202.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Синезеленые водоросли / под ред.:
М.М. Голлербаха, Е.К. Косинской, В.И. Полянского. М.: Советская наука, 1953. Вып. 2.
624 с.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Зеленые водоросли / под ред.: Н.Т. Деду-
сенко-Щеголева, А.М. Матвиенко, Л.А. Шкорбатова. М.: Советская наука, 1959.
Вып. 8. 222 с.
- Паутова Л.А., Силкин В.А., Абакумов А.И., Лифанчук А.В. Структурно-функциональ-
ная организация фитопланктонного сообщества северо-восточной части Черного
моря // Состояние экосистемы шельфовой зоны Черного и Азовского морей в усло-
виях антропогенного воздействия. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2011. С. 118–130.
- Паутова Л.А., Силкин В.А., Микаэлян А.С., Лукашева Т.А. *Chaetoceros thronsenii*
(Bacillariophyta) – новый для Черного моря вид: рост в природных и эксперимен-
тальных условиях // Альгология. 2012. Т. 22. № 2. С. 139–151.
- Паутова Л.А., Силкин В.А., Лифанчук А.В. Новый для черного моря вид *Chaetoceros*
minimus (Bacillariophyta): природные наблюдения и экспериментальные исследо-
вания // Альгология. 2013. Т. 23. № 2. С. 202–216.
- Планктон Черного моря / ред.: А.В. Ковалев, З.З. Финенко. Киев: Наукова думка, 1993. 280 с.
- Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Азовского моря. М.; Л.: Изд-
во АН СССР, 1955. 193 с.
- Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. М.; Л.: Изд-
во АН СССР, 1963. 216 с.
- Радченко И.Г., Капков В.И., Федоров В.Д. Практическое руководство по сбору и анализу
проб морского фитопланктона. М.: Изд-во МГУ, 2010. 60 с.
- Ремизова Н.П., Теюбова В.Ф. Состав и структура планктонных сообществ в прибрежной
зоне Таманского полуострова (Керченский пролив, сентябрь, 2018) // Океанологи-
ческие исследования. 2021. Т. 49. № 1. С. 37–52.
- Розанов А.Г., Гурский Ю.Н. Геохимические особенности осадков северо-восточной части
Черного моря // Океанология. 2016. Т. 56. № 6. С. 919–934.
- Руководство по методам биологического анализа морских вод и донных отложений. Л.:
Гидрометеиздат, 1980. 186 с.
- Рябушко Л.И. Атлас токсичных микроводорослей Черного и Азовского морей.
Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. 140 с.
- Сапожников В.В., Ткаченко Ю.Ю., Денисов В.И. Механизм образования и развития апвел-
линга в северо-восточной части Черного моря (район Анапа – Новороссийск) // Географические исследования Краснодарского края: сборник научных трудов /
отв. ред. А.В. Погорелов. Краснодар, 2007. С. 136–146.
- Сафронова Л.М., Мартынюк М.Л., Фроленко Л.Н., Афанасьев Д.Ф., Мирзоян З.А. Оцен-
ка развития биологических сообществ в северо-восточной части Черного моря

- и трофическая обеспеченность промысловых рыб в современный период // Вопросы сохранения биоразнообразия водных объектов: материалы международной научной конференции (Ростов-на-Дону, 27 ноября 2015 года). Ростов н/Д.: Изд-во ФГБНУ «АзНИИРХ», 2015. С. 283–289.
- Сафронова Л.М., Налетова Л.Ю. Фитопланктон прибрежной зоны северо-восточной части Черного моря // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: материалы IX Международной научно-практической конференции (Керчь, Крым, 06 октября 2017 года). Керчь: Керченский филиал («ЮгНИРО») ФГБНУ «АзНИИРХ», 2017. С. 120–123.
- Сеничева М.И. Новые и редкие для Черного моря виды диатомовых и динофитовых водорослей // Экология моря. 2002. Вып. 62. С. 25–29.
- Сеничкина Л.Г. К методике вычисления объемов клеток планктонных водорослей // Гидробиологический журнал. 1978. Т. 14. Вып. 5. С. 102–106.
- Сеничкина Л.Г. Фитопланктон чистых и загрязненных хозяйственно-бытовыми стоками вод в районе Ялты // Биология моря. 1973. Вып. 28. С. 135–150.
- Сеничкина Л.Г., Алтухов Д.А., Кузьменко Л.В., Георгиева Л.В., Ковалева Т.М., Сеничева М.И. Видовое разнообразие черноморского фитопланктона у юго-восточного побережья Крыма // Сб. науч. трудов, посвященных 85-летию Карадагской науч. станции. Симферополь: Сонат, 2001. С. 119–125.
- Силкин В.А., Паутова Л.А., Микаэлян А.С. Рост кокколитофориды *Emiliania huxleyi* (Lohm.) Nau et Mohl. в северо-восточной части Черного моря, лимитированный концентрацией фосфора // Альгология. 2009. Т. 19. № 2. С. 135–144.
- Силкин В.А., Абакумов А.И., Паутова Л.А., Микаэлян А.С., Часовников В.К., Лукашева Т.А. Существование черноморских и чужеродных видов в фитопланктоне северо-восточной части Черного моря. Анализ гипотез вселения // Российский журнал биологических инвазий. 2011а. № 3. С. 24–35.
- Силкин В.А., Прокопов О.И., Паутова Л.А., Микаэлян А.С., Часовников В.К., Лукашева Т.А. Климатические изменения и факторы, лимитирующие развитие фитопланктона // Комплексные исследования Черного моря. М.: Научный мир, 2011б. С. 269–285.
- Силкин В.А., Абакумов А.И., Паутова Л.А. Математическая модель структуры фитопланктонного сообщества северо-восточной части Черного моря // Наука Кубани. 2011в. С. 35–39.
- Силкин В.А., Абакумов А.И., Паутова Л.А. Моделирование структуры фитопланктонного сообщества прибрежных экосистем Черного моря // Геосистемы: факторы развития, рациональное природопользование, методы управления: сб. научных статей по материалам II Межд. научно-практической конф., посвящ. 15-летию со дня основания филиала РГТМУ в г. Туапсе. Краснодар, 2011г. С. 412–413.
- Силкин В.А., Паутова Л.А., Лифанчук А.В. Физиологические механизмы регуляции структуры морских фитопланктонных сообществ // Физиология растений. 2013. Т. 60. № 4. С. 574–581.

- Силкин В.А., Паутова Л.А., Лифанчук А.В., Федоров А.В. Морфофизиологические стратегии фитопланктонных сообществ [Электронный ресурс] // Вопросы современной альгологии. 2015. Т. 8. № 1. URL: <http://algology.ru/651>
- Сорокин Ю.И. Черное море. М.: Наука АН СССР, 1982. 217 с.
- Сорокин Ю.И. К методике концентрирования фитопланктона // Гидробиол. журнал. 1979. № 2. С. 71–76.
- Сорокин Ю.И., Сорокина О.В. Накопление лабильных сульфидов в верхнем слое донных осадков как главный фактор деградации экосистемы морского шельфа, испытывающего антропогенное загрязнение // Современные проблемы морской инженерной экологии, изыскания, ОВОС, социально-экономические аспекты): материалы межд. научн. конф. (г. Ростов-на-Дону, 9–11 июня 2008 г.). Ростов н/Д.: ЮНЦ РАН, 2008. С. 237–239.
- Станичный С.В. Пресс-служба ИТЦ «СКАНЭКС». 2012 [Электронный ресурс] // URL: http://press.scanex.ru/index.php/news/item/2391-cvetenie_chernoemore
- Суханова И.Н. Концентрирование фитопланктона в пробе // Современные методы количественной оценки распределения морского планктона. М.: Наука, 1983. С. 97–105.
- Суханова И.Н., Беляева Т.С. Видовой состав, распределение и суточные изменения фитопланктона Черного моря в октябре 1978 г. // Экосистемы пелагиали Черного моря. М.: Наука, 1980. С. 65–91.
- Суханова И.Н., Погосян С.И., Вшивцев В.С. Временные изменения структуры популяции массовых видов весеннего цветения // Изменчивость экосистемы Черного моря: естественные и антропогенные факторы. М.: Наука, 1980. С. 117–127.
- Суханова И.Н., Георгиева Л.В., Микаэлян А.С., Сергеева О.М. Фитопланктон открытых вод Черного моря в поздневесенний период // Состояние экосистемы Черного моря. М.: Наука, 1987. С. 86–97.
- Суханова И.Н., Чебан Ю. Гетеротрофный фитопланктон Черного моря в ранневесенний период развития фитоценозов // Океанология. 1991а. С. 724–792.
- Суханова И.Н., Микаэлян А.С., Георгиева Л.В. Пространственное распределение и временные изменения черноморского фитопланктона в период весеннего «цветения» (март-апрель, 1988) // Исследования фитопланктона в системе мониторинга Балтийского моря и других морей СССР. М.: Наука, 1991б. С. 135–151.
- Суханова И.Н. Феномен массового развития кокколитофорид в позднеосенний период в Черном море // Докл. АН СССР. 1995. Т. 340. С. 256–259.
- Теренько Л.М., Теренько Г.В. Редкий и интересный вид *Thalassiothrix mediterranea* Pavill. (Bacillariophyta) в Черном море // Альгология. 2001. Т. 11. № 3. С. 398–402.
- Теренько Л.М. Трофическая структура динофлагеллят в прибрежной зоне Черного моря // Проблемы литодинамики и экосистем Азовского моря и Керченского пролива: тез. докл. Интерн. конф. Ростов н/Д.: ГНЦ РАН, 2004. С. 92–94.

- Теренько Л.М. Новые виды динофлагеллят (Dinoflagellate) из Одесской бухты Черного моря // Океанологические и гидробиологические исследования. 2005а. № 34(3). С. 205–216.
- Теренько Л.М. Новые для Черного моря виды Dinophyta // Альгология. 2005б. Т. 15. № 2. С. 236–245.
- Теренко Л.М. Видовой состав и распространение динофитовых водорослей (Dinophyta) Черного моря // Альгология. 2007. Т. 17. С. 53–70.
- Троценко Б.Г., Жугайло С.С., Себах Л.К., Евченко О.В., Заремба Н.Б., Загайный Н.А. Оценка влияния изменчивости гидрологических, гидрохимических и гидробиологических параметров на биопродуктивность Керченского пролива // ТРУДЫ ЮГНИРО. 2012. Т. 50. С. 86–97.
- Титов В.Б., Часовников В.К. Режим течений и циркуляция вод Черного моря // Комплексные исследования Черного моря. М.: Научный мир, 2011. С. 137–156.
- Часовников В.К., Ясакова О.Н., Бердников В.С. Параметры гидрохимического режима и состояние фитопланктона в акватории Новороссийского порта (Черное море) в 2009 г. // Современное состояние и методы изучения экосистем внутренних водоемов: сборник материалов I Всероссийской научной конференции (г. Петропавловск-Камчатский, ФГБНУ «КамчатНИРО», 7–9 октября 2015 г.). Петропавловск-Камчатский, 2015. С. 143–150.
- Черникова Г.Г. Фитопланктон Керченского пролива // Проблемы литодинамики и экосистем Азовского моря и Керченского пролива: тезисы докладов Междунар. научно-практической конф. Ростов н/Д., 2004. С. 104–105.
- Фёдоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: МГУ, 1979. С. 106–108.
- Флинт М.В., Поярко С.Г. Комплексные исследования экосистемы Черного моря (100-й рейс научно-исследовательского судна «Профессор Штокман») // Океанология. 2010. Т. 50. № 2. С. 312–315.
- Цыбань А.В. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1980. С. 91–99.
- Экба Я.А., Дбар Р.С. Экологическая климатология и природные ландшафты Абхазии. Сочи: Папирус-М-Дизайн, 2007. 324 с.
- Экба Я.А., Дбар Р.С., Гицба Я.В. Ветровое волнение и абразия черноморского побережья Абхазии // Морские берега – эволюция. Экология, экономика: материалы XXIV Международной береговой конференции. Туапсе, 2012. Т. 2. С. 113–123.
- Юнев О.А., Шульман Е.Г., Юнева Т.В., Мончева С. Соотношение запасов мелких пелагических рыб и биомассы фитопланктона как индикатор состояния экосистемы пелагиали Черного моря // ДАН. 2009. Т. 428. № 3. С. 26–429.
- Якубенко В.Г., Востоков С.В., Силкин В.А., Паутова Л.А., Востокова А.С. Гидрофизические условия формирования цветения кокколитофорид в водах Абхазского сектора се-

- веро-восточной части Черного моря в марте 2011 г. [Электронный ресурс] // Экология гидросферы. 2018. № 1(2). URL: <http://hydrosphere-ecology.ru/106>
- Якубенко В.Г., Востоков С.В., Силкин В.А., Паутова Л.А., Востокова А.С. Гидрофизические факторы формирования интенсивного «цветения» кокколитофориды *Emiliana huxleyi* в Абхазском секторе Черного моря в конце мая 2013 г. // Экология гидросферы. 2019. № 1(3) С. 52–67.
- Ясакова О.Н., Бердников В.С. Необычное цветение воды в результате развития динофитовой водоросли *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Balech. в акватории Новороссийской бухты Черного моря в марте 2008 года // Морской экологический журнал. 2008. Т. 7. № 4. С. 98.
- Ясакова О.Н., Бердников В.С. Мониторинг «красных приливов» в Черном море // Земля из космоса. Наиболее эффективные решения. 2009. Вып. 3. С. 12–14.
- Ясакова О.Н., Бердников В.С. Цветение воды в Черном море в 2012 г. // Земля из космоса. Наиболее эффективные решения. 2012. Вып. 14. С. 36–39.
- 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.
- Ясакова О.Н., Станичный С.В. Аномальное цветение *Emiliana huxleyi* (Prymnesiophyceae) в 2012 году в Черном море // Морской экологический журнал. Севастополь, 2012. Т. XI (4). С. 54.
- Ясакова О.Н., Макаревич П.Р. Фитопланктон северо-восточной части Черного моря. Ростов н/Д.: ЮНЦ РАН, 2017. 176 с.
- Ясакова О.Н., Лужняк О. Еще один случай «красного прилива», обнаруженный в порту г. Новороссийска (Черное море) // Современные методы и средства океанологических исследований: XVII Международная научно-техническая конференция (МСОИ-2021). Т. II. М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2021. С. 187–190.
- Ясакова О.Н. Современное состояние фитопланктона в бухтах городов Анапы и Геленджика, Черное море // Вестник Южного научного центра. 2014. Т. 10. № 1. С. 35–49.
- Ясакова О.Н. Обнаружение новых видов фитопланктона в северо-восточной части Черного моря // Актуальные проблемы планктонологии: тезисы докладов II Международной конференции (Светлогорск, Калининградская область, 14–18 сентября 2015 г.). Калининград, 2015. С. 104–105.
- Ясакова О.Н. Развитие фитопланктона в порту Новороссийск и за его пределами в 2013 году // Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем (САМЭС). Экология. Экономика. Информатика. Сборник статей. Т. 1. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. С. 693–700.
- Ясакова О.Н. Развитие фитопланктона в порту Новороссийск и за его пределами в 2015 г. // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление: сборник материалов Всероссийской научной конференции с международ-

ным участием, посвященной 85-летию Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (3–6 октября 2017 г., Петропавловск-Камчатский). Петропавловск-Камчатский, 2017. С. 254–260.

Ясакова О.Н. Развитие фитопланктона в порту Новороссийск и за его пределами в 2014 году // Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем (САМЭС). Экология. Экономика. Информатика. Сборник статей. Т. 2. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. С. 129–134.

Ясакова О.Н. Состояние планктонного альгоценоза северо-восточного шельфа Черного моря в период 2015–2019 гг. // Наука Юга России. 2020. Т. 16. № 4. С. 39–50.

Ясакова О.Н. Развитие фитопланктона в порту Новороссийск и за его пределами в 2018 г. // Экология. Экономика. Информатика. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Ростов н/Д.: ЮНЦ РАН, 2021. Вып. 6. С. 201–205.

Ясакова О.Н. Состояние сообщества фитопланктона в северо-восточной части Черного моря (2011–2020 гг.) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2022. № 1. С. 82–103. DOI: 10.22449/2413-5577-2022-1-82-103

Ясакова О.Н., Часовников В.К. Влияние гидрохимического режима на развитие фитопланктона в акватории Новороссийского порта (Черное море) в 2007 г. // Морской экологический журнал. Севастополь, 2014. Т. XIII. № 2. С. 90–101.

Ясакова О.Н., Часовников В.К. Гидрохимический режим вод и состояние фитопланктона в порту Новороссийск и за его пределами в 2010 году // Материалы конференции МСОИ-2017 (16–18 мая 2017 г.). М.: ИО им. П.П. Ширшова РАН, 2017. С. 310–314.

Ясакова О.Н., Часовников В.К. Гидрохимический режим вод и состояние фитопланктонного сообщества в порту Новороссийск и за его пределами в 2017 году // Материалы конференции МСОИ. М.: ИО им. П.П. Ширшова, 2019. Т. 2. С. 254–258.

Dodge J.D. Marine Dinoflagellates of the British Isles. London: H. M. S. O., 1982. 301 p. AlgaeBase 2016 [Electronic resource] // Guiry M.D., Guiry G.M. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org>

Burenkov V.I., Kopelevich O.V. et al. Possible causes of the increased content of suspended particles in the North-Eastern part of the Black Sea in June // Oceanology. 2006. Vol. 45. Suppl. 1. P. 39–50.

Cokacar T., Kubilay N., Oguz T. Structure of *Emiliana huxleyi* blooms in the Black Sea surface waters as detected by SeaWiFS imagery // Geophysical Research Letters. 2001. Vol. 28. P. 4607–4610.

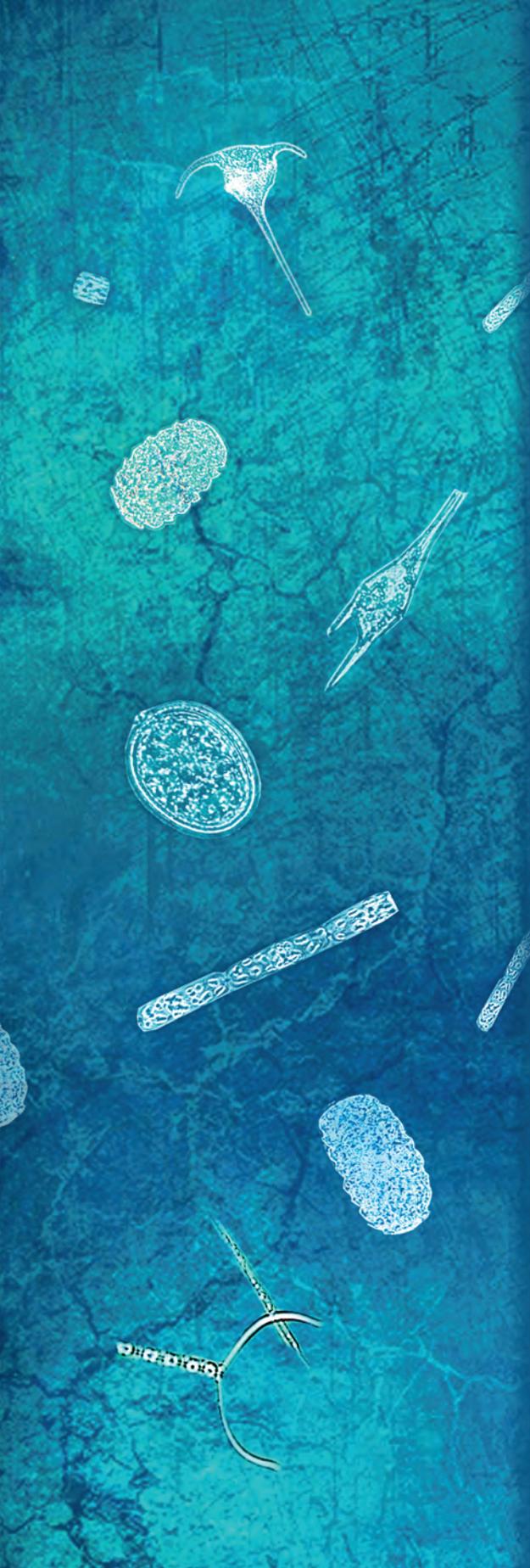
Engel A., Zondervan K., Aerts L. et al. Testing the direct effect of CO₂ concentration on a bloom of the coccolithophorid *Emiliana huxleyi* in mesocosm experiments // Limnol. Oceanogr. 2005. Vol. 50. P. 493–507.

- GEOHAB. Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms, science plan / Eds P. Glibert, G. Pitcher. Baltimore; Paris: SCOR-IOC, 2001. 87 p.
- Feyzioğlu A.M., Oğut H.* Red tide observations along the Eastern Black Sea coast of Turkey // *Turk. J. Bot.* 2006. Vol. 30. P. 375–379.
- Identifying Marine Phytoplankton / C. Tomas (Ed.). San Diego, CA: Academic Press, 1997. 821 p.
- Manual on Harmful Marine Microalgae. UNESCO Publishing, 2003. 794 p.
- Mikaelyan A.S., Pautova L.A., Pogosyan S.I., Suchanova I.N.* Summer bloom of coccolithophorids in the Northeastern Black Sea // *Oceanology.* 2006. Vol. 45. Suppl. 1. P. 127–138.
- Mikaelyan A.S., Pautova L.A., Sukhanova I.N., Pogosyan S.I.* Summer bloom of coccolithophorids in the Northeastern Black Sea // *Oceanology.* 2005. Vol. 45. P. 127–138.
- Mikaelyan A.S., Pautova L.A., Georgieva L.V., Dyakonov V.Yu.* Data base on phytoplankton of the Black Sea // *Oceanology.* 2007. Vol. 47. P. 447–480.
- Mikaelyan A.S., Senichkina L.G., Pautova L.A., Georgieva L.V., Dyakonov V.* Cell volumes of phytoplankton of the Black Sea – 2008 [Electronic resource] // URL: http://phyto.bss.ibss.org.ua/wiki/Main_Page
- Mikaelyan A.S., Silkin V.A., Pautova L.A.* Coccolithophorids in the Black Sea: their interannual and long-term changes // *Oceanology.* 2011. Vol. 51. P. 39–48.
- Mikaelyan A.S., Zatsepin A.G., Chasovnikov V.K.* Long-term changes in nutrient supply of phytoplankton growth in the Black Sea // *Journal of Marine Systems.* 2013. Vol. 117–118. P. 53–64.
- Mikaelyan A.S., Pautova L.A., Chasovnikov V.K., Mosharov S.A., Silkin V.A.* Alternation of diatoms and coccolithophores in the North-Eastern Black Sea: a response to nutrient changes // *Hydrobiologia.* 2015. Vol. 755. № 1. P. 89–105.
- Mikaelyan A.S., Pautova L.A., Pogosyan S.I., Sukhanova I.N.* Summer bloom of coccolithophorids in the Northeastern Black Sea // *Oceanology.* 2006. Vol. 45. P. 127–138.
- Mikaelyan A.S., Silkin V.A., Pautova L.A.* Coccolithophorids in the Black Sea: their interannual and long-term changes // *Oceanology.* 2011. Vol. 51. P. 39–48.
- Mikaelyan A.S., Malej A., Shiganova T.A., Turk V., Sivkovitch A.E., Musaeva E.I., Kogovšek T., Lukasheva T.A.* Populations of the red tide forming dinoflagellate *Noctiluca scintillans* (Macartney): a comparison between the Black Sea and the Northern Adriatic Sea // *Harmful Algae.* 2014. Vol. 33. P. 29–40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hal.2014.01.004>
- Mikaelyan A.S., Pautova L.A., Chasovnikov V.K., Mosharov S.A., Silkin V.A.* Alternation of diatoms and coccolithophores in the Northeastern Black Sea: a response to nutrient changes // *Hydrobiologia.* 2015. Vol. 755. P. 89–105. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2219-z>
- Mikaelyan A.S., Chasovnikov V.K., Kubryakov A.A., Stanichny S.* Phenology and drivers of the winter-spring phytoplankton bloom in the open Black Sea: the application of Sverdrup's hypothesis and its refinements // *Prog. Oceanography.* 2017. Vol. 151. P. 163–176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2016.12.006>

- Moncheva S. et al. On the long-term response of harmful algal blooms to the evolution of eutrophication off the Bulgarian Black Sea coast: Are the recent changes a sign of recovery of the ecosystem – The uncertainties // G. Hallegraeef et al. (eds.) Proceedings of the Ninth International Conference on Harmful Algal Blooms, Hobart, Australia, 7–11 February 2000. Unesco, 2001. P. 177–181.
- Pautova L.A., Mikaelyan A.S., Silkin V.A. Structure of plankton phytocoenoses in the shelf waters of the Northeastern Black Sea during the *Emiliania huxleyi* bloom in 2002–2005 // Oceanology. 2007. Vol. 47. № 3. P. 377–385.
- Pautova L.A., Silkin V.A., Lifanchuk A.V. New for the Black Sea species *Chaetoceros minimus* (Bacillariophyta): field observations and experimental studies // International Journal on Algae. 2013. Vol. 15. № 1. P. 121–134.
- Pautova L.A., Silkin V.A., Mikaelyan A.S., Lukashova T.A. The growth of new species in the Black Sea: *Chaetoceros thronsdensei* (Marino, Montresor & Zingone) Marino, Montresor & Zingone in natural and experimental conditions // International Journal on Algae. 2011. Vol. 13. №3. P. 277–288.
- Report (NPMS) EMBLAS (Yasakova+Mikaelyan); 2016–2019.
- Riebesell U. Effects of CO₂ enrichment on marine phytoplankton // J. Oceanogr. 2004. Vol. 60. P. 719–729.
- Selifonova Z.P., Makarevich P.R., Samyshev E.Z., Bartsits L.M. Study of ecosystem of the Sukhum Bay with emphasis anthropogenic impact, Abkhazian Black Sea coast // Ecologica Montenegrina. 2019. Vol. 22. P. 108–116.
- Silkin V.A., Pautova L.A., Mikaelyan A.S. Role of phosphorus in regulation of *Emiliania huxleyi* (Lohm.) Hay et Mohl. (Haptophyta) blooms in the Northeastern Black Sea // Int. J. Algae. 2009. Vol. 11(3). P. 211–221.
- Silkin V.A., Abakumov A.I., Pautova L.A., Mikaelyan A.S., Chasovnikov V.K., Lukasheva T.A. Coexistence of Black Sea and alien species in the phytoplankton of the Northeastern part of the Black Sea. Analysis of the hypothesis of invasion // Russian Journal of Biological Invasions. 2011. No. 2. P. 169–180.
- Silkin V.A., Pautova L.A., Lifanchuk A.V. Physiological regulatory mechanisms of the marine phytoplankton community structure // Russ. J. Plant Physiol. 2013. Vol. 60(4). P. 541–548.
- Silkin V.A., Pautova L.A., Pakhomova S.V., Lifanchuk A.V., Yakushev E.V., Chasovnikov V.K. Environmental control on phytoplankton community structure in the NE Black Sea // J. Exp. Mar Biol. Ecol. 2014. № 461. P. 267–274. DOI: 10.1016/j.jembe.2014.08.009
- Silkin V.A., Pautova L.A., Fedorov A.V., Shitikov E.I., Drozdov V.V., Lukasheva T.A., Zasko D.A. Formation of artificial communities for testing ballast water management systems in accordance with the requirements of the International Maritime Organization // Russian Journal of Biological Invasions. 2017. No. 1. P. 114–129.
- Silkin V.A., Pautova L.A., Giordanoc M., Chasovnikov V.K., Vostokov S.V., Podymov O.I., Pakhomova S.V., Moskalenko L.V. Drivers of phytoplankton blooms in the Northeastern Black Sea // Marine Pollution Bulletin. 2019. Vol.138. P. 274–28.

- Skolka V.H., Bodeanu N.* Study of phytoplankton in near Bosphorus Black Sea area // *Revue de biologie*. 1963. Vol. 8(1). P. 89–104.
- Terenko L., Terenko G.* Dynamics of *Scrippsiella trochoidea* (Dinophyceae) blooms in Odessa Bay of the Black Sea (Ukraine) // XXVI Intern. Phycol. Conf. Lublin, Poland, 2007. P. 91–92.
- Terenko L., Terenko G.* Harmful dinoflagellates blooms off the Ukrainian Black Sea coast as effect eutrophication // International Conference “Hazardous algae – a problem for modern ecology”, 18–19 May, Gdansk, Poland, 2005. P. 29–30.
- Velikova V., Moncheva S., Petrova D.* Phytoplankton dynamics and red tides (1987–1997) in the Bulgarian Black Sea // *Wat. Sci. Tech.* 1999. Vol. 39. № 8. P. 27–36.
- Vershinin A.O., Kamnev A.N.* Harmful Algae in Russian European Coastal Waters // *Harmful Algal Blooms*. Ed. by G. Hallegraeff *et al.* (University of Tasmania Press, Hobart, 2001). P. 112–115, in 2nd Conference on Harmful Algae Monitoring and Management (Subic Bay, Philippines). P. 30.
- Vershinin A.O., Morton S., Leighfield T.* *et al.* DSP-causative algae in Black Sea // Proc. XI Intern. Conf. on Harmful Algal Blooms. 2004. P. 253.
- Vershinin A., Morton S.* *Protoperdinium ponticum* sp. nov. (Dinophyceae) from the Northeastern Black Sea coast of Russia // *Botanica Marina*. 2005. Vol. 48. P. 244–247.
- Vershinin A.O., Moruchkov A.A., Leighfield T. et al.* Potentially Toxic Algae in the Coastal Phytoplankton of the Northeast Black Sea in 2001–2002 // *Okeanologiya*. 2005. Vol. 45(2). P. 267–275.
- Vershinin A.O., Moruchkov A.A., Lifild T., Sukhanova I.N., Pan'kov S.A., Mortan S.L., Ramsdell Dzh.S.* Potentially Toxic Algae in the Composition of the Coastal Phytoplankton in the North Eastern Part of the Black Sea in 2001–2002 // *Okeanologiya*. 2005. Vol. 45. № 2. P. 224–232 [*Oceanology* (Engl. Transl.). 2005. Vol. 45. № 2].
- 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. Vol. 28. № 2. P. 209–213.
- Vershinin A.O., Moruchkov A., Morton S. et al.* Phytoplankton of Kandalaksha Gulf of White Sea and DSP Causative Algae // *Harmful Algae*. 2006. Vol. 5(5). P. 558–564.
- Vershinin A.O., Velikova V.* New Species to the Black Sea Phytoplankton List and Some Commonly Occurring Light Microscopy Misidentifications // *Botanica Marina*. 2008a.
- Vershinin A., Velikova V.* New records and commonly misidentified dinoflagellates from the Black Sea // Materials of the International Scientific Conference and VII Marine Biology School “Modern Problems of Algology”. Rostov-on-Don, 2008b. P. 416.
- Vershinin A.O., Leighfield T., Morton S. et al.* Dinophysis Species in NE Black Sea Phytoplankton: Taxonomy, Ecology and DSP-Toxicity // *Harmful Algae*. 2008c.
- Vershinin A.* Phytoplankton of North-Eastern Black Sea: Composition, annual changes in community structure, and the problem invasive species // Materials of the International Scientific Conference and VII Marine Biology School “Modern Problems of Algology”. Rostov-on-Don, 2008d. P. 403–416.

- Vershinin A.O., Orlova T.Yu.* Toxic and harmful algae in the coastal waters of Russia // *Oceanology*. 2008e. T. 48. No. 4. P. 568–582.
- Yasakova O.N.* 2010. Phytoplankton of the northern-eastern part of Black Sea 1995–2009; personal list.
- Yasakova O.N.* New Species of Phytoplankton in the Northeastern Part of the Black Sea // *Russian Journal of Biological Invasions*. 2011. Vol. 2. No. 1. P. 65–69.
- Yasakova O.N.* The Seasonal Dynamics of Potentially Toxic and Harmful Phytoplankton Species in Novorossiysk Bay (Black Sea) // *Russian Journal of Marine Biology*. 2013. Vol. 39. No. 2. P. 107–115.
- Yasakova O.N., Okolodkov Yu.B., Chasovnikov V.K.* Increasing contribution of coccolithophorids to the phytoplankton in the Northeastern Black Sea // *Marine Pollution Bulletin*. 2017. Vol. 124. P. 526–534.
- Yasakova O.N., Makarevich P.R., Okolodkov Yu.B.* Long-term Changes in Community of Planktonic Algae of the Northeastern Black Sea (2005–2011) [Electronic resource] // *KnE Life Sciences: International applied research conference “Biological Resources Development and Environmental Management (BRDEM-2019)”* (21 June 2019) / Ed. P. Makarevich. Vol. 2020. P. 569–580. DOI: 10.18502/kls.v5i1.6129. URL: <https://knepublishing.com/index.php/KnE-Life/issue/view/196>



ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица. Количество видов фитопланктона, обнаруженных в разные периоды исследований в СВЧМ

Исследуемый период, годы / Study period	2005–2011							
	I							
Источник / Literature source	I							
	H/N		T/T		A/A		Г/Г	
Таксоны / Район исследования // Taxa / Study region	I	II	I	II	I	II	I	II
	Bacillariophyceae	53	49	40	21	53	30	50
Dinophyceae	54	44	35	28	45	29	43	30
Ebriophyceae	–	–	–	–	–	–	–	–
Cryptophyceae	2	2	2	2	2	1	2	1
Cryptophyta	–	–	–	–	–	–	–	–
Dictyochophyceae	2	2	2	2	3	1	2	1
Coccolithophyceae	–	–	–	–	–	–	–	–
Prymnesiophyceae	2	1	1	1	1	1	1	1
Chrysophyceae	1	1	–	–	1	1	1	1
Euglenophyceae	3	1	4	2	3	1	2	1
Chlorophyceae	3	1	2	1	3	1	2	–
Floriophyceae	–	–	–	–	–	–	–	–
Ulvophyceae	–	–	–	–	–	–	–	–
Prasinophyceae	–	1	–	1	1	1	1	1
Cyanophyceae	3	–	2	–	3	1	2	1
Всего / In total	123	102	88	58	115	67	106	68

Примечание: СВЧМ – северо-восточная часть Черного моря, КЧ – Керченский пролив, Н – Новороссийск, Т – Туапсе, А – Анапа, Г – Геленджик; I – порт, бухта; II – за пределами порта, бухты. Источник: I – Ясакова, Макаревич, 2017; Заремба, 2011, 2013; II – Terenko, 2004, 2007, Checklist, 2010 [Морозова-Водяницкая, 1948; Ясакова, 1998–2009, 2014; Vershinin, Moruchkov, 2003; Vershinin et al., 2005, 2006; Vershinin, Morton, 2005; Yasakova, 2011; Паутова и др., 2012, 2013]; III – Report (NPMS) EMBLAS (Yasakova+Mikaelyan) 2016–2019; IV – Ясакова, 2020; Yasakova (personal list, 2012–2020), Silkin et al., 2018.

Table. Phytoplankton species richness in the NEBS

		1948–2011		2012–2020			
		II	Всего / Total	III		IV	Всего / Total
Открытая СВЧМ / Open NEBS	КП / KS	СВЧМ / NEBS		КП / KS	СВЧМ / NEBS	СВЧМ / NEBS	
38	46	113	124	18	50	78	89
84	58	141	156	45	83	109	116
–	–	1	1	–	2	2	2
2	2	–	2	2	3	3	3
–	–	–	–	–	1	–	1
2	1	1	3	1	2	3	3
3	–	3	3	–	2	3	3
1	1	2	2	1	1	1	1
1	–	1	1	–	2	1	2
2	3	2	4	1	1	4	4
1	10	2	10	1	1	7	7
–	–	1	1	–	–	–	–
1	1	1	1	1	–	1	1
1	1	1	2	1	1	1	1
2	4	5	10	3	–	2	4
138	127	274	320	74	149	215	237

Note: NEBS – Northeastern Black Sea, KS – Kerch Strait, N – Novorossiysk, T – Tuapse, A – Anapa, G – Gelendzhik; I – port, bay; II – offshore of port, bay. Source: I – Yasakova, Makarevich 2017; Zarembo, 2011, 2013; II – Terenko, 2004, 2007, Checklist, 2010 [Morosova-Vodyanickaya, 1948; Yasakova, 1998–2009, 2014; Verzhinin, Moruchkov, 2003; Verzhinin et al., 2005, 2006; Verzhinin, Morton, 2005; Yasakova, 2011; Pautova et al., 2012, 2013]; III – Report (NPMS) EMBLAS (Yasakova+Mikaelyan) 2016–2019; IV – Yasakova, 2020; Yasakova, (personal list, 2012–2020), Silkin et al., 2018.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица. Видовой состав фитопланктона СВЧМ в разные периоды исследований (1948–2020) Table. Taxonomic composition of phytoplankton of the Northern-Eastern part of Black Sea in 1948–2020

Исследуемый период, годы / Study period	2005–2011										
	I										
Источник / Source	Новороссийск / Novorossiysk		Туапсе / Tuapse		Анапа / Анапа		Геленджик / Gelendzhik		Открытая СВЧМ / Open NEBS	КП / KS	
	I	II	I	II	I	II	I	II			
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Таксоны / Район исследования // Taxa / Research Area											
BACILLARIOPHYCEAE:											
<i>Achnanthes brevipes</i> C. Agardh, 1824	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	
<i>Achnanthes longipes</i> C. Agardh, 1824	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	
<i>Actinocyclus octonarius</i> Ehrenber, 1837 (= <i>Actinocyclus ehrenbergii</i> Ralfs in Pritchard, 1861)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Amphora hyalina</i> Kützing, 1844	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	
<i>Amphora inflexa</i> (Brébisson ex Kützing) Cleve, 1895	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round, 1990*	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Asterionella formosa</i> Hassall, 1850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Bacillaria paradoxa</i> J.F. Gmelin, 1791	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey, 1937	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Cenataulina velifera</i> Mereschkowsky, 1902	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros abnormis</i> Proshkina-Lavrenko, 1953	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder, 1864	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow, 1882	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder, 1864	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Chaetoceros convolutus</i> Castracane, 1886	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros coronatus</i> Gran, 1897	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Chaetoceros curvisetus</i> P.T. Cleve, 1889	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros danicus</i> P.T. Cleve, 1889	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>Chaetoceros densus</i> P.T. Cleve (Cleve), 1899	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros dichchaeta</i> Ehrenberg, 1844	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros diversus</i> P.T. Cleve, 1873	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Chaetoceros holsaticus</i> F. Schütt, 1895	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros insignis</i> Proshkina-Lavrenko, 1955	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Chaetoceros laciniosus</i> F. Schütt, 1895	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs, 1864	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow, 1863	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros muelleri</i> Lemmermann, 1898 (= <i>Chaetoceros borgei</i> Lemmermann)	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Chaetoceros minimus</i> (Levander) Marino, Giuffré, Montresor et Zingone, 1991*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Chaetoceros neogracilis</i> VanLand., 1968 (= <i>Chaetoceros gracilis</i> Schütt, 1895)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell, 1856	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros rigidus</i> Ostenfeld, 1902	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Chaetoceros scabrosus</i> Proschkina-Lavrenko, 1955	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
<i>Chaetoceros similis</i> Cleve, 1896	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld, 1902	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros socialis</i> H.S. Lauder, 1864	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-
<i>Chaetoceros subtilis</i> P.T. Cleve, 1896	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran, 1900*	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Chaetoceros trondheimii</i> Marino, Montessor et Zingone*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell, 1856	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg, 1838	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+
<i>Coscinodiscus concinnus</i> W. Smits, 1856	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg, 1841	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus granii</i> L.F. Gough, 1905	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+
<i>Coscinodiscus excentricus</i> Ehrenberg, 1840	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus janischii</i> A. Schmidt, 1878	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+
<i>Coscinodiscus jonesianus</i> (Greville) Ostenfeld, 1915	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg, 1844	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus nitidus</i> W. Gregory, 1857	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus oculus iridis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1840	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehrenberg, 1844	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg 1840	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Coscinodiscus subtilis</i> Ehrenberg, 1841	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Cyclotella caspia</i> Grunow, 1878	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing 1844	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i> Prasad, 1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C. Lewin, 1964	+	+	+	-	+	-	+	-	-	+
<i>Dactylosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle, 1996	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Detonula confervacea</i> (Cleve) Gran, 1896	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diatoma tenue</i> C. Agardh, 1812	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
(= <i>Diatoma elongatum</i> (Lyngbye) C. Agardh, 1824)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Diatoma vulgare</i> Bory, 1824	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow, 1885	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrenberg, 1841	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing, 1844	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Grammatophora serpentina</i> Ehrenberg, 1844	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst, 1853	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Endictya oceanica</i> Ehrenberg, 1845	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1845 (= <i>Amphiprora alata</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844)	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Entomoneis paludosa</i> (W. Smits) Reimer, 1975 (= <i>Amphiprora paludosa</i> W. Smith, 1853)	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow 1879	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz, 1878	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus adriaticus</i> Schroder, 1908	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve, 1889	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran, 1915	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+
<i>Licmophora abbreviata</i> C.A. Agardh, 1831	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow, 1867	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Licmophora ehrenbergii</i> (Kützing) Grunow, 1967	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Licmophora flabellata</i> (Greville) C. Agardh, 1831	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+
<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle, 1996 (= <i>Thalassiothrix mediterranea</i> var. <i>pacifica</i> Cupp)*	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Melosira dubia</i> G.G. Kützing, 1844	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) C. Agardh, 1924	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müller) C. Agardh, 1824	+	-	+	-	-	-	+	+	-	+
<i>Melosira nummuloides</i> C. Agardh, 1924	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Merridion circulare</i> (Greville) C. Agardh, 1931	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula cancellata</i> Donkin, 1872	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula forcipata</i> Greville 1859	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Navicula meniscus</i> J. Schumann, 1867	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula pennata</i> A.W.F. Schmidt, 1876	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Nitzschia apiculata</i> (W. Gregory) Grunow, 1880	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve, 1901	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia holsatica</i> Hustedt, 1930	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Nitzschia lanceolata</i> W. Smith, 1853	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs, 1861	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia punctata</i> (W. Smith) Grunow, 1878	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Nitzschia stgoidea</i> (Nitzsch) W. Smith, 1853	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mer.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch in Rabenhorst 1860	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Odontella chinensis</i> (Greville) Grunow, 1884	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Odontella mobilensis</i> (Bailey) Grunow, 1884 (= <i>Biddulphia mobilensis</i> (Bailey) Grunow, 1882)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) P.T. Cleve, 1873	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Planktoniella sol</i> (G.G. Wallich) Schütt, 1892	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith, 1852	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pleurosigma formosum</i> W. Smith, 1852	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compere, 1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström, 1986	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Podosira hormoides</i> (Mont) Kützing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Porosira glacialis</i> (Grunow) E. Jørgensen, 1905	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> Lundholm, Moestrup, Hasle, 2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle, 1993 (complex)										
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) G.R. Hasle, 1993	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) H. Peragallo, 1899 (complex)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G. Sundström, 1986	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Petrodicton gemma</i> (Ehrenberg) D.G. Mann in Round et al., 1990 (= <i>Surirella gemma</i> Ehrenberg, 1839)	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützing, 1844	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia delicatula</i> Cleve, 1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Shionodiscus oestrupii</i> (Ostenfeld) A.J. Alverson, S.-H. Kang & E.C. Theriot 2006 (= <i>Thalassiosira oestrupii</i> (Ostenfeld) Hasle, 1972)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve, 1873	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Synedra brockmannii</i> Hustedt, 1932	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Surirella spiralis</i> Kützing, 1844	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Synedra curvata</i> Prosckina-Lavrenko	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-
<i>Synedra crystallina</i> (C. Agardh) Kützing, 1844	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Tabularia tabulata</i> (C. Agardh) Snoeijis 1992 (= <i>Synedra tabulata</i> (C. Agardh) Kützing, 1844)	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+
<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck, 1881	+	+	-	-	+	-	+	-	-	+
<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) C. Agardh, 1832	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D.M. Williams & Round, 1986 (= <i>Tabularia tabulata</i> (C. Agardh) Snoeijs, 1992)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschiioides</i> (Grunow) Mereschkowsky, 1902	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Tempère et Peragallo, 1910 (= <i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (Grunow) Grunow)*	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle, 1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira antiqua</i> (Grunow) Cleve	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira coronata</i> Gaarder, 1951	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Thalassiosira delicatula</i> Ostenfeld, 1908	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira excentrica</i> Karsten, 1905	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Thalassiosira nana</i> Lohmann, 1908	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira parva</i> Proshkina-Lavrenko, 1955	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Toxarium undulatum</i> J.W. Bailey, 1854 (= <i>Synedra undulata</i> (J.W. Bailey) Gregory, 1857)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tryblionella compressa</i> (Bailey) Poulin in Poulin & al. 1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Triceratium antediluvianum</i> (Ehrenberg) Grunow, 1868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DINOPHYCEAE:										
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann, 1903 (= <i>Gymnodinium lohmanni</i> Pauls.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1844	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Akashiwo sanguinea</i> (K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Alexandrium minutum</i> Halim, 1960*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Alexandrium ostenfeldii</i> (Paulsen) Balech et Tangen, 1985*	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-
<i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech, 1995*	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Amphidinium crassum</i> Lohmann, 1908	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Amphidinium herdmanii</i> Kofoid & Swezy 1921	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphidinium</i> cf. <i>klebsii</i> Kofoid & Swezy, 1921	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphidinium flagellans</i> J. Schiller, 1928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphidinium longum</i> Lohmann, 1908	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Amphidinium fusiforme</i> G.W. Martin, 1929	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Amphidinium sphenoides</i> Wulff, 1919	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin, 1841	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium falcatum</i> (Kofoid) Jörgensen, 1920	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859 (= <i>Triplos furca</i> (Ehrenberg) F. Gómez, 2013)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin, 1841 (= <i>Triplos fusus</i> (Ehrenberg) F. Gómez, 2013)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratium pentagonum</i> Gourret, 1883	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium tripos</i> (O.F. Müller) Nitzsch, 1817 (= <i>Triplos muelleri</i> Bory de Saint-Vincent, 1826)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cochlodinium archimedes</i> (Pouchet, 1883) Lemmermann, 1899	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cochlodinium brandtii</i> Wulff, 1916	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cochlodinium citron</i> Kofoid & Swezy, 1921	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Cochlodinium helicoides</i> Lebour, 1925 (= <i>Cochlodinium helix</i> Kofoid et Swezy, 1921)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Cochlodinium pupa</i> Lebour, 1925	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diplopsalis minor</i> (Paulsen) Margalef	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh, 1881	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diplopsalis lenticula</i> f. <i>lenticula</i> Bergh, 1881	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Diplopsalis lenticula</i> f. <i>globularis</i> Bergh, 1881	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Diplopsalis orbicularis</i> (Paulsen) Meunier, 1910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diplopsalis pilula</i> Ostenfeld, 1908 (= <i>Glenodinium pilula</i> (Ostenfeld) J. Schiller, 1935)	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann, 1859	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg, 1839	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>Dinophysis apiculata</i> Meunier, 1910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis arctica</i> Mer., 1879	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis baltica</i> (Paulsen) Kofoed et Skogsb., 1928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent, 1881	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis dentata</i> Schiller, 1928 (= <i>D. parva</i> Schill.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard, 1924	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
<i>Dinophysis hastata</i> Stein, 1883	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
<i>Dinophysis levandieri</i> Wolosz, 1928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis minuta</i> (Cleve) Balech	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis nasuta</i> (Stein) Parke & Dixon, 1968	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis norvegica</i> Claparède et Lachmann, 1859	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis odiosa</i> (Pavillard) Tai & Skogsberg, 1934*	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Dinophysis ovata</i> Claparède et Lachmann, 1859	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Dinophysis ovum</i> Schütt, 1895	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Dinophysis paulsenii</i> (Schiller) Ballech, 1967	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis pulchella</i> (Lebour) Balech, 1967	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis rotundata</i> Claparède & Lachmann, 1859	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis rugei</i> (Murray et Whitting) Abe, 1967	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis sacculus</i> F. Stein, 1883	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+
<i>Dinophysis schilleri</i> Sournia, 1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis sphaerica</i> Stein, 1883	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret, 1883	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dissodinium pseudolunula</i> Swift ex Elbrächter & Drebes, 1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ensiculifera carinata</i> Matsuoka, Kobayashi & Gains, 1990	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+
<i>Glenodinium danicum</i> Paulsen 1907	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Glenodinium paululum</i> Lindemann, 1928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Goniodoma polyedricum</i> (C.H.G. Pouchet) Jørgensen, 1899	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Goniodoma sphaericum</i> Murr. et Whitt., 1899	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gonyaulax apiculata</i> Entz, 1904	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gonyaulax diegensis</i> Kofoid, 1911	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gonyaulax digitalis</i> (C.H.G. Pouchet) Kofoid, 1911	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gonyaulax minima</i> Matzenauer 1933	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Gonyaulax minuta</i> Kofoid et Michener, 1911	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gonyaulax polygramma</i> F. Stein, 1883	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid, 1911	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing, 1866	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gonyaulax verior</i> Sournia, 1973	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Gymnodinium agile</i> Kofoid et Swezy, 1921	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Gymnodinium aguiliforme</i> J. Schiller, 1928	+	+	-	-	+	-	+	+	+	-
<i>Gymnodinium arcticum</i> Wulff, 1919	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Gymnodinium blax</i> T.M. Harris, 1939	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+
<i>Gymnodinium flavum</i> Kofoid et Swezy, 1921	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gymnodinium gracile</i> Bergh, 1881	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gymnodinium japonicum</i> Hada, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Gymnodinium kowalevskii</i> Pitzik, 1967	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Gymnodinium najadeum</i> J. Schiller, 1928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gymnodinium rhomboides</i> Schütt, 1895	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gymnodinium simplex</i> (Lohmann) Kofoid & Swezy, 1921	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gymnodinium stellatum</i> Hulburt, 1957*	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Gymnodinium wulffii</i> J. Schiller, 1933	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+
<i>Gyrodinium aureolum</i> E.M. Hulburt, 1957	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Gyrodinium lacryma</i> (Meunier) Kofoid & Swezy, 1921	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gyrodinium fuscus</i> (Meunier) Akseman, 1985 (= <i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy, 1921)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gyrodinium flagellare</i> Schiller, 1928	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Gyrodinium nasutum</i> (Wulff) Schiller, 1933	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>I</i>										
<i>Gyrodinium pingue</i> (Schütt) Kofoid et Swezy, 1921	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid & Swezy, 1921	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Heterocapsa minima</i> A.J. Pomroy, 1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III 1968) Morrill et Loeblich III 1981	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) G. Hansen, 1995 (= <i>Katodinium rotundatum</i> (Lohmann) Loeblich III 1965)	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) F. Stein, 1883	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Karenia brevis</i> (C.C. Davis) Gert Hansen & Moestrup, 2000	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda, 1935) Hancen & Moestrup, 2000 (= <i>Gymnodinium mikimotoi</i> Miyake & Kominami ex Oda, 1935)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Katodinium glaucum</i> (Lebour) Loeblich III, 1965	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+
<i>Katodinium fungiforme</i> (Anissimova) Fott, 1957	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & F.J.R. Taylor, 2003 (= <i>Gymnodinium elongatum</i> B. Hope 1954)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Lingulodinium polyedra</i> (F. Stein) J.D. Dodge, 1989	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+
<i>Margalefidinium polykrikooides</i> Margalef, 1961*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick, 1937	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Oblea baculifera</i> Balech ex Loeblich Jr. & Loeblich III, 1966	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Oblea rotunda</i> (Lebour) Balech ex Sourina, 1973	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+
<i>Oxyrrhis marina</i> Dujardin, 1841	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i> Kofoid, 1926*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller, 1937	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller, 1937*	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Peridinium aciculiferum</i> Lemmermann, 1900*	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-
<i>Peridinium achromaticum</i> Levander 1902	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Peridinium africanum</i> Lemmermann, 1907	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Peridinium quinquecorne</i> T.H. Abé, 1927	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
<i>Peridinium pyriforme</i> Paulsen, 1907	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Peridinium triquetrum</i> Schiller, 1937	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Polykrikos kofoidii</i> Chatton, 1914	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+
<i>Polykrikos schwartzii</i> Bütschli, 1873	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Preperidinium meunierii</i> (Pavillard, 1907) Elbrächter, 1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue, 1889	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich III, 1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum compressum</i> (J.W. Bailey) T.H. Abé ex J.D. Dodge, 1975	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D. Dodge, 1975	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum gracile</i> F. Schütt, 1895	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) F. Stein, 1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum marinum</i> (Cienkowski) Dodge & Bibby, 1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg, 1834	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) J. Schiller, 1933	+	-	+	-	+	-	-	-	+	+
<i>Prorocentrum scutellum</i> Schröder, 1900	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Proocentrum vaginula</i> (F. Stein) Dodge, 1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli, 1885	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Protoceratium areolatum</i> Kofoid, 1907	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Protoperidinium abei</i> (Paulsen, 1931) Balech, 1974	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Protoperidinium bipes</i> (Paulsen, 1904) Balech, 1974	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+
<i>Protoperidinium breve</i> Unknown authority	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen, 1908) Balech, 1974	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+
<i>Protoperidinium brochii</i> (Kofoid & Swezy, 1921) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid, 1907) Balech, 1974	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
<i>Protoperidinium curtipes</i> (Jørgensen, 1912) Balech, 1974	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium curvipes</i> (Ostenfeld) Balech, 1974	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium decipiens</i> (Jørgensen) Parke et Dodge, 1976	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey, 1854) Balech, 1974	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-
<i>Protoperidinium diabolus</i> (Karsten) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech, 1974	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium excentricum</i> (Paulsen, 1907) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein, 1883) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Protoperidinium grande</i> (Kofoid, 1907) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech, 1974	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium inflatum</i> (Okamura, 1912) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium knipowitschii</i> (Usachev, 1927) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Protoperidinium longispinum</i> (Kofoid, 1907) Balech, 1974	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-
<i>Protoperidinium mariebouriaiae</i> (Paulsen) Balech 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium mediterraneum</i> (Kofoid, 1909) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium oblongum</i> (Aurivillius) Parke & Dodge, 1976	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Protoperidinium oceanicum</i> (Vanhöffen, 1897) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium ovatum</i> Pouchet, 1883	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium pallidum</i> (Ostenfeld, 1899) Balech, 1973	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Protoperidinium pedunculatum</i> (Schütt, 1895) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh, 1881	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium pentagonum</i> (Gran, 1902) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium ponticum</i> Verschinin et Morton, 2005*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium roseum</i> (Paulsen, 1904) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium sinaicum</i> (Matzenauer, 1933) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium solidicorne</i> (Mangin, 1926) Balech, 1974	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium spiniferum</i> (J. Schiller, 1937) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen, 1899) Balech, 1974	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium subinerme</i> (Paulsen) Loeblich III, 1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium thorianum</i> (Paulsen, 1905) Balech, 1973	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium ventrale</i> (Abe, 1936) Balech, 1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt, 1896 (= <i>Gymnodinium lunula</i> Schütt)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pyrophacus horologium</i> F. Stein, 1883	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Scaphodinium mirabile</i> Margalef, 1963*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, 2015 (= <i>Scrippsiella trochoidea</i> (F. Stein) A.R. Loeblich III, 1976)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Spatulodinium pseudonociluca</i> (Pouchet) J. Cachon & M. Cachon, 1968*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Torodinium teredo</i> (Pouchet, 1885) Kofoid & Swezy 1921	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Warnowia maculata</i> (Kofoid & Swezy) Lindemann, 1928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Warnowia schuetitii</i> (Kofoid & Swezy) Schiller, 1933	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EBRIAPHYCEAE:										
<i>Ebria tripartita</i> (J. Schumann) Lemmermann, 1899	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hermesinium adriaticum</i> Zacharias, 1906	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CRYPTOPHYCEAE:										
<i>Hillea fusiformis</i> (J. Schiller) J. Schiller, 1925	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex G. Novarino, I.A.N. Lucas & S. Morrall, 1994	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+
<i>Plagioselmis punctata</i> Butcher, 1967	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CRYPTOPHYTA INCERTAE SEDIS										
<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher, 1967	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DICTYOCOPHYCEAE:										
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg, 1839	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg, 1839	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-
<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse, 1946	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
COCCOLITHOPHYCEAE:										
<i>Acanthoica acanthos</i> Schiller, 1925	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Acanthoica quattrosipina</i> Lohmann, 1903	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Syracosphaera cordiformis</i> Schiller, 1913	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Calyptrorphaera oblonga</i> Lohmann, 1902	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) J. Schiller 1930	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PRYMNESIOPHYCEAE:										
<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) W.W. Hay & H.P. Mohler in W.W. Hay, 1967	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phaeocystis pouchetii</i> (Hariot) Lagerheim, 1896*	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHRYSOPHYCEAE										
<i>Dimobryon balticum</i> (Schutt) Lemmermann, 1901	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-
<i>Dimobryon faculiferum</i> (Willén) Willén, 1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EUGLENOPHYCEAE:										
<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer, 1904	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eutreptia globulifera</i> Goor, 1925	+	-	+	-	+	-	-	-	+	+
<i>Euglena pascher</i> Swirenko, 1915	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Euglena viridis</i> (O.F. Müller) Ehrenberg, 1830	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+
CHLOROPHYCEAE:										
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat, 1894	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat 1902	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Scenedesmus quadricauda</i> Chodat, 1926	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Scenedesmus falcatus</i> Chodat, 1926	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Scenedesmus obliquus</i> (Turpin) Kützing, 1833	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Scenedesmus bicaudatus</i> Dedusenko, 1925	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs 1848	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Ankistrodesmus convolutus</i> Corda, 1838	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+
<i>Ankistrodesmus pseudomirabilis</i> Korshikov, 1953	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová, 1969	+	-	-	-	+	-	+	-	+	+
FLORIDEOPHYCEAE:										
<i>Ardissonea crystallina</i> (C.A. Agardh) Grunow in Cleve & Grunow, 1880	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ULVOPHYCEAE:										
<i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Proschkina-Lavrenko, 1966	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
PRASINOPHYCEAE: PYRAMIMONOPHYCEAE										
<i>Pterosperma cristatum</i> Schiller, 1925	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Pterosperma undulatum</i> Ostenfeld, 1902	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
CYANOPHYCEAE:										
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn, 1895	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Anabaena flos-aquae</i> f. <i>major</i> Elenkin, 1909	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>Lyngbya semiplena</i> J. Agardh ex Gomont 1892	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Merismopedtia punctata</i> Meyen, 1839	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, 1846	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Oscillatoria bonnemaisonii</i> P.L. Crouan & H.M. Crouan ex Gomont, 1892	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Spirulina subsalsa</i> Orstedt ex Gomont, 1892	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhormidium nigroviride</i> (Phwaites ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg 1992	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Trochiscita brachiolata</i> (Möbius) Lemmermann	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: * – виды-вселенцы в Черное море; СВЧМ – северо-восточная часть Черного моря, КЧ – Керченский пролив; I – порт, бухта; II – за пределами порта, бухты; Н – Новороссийск, Т – Туапсе, А – Анапа, Г – Геленджик.

Источники: I – Ясакова, Макаревич, 2017; Заремба, 2011, 2013; Брянцева, 2010; II – Теренко, 2004, 2007, Check-list, 2010 [Морозова-Водяницкая, 1948, Ясакова, 1998-2009, 2014; Vershinin, Moruchkov, 2003; Vershinin et al., 2005, 2006; Vershinin, Morton, 2005; Ясакова, 2010, 2011; Паутова и др., 2012, 2013]; III – Report (NPMS) EMBLAS (Ясакова+Mikaelyan) 2016-2019; IV – Ясакова, 2020; 2012-2020); Silkin et al., 2018.

Выделено желтым – названия видов даны в соответствии с Algaebase [https://www.algaebase.org/search/species], названия остальных видов даны в соответствии с Worms [https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=search].

Noctiluca scintillans (Macartney) Kofoid & Swezy, 1921 – вид не вошел в таблицу, т.к. относится к компонентам зоопланктона.

Note: * – new phytoplankton species alien to the Black Sea; NEBS – Northeastern Black Sea, KS – Kerch Strait; I – port, bay; II – offshore of port, bay.

Source: I – Yasakova, Makarevich, 2017; Zarembo, 2011, 2013; II – Terenko, 2004, 2007, Check-list, 2010 [Morosova-Vodyanickaya, 1948, Yasakova, 1998-2009, 2014; Vershinin, Moruchkov, 2003; Vershinin et al., 2005, 2006; Vershinin, Morton, 2005; Yasakova, 2010, 2011; Pautova et al., 2012, 2013]; III – Report (NPMS) EMBLAS (Yasakova+Mikaelyan) 2016-2019; IV – Yasakova, 2020; Yasakova (personal list, 2012-2020), Silkin et al., 2018.

Yellow highlights the species whose names are given in accordance with Algaebase [https://www.algaebase.org/search/species], the names of the other species are presented in accordance with Worms [https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=search]

Noctiluca scintillans (Macartney) Kofoid & Swezy, 1921 – not include in the table: the species belongs to zooplankton.

Продолжение Таблицы

Исследуемый период, годы / Study period		1948–2011		2012–2020		
Источник / Source	Таксоны / Район исследования // Taxa / Research Area	II		III		IV
		СВЧМ / NEBS	Всего / Total	КП / KS	СВЧМ / NEBS	
1		2	3	4	5	6
		СВЧМ / NEBS	Всего / Total	КП / KS	СВЧМ / NEBS	СВЧМ / NEBS
BACILLARIOPHYCEAE:						
<i>Achnanthes brevipes</i> C. Agardh, 1824		+	+	-	-	+
<i>Achnanthes longipes</i> C. Agardh, 1824		+	+	-	-	+
<i>Actinocyclus octonarius</i> Ehrenber, 1837 (= <i>Actinocyclus ehrenberii</i> Ralfs in Pritchard, 1861)		+	+	-	-	+
<i>Amphora hyalina</i> Kützing, 1844		+	+	-	+	+
<i>Amphora inflexa</i> (Brébisson ex Kützing) Cleve, 1895		+	+	+	+	+
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round, 1990*		+	+	-	-	+
<i>Asterionella formosa</i> Hassall, 1850		-	-	-	+	+
<i>Bacillaria paradoxa</i> J.F. Gmelin, 1791		+	+	-	-	+
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey, 1937		+	+	+	+	+
<i>Cerataulina velifera</i> Mereschkowsky, 1902		+	+	-	-	-
<i>Chaetoceros abnormis</i> Proshkina-Lavrenko, 1953		+	+	-	-	-
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder, 1864		+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow, 1882		-	+	-	-	+
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder, 1864		+	+	-	+	+
<i>Chaetoceros convolutus</i> Castracane, 1886		+	+	-	-	-
						7

1	2	3	4	5	6	7
<i>Chaetoceros coronatus</i> Gran, 1897	+	+	-	-	-	-
<i>Chaetoceros curvisetus</i> P.T. Cleve, 1889	+	+	-	+	+	+
<i>Chaetoceros danicus</i> P.T. Cleve, 1889	+	+	-	+	+	+
<i>Chaetoceros densus</i> P.T. Cleve (Cleve), 1899	+	+	-	-	-	-
<i>Chaetoceros dichæta</i> Ehrenberg, 1844	+	+	-	-	-	-
<i>Chaetoceros diversus</i> P.T. Cleve, 1873	+	+	-	+	-	+
<i>Chaetoceros holsaticus</i> F. Schütt, 1895	+	+	-	-	-	-
<i>Chaetoceros insignis</i> Proshkina-Lavrenko, 1955	+	+	-	+	+	+
<i>Chaetoceros laciniosus</i> F. Schütt, 1895	+	+	-	-	-	-
<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs, 1864	+	+	-	-	+	+
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow, 1863	+	+	-	+	+	+
<i>Chaetoceros muelleri</i> Lemmermann, 1898 (= <i>Chaetoceros borgei</i> Lemmermann)	+	+	-	-	-	-
<i>Chaetoceros minimus</i> (Levander) Marino, Giuffré, Montresor et Zingone, 1991*	+	+	-	-	-	-
<i>Chaetoceros neogracilis</i> VanLand., 1968 (= <i>Chaetoceros gracilis</i> Schütt, 1895)	+	+	-	-	-	-
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell, 1856	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros rigidus</i> Ostenfeld, 1902	+	+	-	-	-	-
<i>Chaetoceros scabrosus</i> Proshkina-Lavrenko, 1955	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros similis</i> Cleve, 1896	+	+	-	-	+	+
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld, 1902	+	+	+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7
<i>Chaetoceros socialis</i> H.S. Lauder, 1864	+	+	-	-	+	+
<i>Chaetoceros subtilis</i> P.T. Cleve, 1896	+	+	-	-	+	+
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran, 1900*	+	+	-	-	-	-
<i>Chaetoceros trondsenii</i> Marino, Montessoro et Zingone*	+	+	-	-	-	-
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell, 1856	+	+	-	+	+	+
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg, 1838	+	+	+	+	+	+
<i>Coscinodiscus concinnus</i> W. Smits, 1856	+	+	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg, 1841	+	+	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus granii</i> L.F. Gough, 1905	+	+	+	+	+	+
<i>Coscinodiscus excentricus</i> Ehrenberg, 1840	+	+	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus janischii</i> A. Schmidt, 1878	+	+	-	+	+	+
<i>Coscinodiscus jonesianus</i> (Greville) Ostenfeld, 1915	+	+	-	+	+	+
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg, 1844	+	+	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus nitidus</i> W. Gregory, 1857	+	+	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus oculus iridis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1840	+	+	-	-	+	+
<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehrenberg, 1844	+	+	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg 1840	+	+	-	+	+	+
<i>Coscinodiscus subtilis</i> Ehrenberg, 1841	-	+	-	+	+	+
<i>Cyclotella caspia</i> Grunow, 1878	+	+	-	-	+	+
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing 1844	-	-	-	-	+	+
<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i> Prasad, 1990	-	-	-	+	-	+

1	2	3	4	5	6	7
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C. Lewin, 1964	+	+	+	+	+	+
<i>Dactylosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle, 1996	+	+	+	+	+	+
<i>Detonula confervacea</i> (Cleve) Gran, 1896	+	+	-	-	+	+
<i>Diatoma tenue</i> C. Agardh, 1812 (= <i>Diatoma elongatum</i> (Lyngbye) C. Agardh, 1824)	+	+	-	-	-	-
<i>Diatoma vulgaris</i> Bory, 1824	-	-	-	+	-	+
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow, 1885	+	+	-	-	+	+
<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrenberg, 1841	+	+	-	-	-	-
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing, 1844	+	+	-	-	+	+
<i>Grammatophora serpentina</i> Ehrenberg, 1844	+	+	-	-	+	+
<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst, 1853	-	+	-	-	+	+
<i>Indictya oceanica</i> Ehrenberg, 1845	+	+	-	-	-	-
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1845 (= <i>Amphiprora alata</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844)	-	+	-	+	+	+
<i>Entomoneis paludosa</i> (W. Smits) Reimer, 1975 (= <i>Amphiprora paludosa</i> W. Smith, 1853)	+	+	-	+	+	+
<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow 1879	-	+	-	-	-	-
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz, 1878	+	+	-	-	+	+
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	+	+	-	+	+	+
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve	+	+	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus adriaticus</i> Schroder, 1908	+	+	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve, 1889	+	+	+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran, 1915	+	+	-	-	+	+
<i>Licmophora abbreviata</i> C.A. Agardh, 1831	+	+	-	-	-	-
<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow, 1867	+	+	-	-	+	+
<i>Licmophora ehrenbergii</i> (Kützting) Grunow, 1967	+	+	-	+	+	+
<i>Licmophora flabellata</i> (Greville) C. Agardh, 1831	+	+	-	-	+	+
<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle, 1996 (= <i>Thalassiothrix mediterranea</i> var. <i>pacifica</i> Cupp)*	+	+	-	-	+	+
<i>Melosira dubia</i> G.G.Kützting, 1844	+	+	-	-	-	-
<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) C. Agardh, 1924	+	+	-	-	-	-
<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müller) C. Agardh, 1824	+	+	-	-	+	+
<i>Melosira nummuloides</i> C. Agardh, 1924	+	+	-	-	-	-
<i>Meridion circulare</i> (Greville) C. Agardh, 1931	+	+	-	-	-	-
<i>Navicula cancellata</i> Donkin, 1872	+	+	-	-	-	-
<i>Navicula forcipata</i> Greville 1859	-	+	-	-	-	-
<i>Navicula meniscus</i> J. Schumann, 1867	-	-	-	+	-	+
<i>Navicula pennata</i> A.W.F. Schmidt, 1876	+	+	-	-	+	+
<i>Nitzschia apiculata</i> (W. Gregory) Grunow, 1880	-	+	-	-	-	-
<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve, 1901	+	+	-	-	-	-
<i>Nitzschia holsatica</i> Hustedt, 1930	-	+	-	-	-	-
<i>Nitzschia lanceolata</i> W. Smith, 1853	+	+	-	-	-	-
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs, 1861	+	+	-	+	+	+
<i>Nitzschia punctata</i> (W. Smith) Grunow, 1878	-	+	-	-	-	-

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith, 1853	-	-	-	+	+	+
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mer.	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch in Rabenhorst 1860	-	-	-	-	+	+
<i>Odontella chinensis</i> (Greville) Grunow, 1884	-	-	-	+	-	+
<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow, 1884 (= <i>Biddulphia mobiliensis</i> (Bailey) Grunow, 1882)	+	+	-	+	+	+
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) P.T. Cleve, 1873	+	+	-	-	+	+
<i>Planktoniella sol</i> (G.G. Wallich) Schütt, 1892	+	+	-	-	+	+
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith, 1852	+	+	+	+	+	+
<i>Pleurosigma formosum</i> W. Smith, 1852	-	-	-	+	+	+
<i>Pleurosigma laevis</i> (Ehrenberg) Compere, 1982	+	+	-	-	-	-
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström, 1986	+	+	+	+	+	+
<i>Podosira hormoides</i> (Mont) Kützing	+	+	-	-	-	-
<i>Porosira glacialis</i> (Grunow) E. Jørgensen, 1905	+	+	-	-	-	-
<i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> Lundholm, Moestrup, Hasle, 2003	-	-	-	+	-	+
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden;						
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle, 1993 (complex)	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) G.R. Hasle, 1993	+	+	-	-	+	+
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) H. Peragallo, 1899 (complex)	+	+	-	+	+	+
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G. Sundström, 1986	+	+	+	+	+	+
<i>Petrodictyon gemma</i> (Ehrenberg) D.G. Mann in Round et al., 1990 (= <i>Surirella gemma</i> Ehrenberg, 1839)	+	+	-	-	+	+

1	2	3	4	5	6	7
<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützing, 1844	+	+	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia delicatula</i> Cleve, 1900	+	+	-	-	-	-
<i>Shionodiscus oestrupii</i> (Ostenfeld) A.J. Alverson, S.-H. Kang & E.C. Theriot 2006 (= <i>Thalassiosira oestrupii</i> (Ostenfeld) Hasle, 1972)	+	+	-	+	-	+
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve, 1873	+	+	+	+	+	+
<i>Synedra brockmannii</i> Hustedt, 1932	+	+	-	-	-	-
<i>Surirella spiralis</i> Kützing, 1844	+	+	-	-	+	+
<i>Synedra curvata</i> Proschkina-Lavrenko	-	+	-	-	+	+
<i>Synedra crystallina</i> (C. Agardh) Kützing, 1844	-	+	-	-	+	+
<i>Tabularia tabulata</i> (C. Agardh) Snoeijis 1992 (= <i>Synedra tabulata</i> (C. Agardh) Kützing, 1844)	+	+	-	-	+	+
<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck, 1881	+	+	-	-	+	+
<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) C. Agardh, 1832	+	+	-	+	+	+
<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D.M. Williams & Round, 1986 (= <i>Tabularia tabulata</i> (C. Agardh) Snoeijis, 1992)	+	+	-	+	-	+
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky, 1902	+	+	+	+	+	+
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Tempère et Peragallo, 1910 (= <i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (Grunow) Grunow)*	+	+	-	-	+	+
<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle, 1978	+	+	-	-	+	+
<i>Thalassiosira antiqua</i> (Grunow) Cleve	+	+	-	+	-	+
<i>Thalassiosira coronata</i> Gaarder, 1951	+	+	-	-	-	-
<i>Thalassiosira delicatula</i> Ostenfeld, 1908	-	+	-	-	-	-

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
<i>Thalassiosira excentrica</i> Karsten, 1905	-	+	-	-	-	-
<i>Thalassiosira nana</i> Lohmann, 1908	+	+	-	-	-	-
<i>Thalassiosira parva</i> Proshkina-Lavrenko, 1955	+	+	-	-	+	+
<i>Toxarium undulatum</i> J.W. Bailey, 1854 (= <i>Synedra undulata</i> (J.W. Bailey) Gregory, 1857)	+	+	-	-	+	+
<i>Tryblionella compressa</i> (Bailey) Poulin in Poulin & al. 1990	-	-	-	+	-	+
<i>Triceratium antediluvianum</i> (Ehrenberg) Grunow, 1868	+	+	-	-	-	-
DINOPHYCEAE:						
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann, 1903 (= <i>Gymnodinium lohmanni</i> Pauls.)	+	+	-	-	-	-
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1844	-	-	-	-	+	+
<i>Akashiwo sanguinea</i> (K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000	+	+	+	+	+	+
<i>Alexandrium minutum</i> Halim, 1960*	+	+	-	-	-	-
<i>Alexandrium ostenfeldii</i> (Paulsen) Balech et Tangen, 1985*	+	+	-	+	+	+
<i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech, 1995*	+	+	-	+	+	+
<i>Amphidinium crassum</i> Lohmann, 1908	+	+	-	+	+	+
<i>Amphidinium herdmannii</i> Kofoid & Swezy 1921	-	-	-	+	-	+
<i>Amphidinium</i> cf. <i>klebsii</i> Kofoid & Swezy, 1921	-	-	-	+	+	+
<i>Amphidinium flagellans</i> J. Schiller, 1928	-	-	+	+	+	+
<i>Amphidinium longum</i> Lohmann, 1908	+	+	-	-	+	+
<i>Amphidinium fusiforme</i> G.W. Martin, 1929	-	+	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7
<i>Amphidinium sphenoides</i> Wulff, 1919	+	+	-	+	+	+
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin, 1841	+	+	-	-	-	-
<i>Ceratium falcatum</i> (Kofoid) Jörgensen, 1920	+	+	-	-	-	-
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859 (= <i>Tripus furca</i> (Ehrenberg) F. Gómez, 2013)	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin, 1841 (= <i>Tripus fusus</i> (Ehrenberg) F. Gómez, 2013)	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratium pentagonum</i> Gourret, 1883	+	+	-	-	-	-
<i>Ceratium tripos</i> (O.F. Müller) Nitzsch, 1817 (= <i>Tripus muelleri</i> Bory de Saint-Vincent, 1826)	+	+	+	+	+	+
<i>Cochlodinium archimedes</i> (Pouchet, 1883) Lemmermann, 1899	-	-	-	+	-	+
<i>Cochlodinium brandtii</i> Wulff, 1916	-	-	-	+	+	+
<i>Cochlodinium citron</i> Kofoid & Swezy, 1921	+	+	+	+	+	+
<i>Cochlodinium helicoides</i> Lebour, 1925 (= <i>Cochlodinium helix</i> Kofoid et Swezy, 1921)	+	+	-	+	+	+
<i>Cochlodinium pupa</i> Lebour, 1925	+	+	-	-	+	+
<i>Diplopsalis minor</i> (Paulsen) Margalef	+	+	-	-	+	+
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh, 1881	+	+	+	+	+	+
<i>Diplopsalis lenticula</i> f. <i>lenticula</i> Bergh, 1881	+	+	-	-	+	+
<i>Diplopsalis lenticula</i> f. <i>globularis</i> Bergh, 1881	+	+	-	-	+	+
<i>Diplopsalis orbicularis</i> (Paulsen) Meunier, 1910	+	+	-	-	-	-
<i>Diplopsalis pilula</i> Ostenfeld, 1908 (= <i>Glenodinium pilula</i> (Ostenfeld) J. Schiller, 1935)	+	+	+	+	+	+

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann, 1859	+	+	-	+	+	+
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg, 1839	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis apiculata</i> Meunier, 1910	+	+	-	-	-	-
<i>Dinophysis arctica</i> Mer., 1879	+	+	-	-	-	-
<i>Dinophysis baltica</i> (Paulsen) Kofoid et Skogsb., 1928	+	+	-	-	-	-
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent, 1881	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis dentata</i> Schiller, 1928 (= <i>D. parva</i> Schill)	+	+	-	-	-	-
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard, 1924	+	+	-	-	+	+
<i>Dinophysis hastata</i> Stein, 1883	+	+	-	-	+	+
<i>Dinophysis levandieri</i> Wolosz, 1928	+	+	-	-	-	-
<i>Dinophysis minuta</i> (Cleve) Balech	+	+	-	-	-	-
<i>Dinophysis nasuta</i> (Stein) Parke & Dixon, 1968	-	-	-	+	-	+
<i>Dinophysis norvegica</i> Claparède et Lachmann, 1859	+	+	-	-	-	-
<i>Dinophysis odiosa</i> (Pavillard) Tai & Skogsberg, 1934*	-	+	-	+	+	+
<i>Dinophysis ovata</i> Claparède et Lachmann, 1859	+	+	-	-	-	-
<i>Dinophysis ovum</i> Schütt, 1895	+	+	-	-	+	+
<i>Dinophysis paulsenii</i> (Schiller) Ballech, 1967	+	+	-	-	+	+
<i>Dinophysis pulchella</i> (Lebour) Balech, 1967	+	+	-	-	-	-
<i>Dinophysis rotundata</i> Claparède & Lachmann, 1859	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis rudgei</i> (Murray et Whitting) Abe, 1967	+	+	-	-	-	-
<i>Dinophysis sacculus</i> F. Stein, 1883	+	+	-	+	+	+
<i>Dinophysis schilleri</i> Sourria, 1973	+	+	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7
<i>Dinophysis sphaerica</i> Stein, 1883	+	+	-	-	-	-
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret, 1883	+	+	-	-	-	-
<i>Dissodinium pseudolunula</i> Swift ex Elbrächter & Drebes, 1978	-	-	-	+	+	+
<i>Ensiculifera carinata</i> Matsuoka, Kobayashi & Gains, 1990	+	+	+	+	+	+
<i>Glenodinium danicum</i> Paulsen 1907	+	+	-	-	-	-
<i>Glenodinium paululum</i> Lindemann, 1928	-	-	-	+	+	+
<i>Goniodoma polyedricum</i> (C.H.G. Pouchet) Jørgensen, 1899	-	-	-	+	+	+
<i>Goniodoma sphaericum</i> Murr. et Whitt., 1899	+	+	-	-	-	-
<i>Gonyaulax apiculata</i> Entz, 1904	-	-	-	-	+	+
<i>Gonyaulax diegensis</i> Kofoid, 1911	+	+	-	-	-	-
<i>Gonyaulax digitalis</i> (C.H.G. Pouchet) Kofoid, 1911	+	+	-	+	+	+
<i>Gonyaulax minima</i> Matzenauer 1933	-	+	-	-	-	-
<i>Gonyaulax minuta</i> Kofoid et Michener, 1911	+	+	-	-	+	+
<i>Gonyaulax polygramma</i> F. Stein, 1883	+	+	+	+	+	+
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid, 1911	+	+	-	+	+	+
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing, 1866	+	+	-	+	+	+
<i>Gonyaulax verior</i> Sournia, 1973	-	+	-	+	+	+
<i>Gymnodinium agile</i> Kofoid et Swezy, 1921	+	+	-	-	+	+
<i>Gymnodinium agilliforme</i> J. Schiller, 1928	+	+	+	+	+	+
<i>Gymnodinium arcticum</i> Wulff, 1919	+	+	-	-	-	-
<i>Gymnodinium blax</i> T.M. Harris, 1939	-	+	+	+	+	+
<i>Gymnodinium flavum</i> Kofoid et Swezy, 1921	+	+	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7
<i>Gymnodinium gracile</i> Bergh, 1881	+	+	-	-	-	-
<i>Gymnodinium japonicum</i> Hada, 1974	+	+	-	-	-	-
<i>Gymnodinium kowalevskii</i> Pitzik, 1967	+	+	-	-	-	-
<i>Gymnodinium najadeum</i> J. Schiller, 1928	+	+	-	-	-	-
<i>Gymnodinium rhomboides</i> Schütt, 1895	+	+	-	-	-	-
<i>Gymnodinium simplex</i> (Lohmann) Kofoid & Swezy, 1921	+	+	+	+	+	+
<i>Gymnodinium staltatum</i> Hulburt, 1957*	+	+	-	-	-	-
<i>Gymnodinium wulffi</i> J. Schiller, 1933	+	+	+	+	+	+
<i>Gyrodinium aureolum</i> E.M. Hulburt, 1957	+	+	-	-	+	+
<i>Gyrodinium lacryma</i> (Meunier) Kofoid & Swezy, 1921	-	-	+	+	+	+
<i>Gyrodinium fusus</i> (Meunier) Akselman, 1985 (= <i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy, 1921)	+	+	+	+	+	+
<i>Gyrodinium flagellare</i> Schiller, 1928	+	+	-	-	+	+
<i>Gyrodinium nasutum</i> (Wulff) Schiller, 1933	+	+	-	-	-	-
<i>Gyrodinium pingue</i> (Schütt) Kofoid et Swezy, 1921	+	+	-	+	+	+
<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid & Swezy, 1921	+	+	+	+	+	+
<i>Heterocapsa minima</i> A.J. Pomroy, 1989	-	-	-	-	+	+
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III 1968) Morrill et Loeblich III 1981	+	+	-	-	+	+
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) G. Hansen, 1995 (= <i>Katodinium rotundatum</i> (Lohmann) Loeblich III 1965)	+	+	-	+	+	+
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) F. Stein, 1883	+	+	-	+	+	+
<i>Karenia brevis</i> (C.C. Davis) Gert Hansen & Moestrup, 2000	+	+	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7
<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda, 1935) Hancen & Moestrup, 2000 (= <i>Gymnodinium mikimotoi</i> Miyake & Kominami ex Oda, 1935)	+	+	+	+	-	+
<i>Katodinium glaucum</i> (Lebour) Loeblich III, 1965	+	+	+	+	+	+
<i>Katodinium fungiforme</i> (Anissimova) Fott, 1957	+	+	-	-	+	+
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & F.J.R. Taylor, 2003 (= <i>Gymnodinium elongatum</i> B. Hope 1954)	-	+	-	+	+	+
<i>Lingulodinium polyedra</i> (F. Stein) J.D. Dodge, 1989	+	+	-	+	+	+
<i>Margalefidinium polykrikoides</i> Margalef, 1961*	+	+	-	+	+	+
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick, 1937	+	+	+	+	+	+
<i>Oblea baculifera</i> Balech ex Loeblich Jr. & Loeblich III, 1966	-	+	-	-	+	+
<i>Oblea rotunda</i> (Lebour) Balech ex Sourmia, 1973	+	+	+	+	+	+
<i>Oxyrrhis marina</i> Dujardin, 1841	+	+	-	-	-	-
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i> Kofoid, 1926*	-	-	-	-	+	+
<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller, 1937	+	+	-	-	+	+
<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller, 1937*	+	+	-	-	-	-
<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937	+	+	-	-	-	-
<i>Peridinium aciculiferum</i> Lemmermann, 1900*	+	+	-	-	+	+
<i>Peridinium achromaticum</i> Levander 1902	+	+	-	-	-	-
<i>Peridinium africanum</i> Lemmermann, 1907	+	+	-	-	-	-
<i>Peridinium quinquecorne</i> T.H. Abé, 1927	+	+	+	+	+	+
<i>Peridinium pyriforme</i> Paulsen, 1907	+	+	-	-	-	-
<i>Peridinium triquetrum</i> Schiller, 1937	-	+	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7
<i>Polykrikos kofoidii</i> Chatton, 1914	+	+	+	+	+	+
<i>Polykrikos schwartzii</i> Bütschli, 1873	+	+	-	-	-	-
<i>Preperidinium meunierii</i> (Pavillard, 1907) Elbrächter, 1993	-	-	-	+	-	+
<i>Prorocentrum pelagica</i> Fabre-Domergue, 1889	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich III, 1970	+	+	-	+	+	+
<i>Prorocentrum compressum</i> (J.W. Bailey) T.H. Abé ex J.D. Dodge, 1975	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D. Dodge, 1975	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum gracile</i> F. Schütt, 1895	-	-	-	+	+	+
<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) F. Stein, 1978	+	+	-	-	+	+
<i>Prorocentrum marinum</i> (Cienkowski) Dodge & Bibby, 1973	+	+	-	-	-	-
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg, 1834	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) J. Schiller, 1933	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum scutellum</i> Schröder, 1900	+	+	-	-	-	-
<i>Prorocentrum vaginula</i> (F. Stein) Dodge, 1975	+	+	-	-	-	-
<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli, 1885	+	+	+	+	+	+
<i>Protoceratium areolatum</i> Kofoid, 1907	-	+	-	-	-	-
<i>Protoperidinium abei</i> (Paulsen, 1931) Balech, 1974	+	+	-	-	+	+
<i>Protoperidinium bipes</i> (Paulsen, 1904) Balech, 1974	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium breve</i> Unknown authority	-	-	-	-	+	+
<i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen, 1908) Balech, 1974	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium brochii</i> (Kofoid & Swezy, 1921) Balech, 1974	+	+	-	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech, 1974	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid, 1907) Balech, 1974	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium curtipes</i> (Jørgensen, 1912) Balech, 1974	-	+	-	-	+	+
<i>Protoperidinium curvipes</i> (Ostenfeld) Balech, 1974	-	+	-	-	+	+
<i>Protoperidinium decipiens</i> (Jørgensen) Parke et Dodge, 1976	-	+	-	-	+	+
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey, 1854) Balech, 1974	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium diabolus</i> (Karsten) Balech, 1974	+	+	-	-	-	-
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech, 1974	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium excentricum</i> (Paulsen, 1907) Balech, 1974	-	-	+	+	+	+
<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein, 1883) Balech, 1974	+	+	-	+	-	+
<i>Protoperidinium grande</i> (Kofoid, 1907) Balech, 1974	+	+	-	-	-	-
<i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech, 1974	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium inflatum</i> (Okamura, 1912) Balech, 1974	+	+	-	-	-	-
<i>Protoperidinium knipowitschii</i> (Usachev, 1927) Balech, 1974	+	+	-	+	+	+
<i>Protoperidinium longispinum</i> (Kofoid, 1907) Balech, 1974	+	+	-	-	+	+
<i>Protoperidinium mariebourgiae</i> (Paulsen) Balech 1974	+	+	-	-	-	-
<i>Protoperidinium mediterraneum</i> (Kofoid, 1909) Balech, 1974	+	+	-	-	-	-
<i>Protoperidinium oblongum</i> (Aurivillius) Parke & Dodge, 1976	+	+	-	+	+	+
<i>Protoperidinium oceanicum</i> (Vanhöffen, 1897) Balech, 1974	+	+	-	-	-	-
<i>Protoperidinium ovatum</i> Pouchet, 1883	-	-	-	+	+	+
<i>Protoperidinium pallidum</i> (Ostenfeld, 1899) Balech, 1973	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium pedunculatum</i> (Schütt, 1895) Balech, 1974	+	+	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7
<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh, 1881	+	+	-	+	+	+
<i>Protoperidinium pentagonum</i> (Gran, 1902) Balech, 1974	+	+	-	+	-	+
<i>Protoperidinium ponticum</i> Verschinin et Morton, 2005*	+	+	-	-	-	-
<i>Protoperidinium roseum</i> (Paulsen, 1904) Balech, 1974	-	-	-	+	+	+
<i>Protoperidinium sinaicum</i> (Matzenauer, 1933) Balech, 1974	+	+	-	-	-	-
<i>Protoperidinium solidicorne</i> (Mangin, 1926) Balech, 1974	+	+	-	-	+	+
<i>Protoperidinium spiniferum</i> (J. Schiller, 1937) Balech, 1974	+	+	-	-	-	-
<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen, 1899) Balech, 1974	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium subinerme</i> (Paulsen) Loeblich III, 1970	-	-	-	+	+	+
<i>Protoperidinium thorianum</i> (Paulsen, 1905) Balech, 1973	-	+	-	-	-	-
<i>Protoperidinium ventrale</i> (Abe, 1936) Balech, 1974	+	+	-	-	-	-
<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt, 1896 (=Gymnodinium lunula Schütt)	+	+	-	-	+	+
<i>Pyrophacus horologium</i> F. Stein, 1883	+	+	-	-	-	-
<i>Scaphodinium mirabile</i> Margalef, 1963*	-	-	-	-	+	+
<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, 2015 (=Scrippsiella trochoidea (F. Stein) A.R. Loeblich III, 1976)	+	+	+	+	+	+
<i>Spatulodinium pseudonoctiluca</i> (Pouchet) J. Cachon & M. Cachon, 1968*	-	-	-	-	+	+
<i>Torodinium teredo</i> (Pouchet, 1885) Kofoid & Swezy 1921	+	+	-	+	+	+
<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921	+	+	+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7
<i>Warnowia maculata</i> (Kofoid & Swezy) Lindemann, 1928	-	-	+	+	+	+
<i>Warnowia schuetzii</i> (Kofoid & Swezy) Schiller, 1933	+	+	-	-	-	-
EBRIAPHYCEAE:						
<i>Ebria tripartita</i> (J. Schumann) Lemmermann, 1899	+	+	-	+	+	+
<i>Hermesinium adriaticum</i> Zacharias, 1906	-	-	-	+	+	+
CRYPTOPHYCEAE:						
<i>Hillea fusiformis</i> (J. Schiller) J. Schiller, 1925	-	-	-	+	+	+
<i>Plagioselmis prolonga</i> Butcher ex G. Novarino, I.A.N. Lucas & S. Morrall, 1994	-	+	+	+	+	+
<i>Plagioselmis punctata</i> Butcher, 1967	-	+	+	+	+	+
CRYPTOPHYTA INCERTAE SEDIS						
<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher, 1967	-	-	-	+	-	+
DICTYOSCHOPHYCEAE:						
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg, 1839	+	+	-	+	+	+
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg, 1839	-	+	-	-	+	+
<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse, 1946	-	+	+	+	+	+
COCCOLITHOPHYCEAE:						
<i>Acanthoica acanthos</i> Schiller, 1925	+	+	-	+	+	+
<i>Acanthoica quatropsina</i> Lohmann, 1903	-	-	-	+	+	+
<i>Syracosphaera cordiformis</i> Schiller, 1913	+	+	-	-	-	-

<i>1</i>	2	3	4	5	6	7
<i>Calyptosphaera oblonga</i> Lohmann, 1902	+	+	-	-	-	-
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) J. Schiller 1930	-	-	-	-	+	+
PRYMNESIOPHYCEAE:						
<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) W.W. Hay & H.P. Mohler in W.W. Hay, 1967	+	+	+	+	+	+
<i>Phaeocystis pouchetii</i> (Hariot) Lagerheim, 1896*	+	+	-	-	-	-
CHRYSOPHYCEAE						
<i>Dinobryon balticum</i> (Schutt) Lemmermann, 1901	+	+	-	+	+	+
<i>Dinobryon faculiferum</i> (Willén) Willén, 1992	-	-	-	+	-	+
EUGLENOPHYCEAE:						
<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer, 1904	+	+	-	-	+	+
<i>Eutreptia globulifera</i> Goor, 1925	+	+	-	-	-	-
<i>Euglena pascheri</i> Swirenko, 1915	-	+	-	-	+	+
<i>Euglena viridis</i> (O.F. Müller) Ehrenberg, 1830	-	+	+	+	+	+
CHLOROPHYCEAE:						
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat, 1894	+	+	-	-	+	+
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat 1902	-	+	-	-	-	-
<i>Scenedesmus quadricauda</i> Chodat, 1926	-	+	-	-	+	+
<i>Scenedesmus falcatus</i> Chodat, 1926	-	+	-	-	+	+
<i>Scenedesmus obliquus</i> (Turpin) Kutzing, 1833	-	+	-	-	+	+
<i>Scenedesmus bicaudatus</i> Dedusenko, 1925	-	+	-	-	+	+
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs 1848	-	+	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7
<i>Ankistrodesmus convolutus</i> Corda, 1838	-	+	-	-	+	+
<i>Ankistrodesmus pseudomirabilis</i> Korshikov, 1953	-	+	-	-	-	-
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová, 1969	+	+	+	+	+	+
FLORIDEOPHYCEAE:						
<i>Ardissonaea crystallina</i> (C.A. Agardh) Grunow in Cleve & Grunow, 1880	+	+	-	-	-	-
ULVOPHYCEAE:						
<i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Proschkina-Lavrenko, 1966	+	+	+	-	+	+
PRASINOPHYCEAE: PYRAMIMONOPHYCEAE						
<i>Pterosperma cristatum</i> Schiller, 1925	-	+	-	-	-	-
<i>Pterosperma undulatum</i> Ostenfeld, 1902	+	+	+	+	+	+
CYANOPHYCEAE:						
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn, 1895	-	+	+	-	-	+
<i>Anabaena flos-aquae</i> f. <i>major</i> Elenkin, 1909	-	+	+	-	-	+
<i>Lyngbya semiplena</i> J. Agardh ex Gomont 1892	+	+	-	-	-	-
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen, 1839	-	+	-	-	+	+
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützting) Kützing, 1846	-	+	-	-	-	-
<i>Oscillatoria bonnemaisonii</i> P.L. Crouan & H.M. Crouan ex Gomont, 1892	+	+	-	-	-	-
<i>Spirulina subsalsa</i> Orstedt ex Gomont, 1892	+	+	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7
<i>Phormidium nigroviride</i> (Thwaites ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988	+	+	-	-	-	-
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg 1992	-	+	+	-	+	+
<i>Trochiscia brachiolata</i> (Möbius) Lemmermann	+	+	-	-	-	-

Примечание: * – виды-вселенцы в Черное море; СВЧМ – северозасточная часть Черного моря, КЧ – Керченский пролив; I – порт, бухта; II – за пределами порта, бухты; Н – Новороссийск, Т – Туапсе, А – Анапа, Г – Геленджик.

Note: * – new phytoplankton species alien to the Black Sea; NEBS – Northeastern Black Sea, KS – Kerch Strait; I – port, bay; II – offshore of port, bay.

Источники: I – Ясакова, Макаревич, 2017; Заремба, 2011, 2013; Брянцева, 2010; II – Теренько, 2004, 2007, Check-list, 2010 [Морозова-Водяницкая, 1948, Ясакова, 1998–2009, 2014; Vershinin, Moruchkov, 2003; Vershinin et al., 2005, 2006; Vershinin, Morton, 2005; Yasakova, 2010, 2011; Паутова и др., 2012, 2013]; III – Report (NPMS) EMBLAS (Yasakova+Mikaelyan) 2016–2019; IV – Ясакова, 2020; Yasakova (personal list, 2012–2020); Silkin et al., 2018.

Source: I – Yasakova, Makarevich, 2017; Zaremba, 2011, 2013; II – Terenko, 2004, 2007, Check-list, 2010 [Morosova-Vodyanitskaya, 1948, Yasakova, 1998–2009, 2014; Vershinin, Moruchkov, 2003; Vershinin et al., 2005, 2006; Vershinin, Morton, 2005; Yasakova, 2010, 2011; Pautova et al., 2012, 2013]; III – Report (NPMS) EMBLAS (Yasakova+Mikaelyan) 2016–2019; IV – Yasakova, 2020; Yasakova (personal list, 2012–2020), Silkin et al., 2018.

Выделено желтым – названия видов даны в соответствии с Algaebase [https://www.algaebase.org/search/species], названия остальных видов даны в соответствии с Worms [https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=search].

Yellow highlights the species whose names are given in accordance with Algaebase [https://www.algaebase.org/search/species], the names of the other species are presented in accordance with Worms [https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=search]

Noctiluca scintillans (Macartney) Kofoid & Swezey, 1921 – вид не вошел в таблицу, т.к. относится к компонентам зоопланктона.

Noctiluca scintillans (Macartney) Kofoid & Swezey, 1921 – not include in the table; the species belongs to zooplankton.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 1. Таксономический состав фитопланктона Черного моря в районе Абхазии в 2011–2020 гг. Table 1. Taxonomic composition of phytoplankton in the Abkhazian sector of the Black Sea in 2011–2020

Таксоны водорослей / Год и месяц исследования Algae taxa / Year and month of the study	2011		2012		2013	2014	2019	2020	
	VI-VII	X	IV	VII	X	IX	X	X	
<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BACILLARIOPHYCEAE:									
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	+	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grun	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	+	+	+	+	+	-	-	+	+
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder	+	+	+	-	+	-	-	+	+
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	+	-	+	+	-	-	-	-	+
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Chaetoceros insignis</i> Proshkina-Lavrenko	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Chaetoceros scabrosus</i> Proshkina-Lavrenko	+	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Chaetoceros</i> spp.	-	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> sp.	+	-	+	+	-	+	-	-	-
<i>Cyclotella</i> sp.	-	-	+	-	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Dactylosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	-	+	-	+	-	-	-	+	+
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Gyrosigma</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Hemitaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck	-	-	-	-	+	-	-	+	-
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs in Pritchard	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mer.	+	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schutt	+	-	-	+	-	+	-	+	-
<i>Pleurosigma elongatum</i> Smith	+	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle (complex)**	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) H. Peragallo (complex)**	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	+	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström	-	-	+	+	-	-	-	+	+
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundstrom	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	+	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Thalassiosira</i> sp.	-	-	+	-	-	+	-	+	-
DINOPHYCEAE:									
<i>Akashiwo sanguinea</i> (Hirasaka) Hansen et Moestrup**	+	-	+	+	+	+	+	-	-
<i>Alexandrium</i> sp.**	+	+	-	-	-	+	+	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Amphidinium amphidinoides</i> (Geitler) Schiller	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Amphidinium crassum</i> Lohmann	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Amphidinium longum</i> Lohmann	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Amphidinium sphenoides</i> Wulff	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Amphidinium</i> sp.	+	+	-	-	-	+	+	-	-
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin**	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratium tripos</i> (O.F. Müller) Nitzsch**	+	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Cochlodinium archimedes</i> (Pouchet) Lemmermann	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Cochlodinium citron</i> Kofoed & Swezy	+	+	+	+	-	+	-	+	+
<i>Cochlodinium</i> sp.	+	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Dinophysis acuminata</i> Clap. et Lachm.**	+	-	+	+	+	+	-	+	-
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg**	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent**	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard	+	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Dinophysis hastata</i> Stein	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Dinophysis odiosa</i> (Pavillard) Tai & Skogsberg	+	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Dinophysis rotundata</i> Claparède & Lachmann	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis pulchella</i> (Lebour) Balech	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein	+	+	-	-	-	+	+	-	-
<i>Dinophysis</i> sp.	+	+	-	-	+	+	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Diplopsalis</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dissodinium pseudolunula</i> Swift ex Elbrächter & Drebes	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Ensiculifera carinata</i> Matsuoka, Kobayashi & Gains	+	-	+	+	+	+	+	-	-
<i>Glenodinium</i> sp.	+	-	+	+	+	+		-	-
<i>Gymnodinium agile</i> Kofoid et Swezy, 1921	-	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Gymnodinium agiliforme</i> J. Schiller, 1928	-	+	-	+	+	+	+	-	-
<i>Gymnodinium blax</i> Harris.	+	-	-	+	-	+	+	-	+
<i>Gymnodinium nana</i> Schiller	+	+	-	+	+	-	-	-	-
<i>Gymnodinium simplex</i> (Lohm.) Kofoid et Swezy	+	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>Gymnodinium wulffi</i> Schill.	+	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Gymnodinium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gyrodinium flagellare</i> Schiller	-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy	+	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid et Swezy	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gyrodinium</i> sp.	+	+	-	+	+	+	-	+	-
<i>Gonyaulax digitalis</i> (Pouchet) Kofoid	+	+	-	+	+	+	-	+	-
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Clap. et Lachm.) Diesing	+	-	+	+	+	+	+	+	-
<i>Gonyaulax verior</i> Sournia	+	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Gonyaulax</i> sp.	+	-	-	-	-	+	-	+	+

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) G. Hansen	-	-	-	+	+	+	+	-	+
<i>Heterocapsa</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein	+	-	+	+	-	+	+	-	-
<i>Katodinium glaucum</i> (Lebour) Loeblich	+	+	+	+	-	+	+	-	+
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor	+	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge**	+	-	-	+	-	+	-	+	-
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Oblea rotunda</i> (Lebour) Balech ex Sournia	+	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i> Kofoid*	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Oxytoxum variabile</i> Schill.	-	-	-	+	-	+	+	-	-
<i>Pronoctilica pelagica</i> Fabre-Domergue	-	+	-	+	+	+	+	-	+
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) Dodge**	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg**	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller	-	+	-	-	-	+	-	-	+
<i>Prorocentrum</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Protoperidinium bipes</i> (Paulsen) Balech (= <i>Peridinium minusculum</i> Pav.)	+	-	-	+	-	+	-	-	+
<i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen) Balech	-	-	-	+	-	+	-	-	+
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech	+	+	-	-	-	-	-	+	+
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech**	+	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech	+	-	+	+	-	+	+	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech	+	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Protoperidinium knipowitschii</i> (Usachev) Balech	-	+	-	+	+	+	-	-	-
<i>Protoperidinium oblongum</i> (Auriv.) Parke et Dodge	+	-	-	+	+	+	+	+	-
<i>Protoperidinium pallidum</i> (Ostenfeld) Balech	-	+	-	-	-	+	-	+	+
<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh	+	-	+	+	-	+	+	-	+
<i>Protoperidinium sinaicum</i> (Matzenauer) Balech	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium thorianum</i> (Paulsen) Balech	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Protoperidinium</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polykrikos kofoidii</i> Chatton**	+	+	+	+	+	+	-	-	+
<i>Protoceratium reticulatum</i> (Clap.et Lachm.) Butschli**	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Protoceratium areolatum</i> Kofoid**	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt (= <i>Gymnodinium lunula</i> Schütt)	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich	+	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Spatulodinium pseudonocitiluca</i> (Pouchet) J. Cachon & M. Cachon*	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Spora dinophyta</i>	-	-	-	-	-	+	+	-	+

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PRYMNESIOPHYCEAE:									
<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay et Mohler	+	-	-	+	-	+	-	+	+
<i>Isochrysis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+
DICTYOCOPHYCEAE:									
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse	-	-	+	-	+	-	-	+	+
EBRIAPHYCEAE:									
<i>Hermesimum adriaticum</i> Zacharias	-	-	-	-	-	-	-	-	+
CYANOPHYCEAE:									
<i>Anabaena</i> sp.	+	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Aphanizomenon elenkinii</i> Kisselev**	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oscillatoria</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg**	+	+	+	+	+	+	-	-	+
CRYPTOPHYCEAE:									
<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino	+	+	+	+	+	+	+	+	-
EUGLENOPHYCEAE:									
<i>Euglena</i> sp.	+	-	-	+	-	+	+	-	+
<i>Euglena viridis</i> (O.F. Müller) Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer	+	-	-	+	-	-	-	-	-
PRASINOPHYCEAE:									
<i>Pterosperma undulatum</i> Ostenfeld	+	+	-	-	-	-	-	+	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CHLOROPHYCEAE: <i>Scenedesmus</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-

Примечание: * – новый для восточной части Черного моря вид; ** – потенциально токсичный или вредоносный вид; названия видов даны в соответствии с мировой классификацией Algaebase [https://www.algaebase.org/search/species], Worms [https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=search].

Note: * – a new species for the eastern part of the Black Sea; ** – a potentially toxic or harmful species; the names of the species are given in accordance with the world classification of Algaebase [https://www.algaebase.org/search/species], Worms [https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=search].

Таблица 2. Доминирующие классы и виды водорослей в районе Абхазии в разные сезоны 2011–2020 гг.

Table 2. Dominant taxa of phytoplankton in the Abkhazian sector of the Black Sea in different seasons of 2011–2020

Год и месяц исследования / Year and month of the study	Доминирующие по численности / Dominant in abundance	Доминирующие по биомассе / Dominant in biomass
I	2	3
VI–VII	Криптофитовые, 6 %: <i>Plagioselmis prolonga</i> . Примнезиевые, 36 %: <i>Emiliania huxleyi</i> . Диатомовые, 39 %: <i>Chaetoceros affinis</i> , <i>Thalassionema nitzschioideis</i> . Динофитовые, 17 %: <i>Gyrodinium fusiforme</i> , виды рода <i>Gymnodinium</i> , <i>Prorocentrum cordatum</i> , <i>Scrippsiella trochoidea</i>	Диатомовые, 22 %: <i>Chaetoceros affinis</i> , <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> . Динофитовые, 76 %: <i>Ceratium tripos</i> , <i>C. furca</i> , <i>Diplopsalis lenticula</i> , <i>Ensiculifera carinata</i> , <i>Protoperidinium divergens</i> , <i>P. crassipes</i> , <i>P. steinii</i> , <i>Scrippsiella trochoidea</i>
2011 X	Криптофитовые, 9 %: <i>Plagioselmis prolonga</i> . Диатомовые, 47 %: <i>Chaetoceros affinis</i> , <i>Ch. compressum</i> , <i>Dactylosolen fragilissimus</i> , <i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> , <i>Thalassionema nitzschioideis</i> , <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> . Динофитовые, 42 %: виды рода <i>Gymnodinium</i> , <i>Prorocentrum cordatum</i> , <i>P. micans</i> , <i>Katodinium glaucum</i> , <i>Torodinium robustum</i>	Диатомовые, 34 %: <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> . Динофитовые, 65 %: виды рода <i>Ceratium</i> , <i>Dinophysis caudata</i> , <i>D. rotundata</i> , <i>Prorocentrum micans</i> , <i>Protoperidinium divergens</i> , <i>P. crassipes</i> , <i>P. steinii</i> , <i>Protoceratium reticulatum</i>

I	2	3
IV	<p>Криптофитовые, 17 %: <i>Plagioselmis prolunga</i>. Диатомовые, 55 %: <i>Chaetoceros affinis</i>, <i>C. insignis</i>, <i>C. curvisetus</i>, <i>Chaetoceros</i> sp., <i>Nitzschia tenuirostris</i>, <i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> и <i>Proboscia alata</i>. Динофитовые, 26 %: <i>Prorocentrum cordatum</i>, <i>Katodinium glaucum</i>, <i>Scrippsiella trochoidea</i>, виды родов <i>Gymnodinium</i> и <i>Gyrodinium</i></p>	<p>Диатомовые, 22 %: <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> и <i>Proboscia alata</i>, виды родов <i>Chaetoceros</i> и <i>Coscinodiscus</i>. Динофитовые, 77 %: <i>Ceratium tripos</i>, <i>C. fusus</i>, <i>C. furca</i>, <i>Diplopsalis lenticula</i>, <i>Protoperidinium crassipes</i> и <i>P. depressum</i></p>
VII	<p>Примнезиевые, 68 %: <i>Emiliania huxleyi</i>. Диатомовые, 5 %: <i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i>, <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> и <i>Nitzschia tenuirostris</i>. Динофитовые, 21 %: <i>Gymnodinium simplex</i>, <i>G. nana</i>, <i>G. blax</i>, <i>Gymnodinium</i> sp., <i>Gyrodinium fusiforme</i>, <i>Katodinium glaucum</i>, <i>Prorocentrum cordatum</i>, <i>Lessardia elongata</i>, <i>Amphidinium longum</i></p>	<p>Диатомовые, 12 %: <i>Pseudosolenia calcar-avis</i>. Динофитовые, 83 %: <i>Ceratium furca</i>, <i>C. tripos</i>, <i>Diplopsalis lenticula</i>, <i>Dinophysis caudata</i>, <i>D. rotundata</i>, <i>Lingulodinium polyedrum</i>, <i>Protoperidinium divergens</i>, <i>P. crassipes</i>, <i>Polukrikos kojoidii</i></p>
X	<p>Криптофитовые, 4 %: <i>Plagioselmis prolunga</i>. Диатомовые, 45 %: <i>Pseudosolenia calcar-avis</i>, <i>Chaetoceros affinis</i>, <i>Thalassionema nitzschioides</i>, <i>Chaetoceros compressum</i>, <i>Skeletonema costatum</i>, <i>Hemiaulax hauckii</i>. Динофитовые, 50 %: <i>Prorocentrum cordatum</i>, род <i>Gymnodinium</i>, <i>Gyrodinium fusiforme</i>, <i>Scrippsiella trochoidea</i>, <i>Torodinium robustum</i></p>	<p>Диатомовые, 42 %: <i>Pseudosolenia calcar-avis</i>. Динофитовые, 57 %: <i>Ceratium furca</i>, <i>C. tripos</i>, <i>Dinophysis rotundata</i>, <i>Akashiwo sanguinea</i>, <i>Protoperidinium divergens</i>, <i>P. crassipes</i></p>
V	<p>Примнезиевые, 95 %: <i>Emiliania huxleyi</i>. Диатомовые, 1 %: <i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i>. Динофитовые, 3 %: виды родов <i>Gymnodinium</i>, <i>Gyrodinium</i>, <i>Prorocentrum</i>, <i>Scrippsiella trochoidea</i>, <i>Torodinium robustum</i></p>	<p>Примнезиевые, 53 %: <i>Emiliania huxleyi</i>. Диатомовые, 5 %: <i>Pseudosolenia calcar-avis</i>. Динофитовые, 41 %: <i>Ceratium furca</i>, <i>C. tripos</i>, <i>P. micans</i>, <i>Protoperidinium crassipes</i>, <i>Dinophysis acuta</i>, <i>D. rotundata</i>, <i>Spatulodinium pseudomonostiluca</i>, <i>Polukrikos kojoidii</i></p>
2013		

I	2	3
<p>2014 IX</p>	<p>Криптофитовые, 20 %: <i>Plagioselmis prolonga</i>. Диатомовые, 20 %: <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> и <i>Thalassionema nitzschioides</i>. Динофитовые, 59 %: <i>Gyrodinium fusiforme</i>, <i>Katodinium glaucum</i>, <i>Akashiwo sanguinea</i>, род <i>Gymnodinium</i></p>	<p>Диатомовые, 77 %: <i>Pseudosolenia calcar-avis</i>. Динофитовые, 22 %: <i>Ceratium tripos</i>, <i>C. furca</i>, <i>Dinophysis rotundata</i>, <i>Protoperidinium depressum</i></p>
<p>2019 X</p>	<p>Примнезиевые, 35 %: <i>Emiliania huxleyi</i>. Диатомовые, 44 %: <i>Proboscia alata</i>, <i>Chaetoceros affinis</i>, <i>Ch. scabrosus</i>, <i>Ch. tortissimus</i>, <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>, <i>Ps. pseudodelicatissima</i> и <i>Pseudosolenia calcar-avis</i>. Динофитовые, 17 %: <i>Prorocentrum cordatum</i> и <i>P. micans</i>, виды родов <i>Gymnodinium</i>, <i>Gyrodinium</i></p>	<p>Диатомовые, 58 %: <i>Proboscia alata</i>, род <i>Chaetoceros</i>, <i>Pseudosolenia calcar-avis</i>. Динофитовые, 41 %: <i>Ceratium furca</i>, <i>C. furca</i>, <i>Diplopsalis lenticula</i>, <i>Prorocentrum micans</i>, <i>Protoceratium reticulatum</i>, представители родов <i>Dinophysis</i>, <i>Gyrodinium</i> и <i>Protoperidinium</i></p>
<p>2020 X</p>	<p>Примнезиевые, 45 %: <i>Emiliania huxleyi</i> и <i>Isochrysis</i> sp. Диатомовые, 17 %: <i>Thalassionema nitzschioides</i>, <i>Chaetoceros affinis</i>, <i>Nitzschia tenuirostris</i>. Динофитовые, 36 %: <i>Prorocentrum cordatum</i>, <i>P. micans</i>, <i>Heterocapsa rotundata</i>, <i>Katodinium glaucum</i>, <i>Torodinium robustum</i></p>	<p>Диатомовые, 9 %: <i>Chaetoceros affinis</i>, <i>Ch. curvisetus</i>, <i>Thalassionema nitzschioides</i> и <i>Pseudosolenia calcar-avis</i>. Динофитовые, 84 %: <i>Dinophysis rotundata</i>, <i>Polykrikos cofoidi</i>, <i>Gyrodinium spirale</i>, <i>Protoceratium</i> <i>reticulatum</i>, <i>Protoperidinium divergens</i>, <i>Ceratium tripos</i>, <i>C. furca</i>, <i>C. furca</i> и <i>Protoceratium micans</i></p>

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица. Таксономический состав фитопланктона в районе Керченского пролива в 2009–2019 гг.

Table. The taxonomic composition of phytoplankton in the area of the Kerch Strait in 2009–2019

Класс и вид водорослей / год и месяц исследования Algae taxa/ year and month of the study	2009	2010	2011		2012	2013		2016	2019
	IV	VII	VI	IX	VII	V	VII	VIII	VIII
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BACILLARIOPHYCEAE:									
<i>Amphora hyalina</i> Kützing	+	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Amphora inflexa</i> (Brébisson ex Kützing) Cleve	+	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	-	+	++	-	+	-	++	-	+
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	++	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Chaetoceros scabrosus</i> Prosekina-Lavrenko	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostefeld	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Chaetoceros subtilis</i> Cleve	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros</i> spp. Ehrenberg	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	+	++	+	-	-	-	-	+	-
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Coscinodiscus granii</i> L.F. Gough	++	+	+	++	-	++	-	+	-
<i>Coscinodiscus janischii</i> A. Schmidt	-	-	+	+	-	++	++	-	-
<i>Coscinodiscus subtilis</i> Ehrenberg	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> sp. Ehrenberg	++	+	+	+	-	+	-	+	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Cyclotella caspia</i> Grunow	+++	+++	-	++	-	-	-	-	-
<i>Cyclotella</i> sp. (Kützing) Brébisson	-	-	-	+	-	+	-	+	-
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C. Lewin	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Dactylosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	+	-	+	-	-	-	-	-	++
<i>Dietylum brightwellii</i> (T. West) Grunow	-	+++	-	++	-	-	-	-	-
<i>Gyrosigma</i> sp. Hassall	++	-	-	+	-	-	-	+	-
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	-	-	-	-	-	-	-	++	-
<i>Licmophora ehrenbergii</i> (Kützing) Grunow	+	-	-	-	-	-	++	-	-
<i>Licmophora flabellata</i> (Greville) C. Agardh	+	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müller) C. Agardh	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mereschkowsky	++	+++	+	+	+	-	-	++	-
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith	+	+	+	-	+	-	+	+	-
<i>Pleurosigma</i> sp. W. Smith	+	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström	-	-	-	-	+	-	-	-	++
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle (complex)	+	++	+	++	++	-	+	+	+++
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G. Sundström	-	+++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Pseudonitzschia</i> sp. H. Peragallo	+	-	+	-	-	-	-	+	-
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	+++	++	++	-	-	-	-	+	-
<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunow	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) C. Agardh	+	-	-	-	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Suriella gemma</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	+	+++	+++	++	++	+	+	+	++
<i>Thalassiosira</i> sp. Cleve	+	+	-	++	-	-	-	+	-
DINOPHYCEAE:									
<i>Akashiwo sanguinea</i> (Hirasaka) Hansen et Moestrup (= <i>Gymnodinium sanguineum</i> Hirasaka)	++	-	+	+	+	-	-	+	+
<i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Amphidinium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Amphidinium crassum</i> Lohmann	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphidinium longum</i> Lohmann	-	-	+	-	-	++	-	-	-
<i>Amphidinium flagellans</i> J. Schiller 1928	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Amphidinium fusiforme</i> G.W. Martin	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Vanhoeffen	-	-	+	++	++	++	-	+	++
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	-	-	+	+	+	+	-	-	++
<i>Ceratium tripos</i> (O.F. Müller) Nitzsch	-	-	++	-	-	++	-	-	++
<i>Cochlodinium citron</i> Kofoid & Swezy	-	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann	+	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg	-	-	+	+	-	-	-	-	+
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent	-	+	++	-	+	-	-	+	+
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis rotundata</i> (Claparède & Lachmann) Balech	-	-	+	+	+	+	-	+	+
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein	+	-	+	-	+	+	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Dinophysis</i> sp. Ehrenberg	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh	+	+	-	+	++	+	-	+	+
<i>Diplopsalis</i> sp. R.S. Bergh	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Glenodinium pilula</i> (Ostenfeld) Schiller	-	-	+	+	-	+	-	-	+
<i>Glenodinium</i> sp. Ehrenberg	+	+	+	-	-	+	-	-	-
<i>Gymnodinium agilitiforme</i> Schiller	-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Gymnodinium blax</i> T.M. Harris	-	-	+	-	++	-	++	-	++
<i>Gymnodinium elongatum</i> Hope	-	-	-	-	-	++	-	-	-
<i>Gymnodinium simplex</i> (Lohmann) Kofoid & Swezy	+	-	+++	-	++	-	-	+	++
<i>Gymnodinium wulffi</i> Schiller	+	+	++	-	+	+	+	+	+
<i>Gymnodinium</i> spp. F. Stein	++	+++	+++	+	++	+++	++	++	+
<i>Gyrodinium lacryma</i> (Meunier) Kofoid & Swezy 1921	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy	+	++	+++	++	++	++	-	+	+
<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid & Swezy	-	-	+	+	+	-	-	-	++
<i>Gyrodinium</i> sp. Kofoid & Swezy	+	+	+	++	++	++	++	+	++
<i>Gonyaulax digitalis</i> (Pouchet) Kofoid	-	+	-	+	+	-	-	-	-
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing	-	+	-	+	+	-	-	-	-
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Gonyaulax</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Katodinium glaucum</i> (Lebour) Loeblich	-	+	++	+	+	-	-	+	++
<i>Katodinium fungiforme</i> (Anissimova) A.R. Loeblich	-	-	+	-	-	-	-	-	-

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (F. Stein) J.D. Dodge	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Mesoporus perforatus</i> (Gran) Lillick	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein	-	-	+	+	+	-	-	-	-
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) G. Hansen (= <i>Katodinium rotundatum</i> (Lohmann) Loeblich)	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Heterocapsa</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Ensiculifera carinata</i> Matsuoka, Kobayashi & Gains	-	-	+	++	+	-	-	+	-
<i>Oblea baculifera</i> Balech ex Loeblich	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oblea rotunda</i> (Lebour) Balech ex Sournia	+	+	-	+	+	-	-	+	++
<i>Oxyrrhis marina</i> Dujardin	-	+++	+	+	-	-	++	-	-
<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polykrikos kofoiidii</i> Chatton	-	+	+	+++	+++	+	-	++	+
<i>Polykrikos schwartzii</i> Bütschli	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue	-	-	+	-	-	-	-	-	++
<i>Prorocentrum compressum</i> (J.W. Bailey) Abé ex J.D. Dodge	+	+	++	+	+	+	-	+	+
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D. Dodge	+	++	++	+	++	++	+	-	++
<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) J. Schiller	-	++	++	+	-	++	-	+	-
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	+	++	++	+++	++	+++	++	+++	++
<i>Prorocentrum</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Peridinium quinquecorne</i> Abé 1927	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli	-	+	-	-	++	-	-	-	++

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Protoperidinium bipes</i> (Paulsen) Balech (= <i>Peridinium minusculum</i> Pavillard)	+	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen) Balech	-	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech	-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech	-	-	-	-	-	+	-	+	++
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech	-	+	-	++	++	++	-	-	++
<i>Protoperidinium excentricum</i> (Paulsen) Balech	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Protoperidinium globulus</i> (F. Stein) Balech	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech	+	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Protoperidinium knipowitschii</i> (Usachev) Balech	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium pallidum</i> (Ostenfeld) Balech	-	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech	+	-	-	+	+	+	-	-	+
<i>Protoperidinium</i> spp. Bergh	++	+	-	++	+	-	-	+	-
<i>Scripsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich	++	+	-	+	+	+	+	-	++
<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy	-	+	+	-	+	-	-	-	++
<i>Warnowia</i> aff. <i>maculata</i> (Kofoid & Swezy) Lindemann 1928	-	-	-	-	-	-	-	-	+
PRYMNESIOPHYCEAE:									
<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) W.W. Hay & H.P. Mohler	+	+	+++	-	+++	+++	-	-	++

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CRYPTOPHYCEAE:									
<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino	+	+++	++	++	++	++	+++	++	++
<i>Plagioselmis punctata</i> Butcher	+	+++	+	++	++	++	++	++	+
EUGLENOPHYCEAE:									
<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer	+	+	+	-	+	-	++	+	-
<i>Euglena viridis</i> (O.F. Müller) Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Euglena</i> sp. Ehrenberg	-	+	+	++	-	-	-	+	-
CHLOROPHYCEAE:									
<i>Ankistrodesmus convolutus</i> Corda	+	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Proschkina-Lavrenko	+	+++	+	++	-	+	-	+	-
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	+	++	+	-	-	++	-	+	-
<i>Oocystis</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson	+	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Scenedesmus falcatus</i> Chodat	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scenedesmus obliquus</i> (Turpin) Kützing	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scenedesmus bicaudatus</i> Dedusenko	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetraselmis</i> sp. F. Stein	-	-	-	+	-	-	-	-	-
PRASINOPHYCEAE:									
<i>Pterosperma undulatum</i> Ostensfeld	-	+	+	-	+	+	-	-	+
<i>Pterosperma</i> sp. Pouchet	+	+	-	-	-	-	-	+	-
aff. <i>Nannochloris</i> sp. Naumann	-	+	+	++	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DICTYOSPORHUCEAE:									
<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse	-	-	-	-	-	-	-	-	+
CYANOPHYCEAE:									
<i>Anabaena flos-aquae</i> f. <i>major</i> Elenkin	-	-	-	-	-	-	++	+	-
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	-	-	-	-	-	-	-	++	-
<i>Anabaena</i> sp. Bory ex Bornet & Flahault	-	+	-	+	-	-	++	++	-
<i>Aphanizomenon</i> sp. A. Morren ex É. Bornet & C. Flahault	-	+	-	+	-	+	-	-	-
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komarková-Legnerová & Cronberg	+	+	+	+++	-	+	++	+++	-
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	-	-	-	++	-	-	-	-	-
<i>Spirulina</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Synechocystis</i> sp.	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oscillatoria</i> spp. Vaucher ex Gomont	+	++	+	-	-	-	-	+	-

Примечание: Вид: «+» – редкий, «++» – обычный, «+++» – массовый, «-» – отсутствует. Массовые виды формировали более 10 % численности или биомассы фитопланктона, обычные – от 1 до 10 %; редкие – до 1 %.

Note: Species: “+” – detected, “++” – common, “+++” – mass, “-” – absent. Mass species formed more than 10 % of the abundance or biomass of phytoplankton, ordinary – from 1 to 10 %, rare – up to 1 %.

Научное издание

Ясакова Ольга Николаевна
Макаревич Павел Робертович

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА
СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ**

Монография

Редактура, корректура *А.В. Стахеевой*
Оригинал макет, *Л.В. Безбородовой*
обработка графиков,
дизайн обложки
Перевод *Михалюка Р.Г. и авторов*

Подписано в печать 10.05.2023
Формат 70×100/16. Гарнитура PT Serif
Бумага мелованная. Усл. п. л. 18,75
Тираж 300 экз. Заказ №

Издательство ЮНЦ РАН
344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41
Тел. (863) 250-98-21
ssc-ras@ssc-ras.ru
ssc_ssc-ras@mail.ru