

УДК 581.526.325(262.54.04)“2009/2019”

ВИДОВОЙ СОСТАВ, ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА ФИТОПЛАНКТОНА В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ В 2009–2019 ГГ.

© 2024 г. О. Н. Ясакова

Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, Российская Федерация
E-mail: yasak71@mail.ru

Поступила в редакцию 21.06.2022; после доработки 28.06.2023;
принята к публикации 27.08.2024; опубликована онлайн 09.09.2024.

В работе представлены результаты исследований планктонных водорослей Керченского пролива в весенне-осенний период 2009–2019 гг. В составе фитопланктона обнаружено 114 видов и несколько таксонов, определённых до рода, из 11 классов водорослей, в том числе 64 вида динофитовых и 32 вида диатомовых. Средние значения численности и биомассы — 140 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,386 г·м⁻³ соответственно. Цианопрокариоты доминировали по численности (44 % общего числа клеток). Диатомовые и динофитовые составили основу (62 и 35 %) биомассы и значительную часть численности фитопланктона (19 и 18 %). Представители криптофитовых, кокколитофорид и зелёных водорослей в сумме формировали 18 % общего обилия фитопланктона. Весной доминировали мелкие диатомовые *Skeletonema costatum* и *Cyclotella caspia*. В летний период преобладали мелкие и крупные виды диатомовых и динофитовых, а также кокколитофорида *Emiliania huxleyi*. Осенью наиболее многочисленными были цианопрокариоты (*Planktolyngbya limnetica*), криптофитовые (из рода *Plagioselmis*) и зелёные водоросли (из родов *Binuclearia* и *Nannochloris*). Диатомовые (*Pseudosolenia calcar-avis*) и динофитовые из родов *Prorocentrum*, *Protoperidinium* и *Ceratium* формировали основу биомассы фитопланктона.

Ключевые слова: фитопланктон, таксономический состав, численность, биомасса, Керченский пролив

Керченский пролив соединяет Азовское и Чёрное моря. Его обитатели подвержены влиянию как природных, так и антропогенных факторов: интенсивного судоходства, строительства гидротехнических сооружений, работы портовых и рейдовых перегрузочных комплексов, эксплуатации береговых нефтехранилищ в Тамани и порту Кавказ, а также перевалки нефти и сыпучих грузов. Всё более серьёзной становится проблема поступления биогенных элементов с хозяйственно-бытовыми сточными водами [Жугайло и др., 2011]. На фоне климатических изменений, роста интенсивности морских грузоперевозок, развития туризма и индустриализации водного отдыха необходимо проводить постоянный мониторинг среды в Азово-Черноморском бассейне [Магишов, Иванов, 2012; Магишов и др., 2013]. В связи с этим исследование современного состояния планктонного фитоценоза Керченского пролива — одного из наиболее чувствительных компонентов морских экосистем — представляет существенный интерес. Несмотря на большое внимание к изучению планктонных сообществ Керченского пролива, данных о сезонной динамике состава, численности и биомассы фитопланктона этого района недостаточно. Задача наших исследований — проанализировать пространственно-временную изменчивость видового богатства и обилия фитопланктона под влиянием факторов среды в период с 2009 по 2019 г.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В настоящей работе представлены результаты, полученные в экспедициях в акватории Керченского пролива (рис. 1) на НИС «Денеб» ЮНЦ РАН в апреле 2009 г., июле 2010 г., июне и сентябре 2011 г., июле 2012 г., мае и июле 2013 г., а также на НИС «Пеленг» Севастопольского отделения ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова» в августе 2016 и 2019 гг. по проектам EMBLAS-II (Improving Environmental Monitoring in the Black Sea – Phase II, ENPI/2013/313-169) и EMBLAS-Plus (Selected Measures, ENI/2017/389-859).

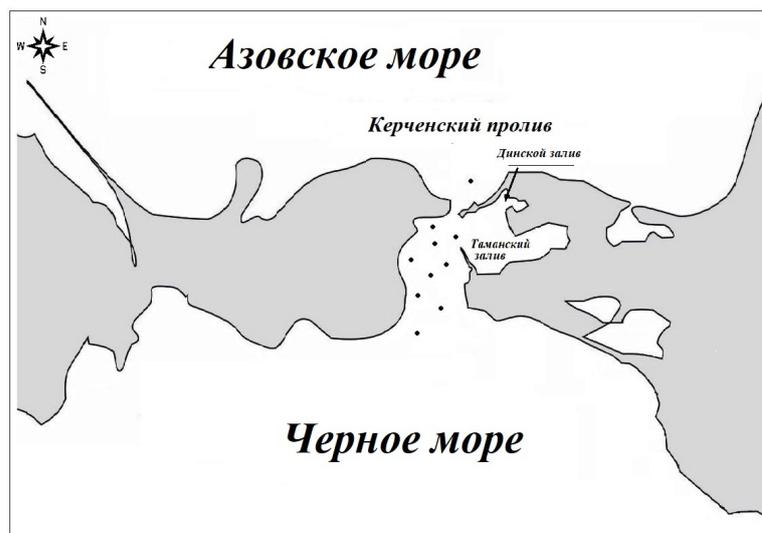


Рис. 1. Район отбора проб фитопланктона в акватории Керченского пролива в 2009–2019 гг.

Fig. 1. A scheme of phytoplankton sampling sites in the Kerch Strait waters in 2009–2019

Отобрана и обработана 51 проба. В сентябре 2011 г., мае и июле 2013 г. и августе 2016 г. пробы отбирали в верхнем слое моря, 0–1 м. Изучение вертикальной структуры фитопланктона в апреле 2009 г., июне 2011 г. и июле 2010 г. проводили на двух горизонтах (поверхность и дно), в июле 2012 г. и августе 2019 г. — на горизонтах 0–1 м, 5 м, 10 м и дно. Пробы воды отбирали в дневное время суток с борта судна с помощью батометров, сгущали методом осаждения, фиксировали 5%-ным кислым раствором Люголя, нейтральным формалином или кислым раствором Уотермеля до конечной концентрации 1–2 % [Макаревич, Дружков, 1989]. Количественный учёт фитопланктона производили с помощью микроскопа «Микмед-2» с увеличением $\times 100$, $\times 200$ и $\times 400$ в счётной камере Нажотта объёмом 0,05 мл. Минимальный размер учитываемых клеток — 3–5 мкм. Для трихомных цианобактерий за одну условную единицу счёта принимали колонию длиной 50–100 мкм. При идентификации видов использовали руководства [Голлербах и др., 1953; Дедусенко-Щеголева и др., 1959; Киселев, 1950; Косинская, 1948; Прошкина-Лавренко, 1955, 1963; Dodge, 1982; Identifying Marine Phytoplankton, 1997]. Биомассу фитопланктона определяли исходя из размеров и форм клеток согласно их подобию наиболее сходным стереометрическим фигурам, считая удельный вес водорослей равным единице [Брянцева и др., 2005]. В настоящей работе следовали классификации водорослей, принятой в AlgaeBase [2023]. Для оценки сходства таксономического состава сообществ микроводорослей Керченского пролива в разные периоды исследований использовали коэффициент Сёренсена — Чекановского [Clarke et al., 2014].

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Таксономический состав фитопланктона. В Керченском проливе обнаружено 114 видов и несколько не определённых до вида водорослей (табл. 1), относящихся к 11 классам. Высоким видовым разнообразием отличались классы Dinophyceae (64 вида) и Bacillariophyceae (32 вида).

В июне 2011 г. и августе 2019 г. видовой состав фитопланктона (табл. 1) характеризовался наибольшим богатством (58 и 53 вида соответственно). В июле 2013 г. наблюдали наименьшее разнообразие (16 видов). В другое время общее число видов водорослей варьировало от 34 до 45. Максимальное разнообразие динофлагеллят отмечено в июне 2011 г. и августе 2019 г. (37 и 41 вид соответственно); в другие периоды исследований количество видов составляло от 6 до 27. Диатомовые были наиболее широко представлены в апреле 2009 г. (19 видов); число видов в остальные периоды — от 7 до 14. Количество видов из других классов изменялось в зависимости от сезона и года в диапазоне от 3 (июль 2012 г. и июль 2013 г.) до 10 (апрель 2009 г. и июль 2010 г.).

Таблица 1. Видовой состав фитопланктона в Керченском проливе в 2009–2019 гг.

Table 1. Species composition of phytoplankton in the Kerch Strait in 2009–2019

Класс и вид водоросли	Год, месяц	2009	2010	2011		2012	2013		2016	2019
		IV	VII	VI	IX	VII	V	VII	VIII	VIII
BACILLARIOPHYCEAE										
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder		–	+	++	–	+	–	++	–	+
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve		++	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell		–	–	–	–	–	–	–	+	–
<i>Chaetoceros scabrosus</i> Proshkina-Lavrenko		–	–	–	–	–	–	–	+	–
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostefeld		+	–	–	–	–	–	–	+	–
<i>Chaetoceros subtilis</i> Cleve		+	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Chaetoceros</i> spp.		+	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey		+	++	+	–	–	–	–	+	–
<i>Climaconeis inflexa</i> (Brébisson ex Kützing) E. J. Cox [= <i>Amphora inflexa</i> (Brébisson ex Kützing) Cleve]		+	–	+	–	–	–	–	–	+
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg		+	–	–	–	–	–	–	+	–
<i>Coscinodiscus granii</i> L. F. Gough		++	+	+	++	–	++	–	+	–
<i>Coscinodiscus janischii</i> A. W. F. Schmidt		–	–	+	+	–	++	++	–	–
<i>Coscinodiscus subtilis</i> Ehrenberg		–	–	–	+	–	–	–	–	–
<i>Coscinodiscus</i> sp.		++	+	+	+	–	+	–	+	–
<i>Cyclotella caspia</i> Grunow		+++	+++	–	++	–	–	–	–	–
<i>Cyclotella</i> sp.		–	–	–	+	–	+	–	+	–
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J. C. Lewin		–	–	–	–	–	–	–	+	–
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle		+	–	+	–	–	–	–	–	++
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow		–	+++	–	++	–	–	–	–	–
<i>Gyrosigma</i> sp.		++	–	–	+	–	–	–	+	–
<i>Halamphora hyaline</i> (Kützing) Rimet & R. Jahn (= <i>Amphora hyaline</i> Kützing)		+	–	–	–	–	–	–	–	+
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck		–	–	–	+	–	–	–	–	–
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve		–	–	–	–	–	–	–	++	–
<i>Licmophora ehrenbergii</i> (Kützing) Grunow		+	–	–	–	–	–	++	–	–
<i>Licmophora flabellata</i> (Greville) C. Agardh		+	–	–	–	–	+	–	–	–

Продолжение на следующей странице...

Класс и вид водоросли	Год, месяц	2009	2010	2011		2012	2013		2016	2019
		IV	VII	VI	IX	VII	V	VII	VIII	VIII
<i>Melosira moniliformis</i> (Link) C. Agardh		–	–	–	–	–	+	–	–	–
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Manguin		++	+++	+	+	+	–	–	++	–
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith		+	+	+	–	+	–	+	+	–
<i>Pleurosigma</i> sp.		+	+	–	–	–	–	–	–	+
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström		–	–	–	–	+	–	–	–	++
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B. G. Sundström		–	+++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle (complex)		+	++	+	++	++	–	+	+	+++
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.		+	–	+	–	–	–	–	+	–
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve		+++	++	++	–	–	–	–	+	–
<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck		+	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) C. Agardh		+	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Surirella gemma</i> (Ehrenberg) Kützing		–	–	–	–	–	+	–	–	–
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky		+	+++	+++	++	++	+	+	+	++
<i>Thalassiosira</i> sp.		+	+	–	++	–	–	–	+	–
DINOPHYCEAE										
<i>Akashiwo sanguinea</i> (K. Hirasaka) G. Hansenet Moestrup (= <i>Gymnodinium sanguineum</i> K. 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		–	–	–	–	–	–	–	–	+
<i>Amphidinium fusiforme</i> G. W. Martin		–	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Blixaea quinquecornis</i> (T. H. Abé) Gottschling (= <i>Peridinium quinquecorne</i> Abé)		–	–	–	–	–	–	–	+	–
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann		+	–	+	–	–	+	–	–	–
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg		–	–	+	+	–	–	–	–	+
<i>Dinophysis caudata</i> Kent		–	+	++	–	+	–	–	+	+
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard		–	+	+	–	–	–	–	–	–
<i>Dinophysis sacculus</i> F. Stein		+	–	+	–	+	+	–	–	–
<i>Dinophysis</i> sp.		–	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh		+	+	–	+	++	+	–	+	+
<i>Diplopsalis</i> sp.		–	–	–	+	–	–	–	–	–
<i>Glenodinium pilula</i> (Ostenfeld) J. Schiller		–	–	+	+	–	+	–	–	+
<i>Glenodinium</i> sp.		+	+	+	–	–	+	–	–	–
<i>Gymnodinium agiliforme</i> J. Schiller		–	–	–	–	–	+	–	–	+
<i>Gymnodinium blax</i> T. M. Harris		–	–	+	–	++	–	++	–	++
<i>Gymnodinium elongatum</i> B. Hope		–	–	–	–	–	++	–	–	–
<i>Gymnodinium simplex</i> (Lohmann) Kofoid & Swezy		+	–	+++	–	++	–	–	+	++
<i>Gymnodinium wulfii</i> J. Schiller		+	+	++	–	+	+	+	+	+
<i>Gymnodinium</i> spp.		++	+++	+++	+	++	+++	++	++	+

Продолжение на следующей странице...

Класс и вид водоросли	Год, месяц	2009	2010	2011		2012	2013		2016	2019
		IV	VII	VI	IX	VII	V	VII	VIII	VIII
<i>Gyrodinium lacryma</i> (Meunier) Kofoid & Swezy		-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy		+	++	+++	++	++	++	-	+	+
<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid & Swezy		-	-	+	+	+	-	-	-	++
<i>Gyrodinium</i> sp.		+	+	+	++	++	++	++	+	++
<i>Gonyaulax digitale</i> (Pouchet) Kofoid		-	+	-	+	+	-	-	-	-
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing		-	+	-	+	+	-	-	-	-
<i>Gonyaulax polygramma</i> F. Stein		-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Gonyaulax</i> sp.		-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Katodinium glaucum</i> (Lebour) A. R. Loeblich III		-	+	++	+	+	-	-	+	++
<i>Lingulodinium polyedra</i> (F. Stein) J. D. Dodge		-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Margalefidinium citron</i> (Kofoid & Swezy) F. Gómez, Richlen & D. M. Anderson (= <i>Cochlodinium citron</i> Kofoid & Swezy)		-	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick		-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) G. Hansen [= <i>Katodinium rotundatum</i> (Lohmann) Loeblich III]		-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) F. Stein		-	-	+	+	+	-	-	-	-
<i>Heterocapsa</i> sp.		-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Ensiculifera carinata</i> Matsuoka, Kobayashi & Gains		-	-	+	++	+	-	-	+	-
<i>Oblea baculifera</i> Balech		+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oblea rotunda</i> (Lebour) Balech		+	+	-	+	+	-	-	+	++
<i>Oxyrrhis marina</i> Dujardin		-	+++	+	+	-	-	++	-	-
<i>Oxytoxum caudatum</i> J. Schiller		-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & J. R. Michener [= <i>Dinophysis rotundata</i> (Claparède & Lachmann) Balech]		-	-	+	+	+	+	-	+	+
<i>Polykrikos kofoidii</i> Chatton		-	+	+	+++	+++	+	-	++	+
<i>Polykrikos schwartzii</i> Bütschli		-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Pronocitluca pelagica</i> Fabre-Domergue		-	-	+	-	-	-	-	-	++
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) T. H. Abé ex J. D. Dodge		+	+	++	+	+	+	-	+	+
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J. D. Dodge [= <i>P. minimum</i> (Pavillard) J. Schiller]		+	++	++	+	++	++	+	+	++
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg		+	++	++	+++	++	+++	++	+++	++
<i>Prorocentrum</i> sp.		-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli		-	+	-	-	++	-	-	-	++
<i>Protoperidinium bipes</i> (Paulsen) Balech		+	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen) Balech		-	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech		-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech		-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech		-	-	-	-	-	+	-	+	++

Продолжение на следующей странице...

Класс и вид водоросли	Год, месяц	2009	2010	2011		2012	2013		2016	2019
		IV	VII	VI	IX	VII	V	VII	VIII	VIII
<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.		++	+	–	++	+	–	–	+	–
<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S. Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling [= <i>Scrippsiella trochoidea</i> (F. Stein) A. R. Loeblich III]		++	+	–	+	+	+	+	–	++
<i>Speroidium fungiforme</i> (Anisimova) Moestrup & Calado [= <i>Katodinium fungiforme</i> (Anisimova) A. R. Loeblich III]		–	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy		–	+	+	–	+	–	–	–	++
<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F. Gómez [= <i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann]		–	–	+	++	++	++	–	+	++
<i>Tripos fusus</i> (Ehrenberg) F. Gómez [= <i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin]		–	–	+	+	+	+	–	–	++
<i>Tripos muelleri</i> Bory [= <i>Ceratium tripos</i> (O. F. Müller) Nitzsch]		–	–	++	–	–	++	–	–	++
<i>Warnowia</i> aff. <i>maculate</i> (Kofoid & Swezy) Lindemann		–	–	–	–	–	–	–	–	+
COCCOLITHOPHYCEAE										
<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) W. W. Hay & H. P. Mohler		+	+	+++	–	+++	+++	–	–	++
CRYPTOPHYCEAE										
<i>Plagioselmis</i> spp.		+	+++	++	++	++	++	+++	++	++
EUGLENOPHYCEAE										
<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer		+	+	+	–	+	–	++	+	–
<i>Euglena viridis</i> (O. F. Müller) Ehrenberg		–	–	–	–	–	–	–	–	+
<i>Euglena</i> sp.		–	+	+	++	–	–	–	+	–
ULVOPHYCEAE										
<i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Proshkina-Lavrenko		+	+++	+	++	–	+	–	+	–
CHLOROPHYCEAE										
<i>Ankistrodesmus convolutus</i> Corda		+	–	+	+	–	–	–	–	–
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat		+	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová		+	++	+	–	–	++	–	+	–
<i>Scenedesmus bicaudatus</i> Dedusenko		–	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Scenedesmus falcatus</i> Chodat		+	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Scenedesmus obliquus</i> (Turpin) Kützing		–	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Scenedesmus quadricauda</i> Chodat		+	+	+	+	–	–	–	–	–

Продолжение на следующей странице...

Класс и вид водоросли	Год, месяц	2009	2010	2011		2012	2013		2016	2019
		IV	VII	VI	IX	VII	V	VII	VIII	VIII
<i>Tetraselmis</i> sp.		–	–	–	+	–	–	–	–	–
TREBOUXIOPHYCEAE										
<i>Oocystis</i> sp.		+	–	–	–	–	–	–	–	–
aff. <i>Nannochloris</i> sp.		–	+	+	++	–	–	–	–	–
PYRAMIMONADOPHYCEAE										
<i>Pterosperma undulatum</i> Ostenfeld		–	+	+	–	+	+	–	–	+
<i>Pterosperma</i> sp.		+	+	–	–	–	–	–	+	–
DICTYOCHOPHYCEAE										
<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse		–	–	–	–	–	–	–	–	+
CYANOPHYCEAE										
<i>Anabaena flos-aquae</i> Brébisson ex Bornet & Flauhault f. <i>major</i> Elenkin		–	–	–	–	–	–	++	+	–
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn		–	–	–	–	–	–	–	++	–
<i>Anabaena</i> sp.		–	+	–	+	–	–	++	++	–
<i>Aphanizomenon</i> sp.		–	+	–	+	–	+	–	–	–
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen		+	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing		–	–	–	++	–	–	–	–	–
<i>Oscillatoria</i> spp.		+	++	+	–	–	–	–	+	–
<i>Planktolingbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg		+	+	+	+++	–	+	++	+++	–
<i>Spirulina</i> sp.		+	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечание: + — редкий вид; ++ — обычный; +++ — массовый; – — отсутствует. Массовые виды формировали более 10 % общей численности или биомассы фитопланктона, обычные — от 1 до 10 %; редкие — до 1 %.

Note: +, rare species; ++, common; +++, abundant; and –, absent. Abundant species formed more than 10% of total phytoplankton abundance or biomass; common ones, 1 to 10%; and rare ones, up to 1%.

Наиболее высокие показатели сходства таксономического состава сообществ микроводорослей Керченского пролива [коэффициент Сёренсена — Чекановского (Дайса) ≥ 60 %] отмечены в тёплое время года (табл. 2), при максимальных значениях температуры воды (+21...+28 °C). В это время отмечали высокое видовое разнообразие микроводорослей (табл. 3).

Таблица 2. Показатели сходства [коэффициент Сёренсена — Чекановского (Дайса)] таксономического состава сообществ микроводорослей в Керченском проливе в разные периоды исследования

Table 2. Indicators of similarity [Sørensen–Czekanowski (Dice) coefficient] of taxonomic composition for microalgal communities in the Kerch Strait during different study periods

Год, месяц		2009	2010	2011		2012	2013		2016
		IV	VII	VI	IX	VII	V	VII	VIII
2010	VII	52							
2011	VI	52	55						
2011	IX	45	55	54					
2012	VII	44	62	59	63				
2013	V	43	44	50	52	51			
2013	VII	33	40	35	33	42	32		
2016	VIII	52	53	54	49	55	44	36	
2019	VIII	37	42	62	46	67	51	26	41

Примечание: бледно-розовые ячейки — значения коэффициента в диапазоне 26–37; светло-розовые — 40–49; розовые — 50–59; тёмно-розовые — 62–67.

Note: cells highlighted in pale pink depict the coefficient values within 26–37; light pink, 40–49; pink, 50–59; and dark pink, 62–67.

Таблица 3. Основные гидрологические характеристики и показатели фитопланктона в Керченском проливе в 2009–2019 гг.

Table 3. The basic hydrological and phytoplankton characteristics for the Kerch Strait in 2009–2019

Месяц	Год	Температура воды, °С / глубина, м	Ветер, м·с ⁻¹ / волнение, баллы	Фитопланктон		
				число видов	численность, тыс. кл.·л ⁻¹	биомасса, мг·м ⁻³
Апрель	2009	+9,8...+9,9 / 7–11	нет данных	45	130	57
Май	2013	+19...+19,8 / 10–12	E-ES 5–9 / 1–2	34	58	145
Июнь	2011	+22,6...+24 / 6–11	0 / 0	58	62	82
Июль	2010	+26,8...+27 / 3–15	E-ES 2–3 / 1	44	101	418
	2012	+22...+23 / 4–14	NW 5,3–5,7 / 1–2	37	72	217
	2013	+24...+24,4 / 10	S 2–3 / 0–1	16	19	242
Август	2016	+26,2...+28 / 4–16	ES 2–3 / 0–1	39	719	1922
	2019	+25,8...+26 / 24–28	S 2–2,5 / 0–1	53	22	302
Сентябрь	2011	+21,3...+21,5 / 3–12	SW 6–8 / 1–2	39	77	93
				Всего	В среднем	В среднем
				114	140	386

В фитопланктоне Керченского пролива наиболее распространены общие для Чёрного и Азовского морей виды диатомовых водорослей (*Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros subtilis*, *Coscinodiscus granii*, *Cyclotella caspia*, *Ditylum brightwellii*, *Nitzschia tenuirostris*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Skeletonema costatum* и *Thalassionema nitzschioides*), динофлагеллят (*Akashiwo sanguinea*, *Diplopsalis lenticula*, *Gymnodinium simplex*, *Gyrodinium fusiforme*, *Prorocentrum cordatum*, *Prorocentrum micans*, *Protoperidinium granii*, *Protoperidinium divergens*, *Protoperidinium steinii* и *Scrippsiella acuminata*) и кокколитофорид (*Emiliania huxleyi*) [Студеникина и др., 1999]. На фоне обилия видов диатомовых и динофлагеллят существенное развитие получили солоноватоводные виды классов Сруторфусеае, Еугленофусеае, Слорофусеае и Суанофусеае, широко распространённые в планктоне Азовского моря. Малые глубины и высокая гидродинамическая активность в Керченском проливе способствуют обогащению фитопланктона перифитонными видами диатомовых (*Climaconeis inflexa*, *Cocconeis scutellum*, *Halamphora hyalina*, *Licmophora ehrenbergii*, *Licmophora flabellata*, *Melosira moniliformis* и *Pleurosigma elongatum*) и представителями родов *Gyrosigma* и *Striatella*.

Видовое богатство фитопланктона, зарегистрированное нами в Керченском проливе в 2009–2019 гг. (114 видов), выше описанного ранее (42–90 видов) [Брянцева и др., 2010; Заремба, 2013; Черникова, 2004]. Вероятно, это связано с более продолжительным периодом наших исследований и с охватом трёх сезонов (весна, лето и осень). Однако таксономический состав планктонных водорослей существенно уступал числу видов, которые были зарегистрированы в более обширном районе Керченского пролива, включающем Динской и Таманский заливы, в 1997–2000 гг. (154 вида) [Ковалева, 2008].

2. Сезонная динамика численности и биомассы фитопланктона. Значения численности и биомассы фитопланктона в Керченском проливе в период исследований (с апреля 2009 г. по август 2019 г.) варьировали в широком диапазоне — 19–719 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,06–1,92 г·м⁻³ соответственно — и в среднем составляли (140 ± 220) тыс. кл.·л⁻¹ и (0,386 ± 0,587) г·м⁻³ (табл. 3, рис. 2). Цианопрокариоты доминировали по численности (44 % в среднем за период исследований). Диатомовые и динофлагелляты формировали существенную часть общей численности (в среднем 19 и 18 % соответственно) и биомассы (в среднем 62 и 35 %). Криптофитовые, кокколитофориды и зелёные водоросли составляли в среднем 18 % численности и 3 % биомассы

планктонного фитоценоза. На долю представителей других классов в сумме приходилось менее 1 % численности и биомассы. Максимум развития планктонных водорослей отмечен в августе 2016 г. — 719 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 1,922 г \cdot м $^{-3}$. За счёт этого средние значения обилия фитопланктона в летний период (166 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,531 г \cdot м $^{-3}$) в 2–5 раз превышали показатели, зарегистрированные весной и осенью (94 и 77 тыс. кл. \cdot л $^{-1}$ и 0,101 и 0,093 г \cdot м $^{-3}$ соответственно).

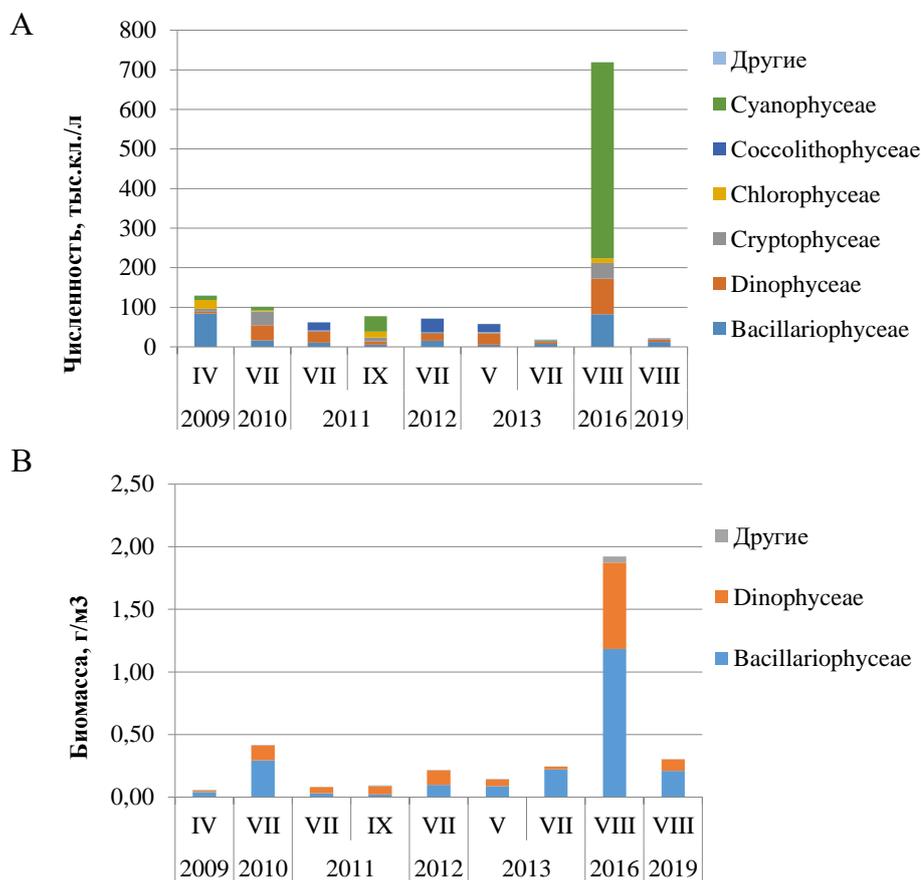


Рис. 2. Численность (А) и биомасса (Б) планктонных водорослей в Керченском проливе в 2009–2019 гг.

Fig. 2. Abundance (A) and biomass (Б) of planktonic algae in the Kerch Strait area in 2009–2019

В весенне-летний период 2009–2019 гг. распределение численности и биомассы фитопланктона по вертикали носило неоднородный характер и зависело от гидродинамической активности вод, способствующей более равномерному распределению планктонных водорослей в столбе воды. Так, в июле 2012 г. в результате интенсивной ветровой активности наблюдали относительно равномерное распределение кокколитофорид (они составляли 43–50 % общей численности) во всём столбе воды (0–14 м). При этом в июне 2011 г. в штилевую погоду кокколитофориды были сосредоточены (42 % численности) в верхнем слое моря (0–1 м) и отсутствовали у дна (6–11 м). Вследствие обильного развития в придонном слое пелагиали крупных видов (до 200 мкм) бенто-планктонных диатомовых водорослей, их биомасса у дна в апреле 2009 г., июне 2011 г. и августе 2019 г. была в 1,4–2 раза выше, чем в верхних слоях пролива (0–5 м).

Весна. В апреле 2009 г. в результате интенсивного развития в основном средне- и крупно-размерных динофлагеллят *A. sanguinea* (40–200 мкм) и перифитонных диатомовых родов *Gyrosigma* и *Striatella* количество фитопланктона в придонных слоях пролива было в 1,3 раза выше, чем на поверхности, а биомасса — в 1,9 раза. Диатомовые в среднем составили

65 % численности и 69 % биомассы пелагического фитопланктона, при этом в поверхностном слое пролива они формировали 61 % численности и 49 % биомассы, а у дна — 68 и 79 % соответственно. Среди них наиболее интенсивно развивались *S. costatum* и *C. caspia*; на уровне субдоминант отмечены *N. tenuirostris* и *C. curvisetus*. Представители родов *Coscinodiscus*, *Thalassiosira* и *Gyrosigma*, а также доминирующие по численности виды *S. costatum*, *C. caspia* и *C. curvisetus* составили основу биомассы диатомовых водорослей. Важную роль в формировании общей биомассы сообществ (в среднем 21 %) играли динофлагелляты — 33 % на поверхности пролива и 14 % у дна. При этом в общей численности их доля не превышала 2 %. Среди них основными были *Oblea baculifera*, *S. acuminata*, *A. sanguinea* и *P. micans*, а также виды родов *Gymnodinium* и *Protoberidinium*. В значительных количествах развивались некоторые виды зелёных водорослей (*Binuclearia lauterbornii* и *Monoraphidium contortum*), цианопрокариот (представители *Oscillatoria* и *Planktolynghya*) и криптофитовых (*Plagioselmis* spp.). Представители этих классов формировали 17, 8 и 6 % численности фитопланктона соответственно и суммарно около 9 % биомассы. Эпизодически в исследуемой акватории встречались мелкие жгутиковые водоросли со средней численностью 2 тыс. кл.·л⁻¹.

В мае 2013 г. диатомовые формировали 9 % численности и 60 % биомассы фитопланктона. Среди них наиболее интенсивно развивался крупноклеточный вид *P. calcar-avis* (89 % численности и 88 % биомассы диатомовых). На уровне субдоминант зарегистрированы *T. nitzschoides* и виды рода *Coscinodiscus*. Основной вид кокколитофорид, *E. huxleyi*, формировал 35 % общей численности и — вследствие мелких размеров клеток — лишь 2 % биомассы. Динофлагелляты составляли основу численности (48 %) и существенную часть (37 %) биомассы фитопланктона. Наиболее многочисленными среди них были виды родов *Gymnodinium* и *Prorocentrum*. Основная компонента биомассы динофитовых включала *P. micans* и крупные виды родов *Protoberidinium* и *Tripes*. На долю представителей других классов водорослей приходилось не более 6 % численности и 1 % биомассы.

Лето. В июне 2011 г. у поверхности вод заметным был вклад кокколитофориды *E. huxleyi*: она формировала 42 % численности фитопланктона. У дна, вероятно вследствие затемнения фотического слоя из-за взмучивания, этот вид не развивался. В верхнем слое численность водорослей (98 тыс. кл.·л⁻¹) была почти в 4 раза выше, а биомасса (0,067 г·м⁻³) — в 1,4 раза ниже, чем у дна (26 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,096 г·м⁻³ соответственно). Доминировали динофлагелляты — 44 и 54 % численности и 67 и 56 % биомассы у поверхности и у дна соответственно; ведущими среди них по численности были виды рода *Gymnodinium* и *G. fusiforme*. В меньшем количестве встречены *P. minimum* и *Gyrodinium spirale*. Основой биомассы динофлагеллят были *Tripes furca*, *Tripes muelleri* и виды рода *Gyrodinium*. Диатомовые в среднем формировали 17 % численности фитопланктона (46 % у дна и 8 % на поверхности) и 37 % биомассы (27 и 44 % соответственно). Преваляровала по численности *T. nitzschoides*, в меньшем количестве встречены *P. pseudodelicatissima*, *C. affinis* и *C. granii*. Основу биомассы составляли крупные клетки *P. calcar-avis*, *C. granii* и многочисленный вид *T. nitzschoides*. Около 5 % общей численности фитопланктона приходилось на долю криптофитовых и зелёных водорослей.

В июле 2010 г. с увеличением глубины наблюдали снижение обилия — от 116 тыс. кл.·л⁻¹ на поверхности до 86 тыс. кл.·л⁻¹ у дна. Значения биомассы оставались практически постоянными на всех горизонтах — 0,41–0,43 г·м⁻³. В поверхностном слое динофлагелляты формировали 40 % численности и 31 % биомассы фитопланктона, а у дна — 36 и 27 % соответственно. В значительном количестве среди них на поверхности развивались *Oxyrrhis marina*, *P. micans* и представители родов *Amphidinium* и *Gymnodinium*; у дна — *P. cordatum*, *G. fusiforme* и *Katodinium glaucum*. Основой биомассы повсеместно были крупные *Dinophysis fortii*, *P. divergens*, *D. lenticula*, *Polykrikos kofoidii* и многочисленные виды *P. micans*, *O. marina* и *K. glaucum*. Диатомовые составили 15–16 % численности и 67–71 % биомассы на поверхности и у дна, среди них количественно

преобладали *C. caspia*, *D. brightwellii*, *N. tenuirostris*, *T. nitzschioides* и *P. calcar-avis*. Основу биомассы формировали *C. granii*, *P. calcar-avis*, *D. brightwellii* и *Coscinodiscus* sp.; у дна увеличивалась роль *P. calcar-avis* (26 % общей биомассы), а на поверхности — *D. brightwellii* (46 % биомассы). Отмечено обилие криптофитовых водорослей *Plagioselmis* spp. и цианопрокариот родов *Oscillatoria*, *Planktolyngbya* и *Aphanizomenon* — 30–38 и 9–10 % общей численности соответственно. Солоноватоводный вид *B. lauterbornii* и морской *Pterosperma undulatum* преимущественно развивались на верхнем горизонте моря, формируя 4 % общей численности.

В июле 2012 г. отмечено относительно равномерное распределение численности и биомассы фитопланктона по вертикали (67–80 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,203–0,228 г·м⁻³ соответственно). Как и в летний период 2011 г., доминировала по численности (47 %) кокколитофориды *E. huxleyi*. Её максимальную численность (34–38 тыс. кл.·л⁻¹) наблюдали в верхнем слое пролива (0–5 м); с глубиной значение уменьшалось (29 тыс. кл.·л⁻¹). Из-за небольшого размера своих клеток *E. huxleyi* формировала не более 2 % общей биомассы. Диатомовые составили в среднем 22 % численности (от 15 % у дна до 21–28% в слое 0–5 м) и 45 % биомассы (от 33 % на поверхности и у дна до 67 % на горизонте 5 м). Численно доминировали *P. pseudodelicatissima*, *T. nitzschioides* и *P. calcar-avis*, при этом последний вид формировал около 42 % общей биомассы. Интенсивное развитие этого теплолюбивого вида связано с высокой температурой на поверхности пролива (+23 °С). Субдоминантами были *C. affinis*, *Proboscia alata*, *N. tenuirostris* и *P. elongatum*. Максимум для двух последних видов водорослей отмечен на придонном горизонте. Динофлагелляты формировали 24 % численности и 53 % биомассы фитопланктона. Обильно развивались виды родов *Gymnodinium* и *Gyrodinium*, среди них преобладали *Gymnodinium blax*, *G. simplex* и *G. fusiforme*. В значительном количестве зафиксированы *P. cordatum*, *P. micans* и *P. kofoidii*. Основная часть биомассы динофлагеллят была сформирована крупными видами *T. furca*, *P. kofoidii* и *P. divergens*; роль первого увеличивалась в придонном слое, а второй и третий виды преобладали в верхнем слое пролива (0–5 м). В формировании биомассы также участвовали *Dinophysis caudata*, *Phalacroma rotundatum*, *D. lenticula*, *P. micans* и *Protoceratium reticulatum*. В слое воды от 5 м до дна преобладали криптофитовые (5 % общей численности); на поверхности вегетировал мезосапробный вид эвгленовых водорослей *Eutreptia lanowii* с численностью до 2 тыс. кл.·л⁻¹. Среди зелёных водорослей встречен морской вид *P. undulatum*.

В июле 2013 г. доминировали диатомовые *C. affinis* и *P. pseudodelicatissima* (39 % численности и 91 % биомассы); на долю *P. calcar-avis* приходилось 58 % численности и 96 % биомассы диатомовых. На фоне интенсивного развития диатомовых динофлагелляты формировали не более 27 % численности и 8 % биомассы фитопланктона. Основными среди них были мелко- и средне-размерные виды *Gymnodinium nana*, *Gymnodinium* sp., *O. marina* и *P. micans*. Биомассу формировали *O. marina*, *P. micans*, *S. acuminata* и *Gyrodinium* sp. (96 % биомассы динофлагеллят). На долю криптофитовых и цианопрокариот родов *Planktolyngbya* и *Anabaena* приходилось 30 % общей численности фитопланктона. Эвгленовые были малочисленными (3 %).

В августе 2016 г. наибольшие значения численности и биомассы планктонных водорослей (3046 тыс. кл.·л⁻¹ и 4,589 г·м⁻³ соответственно, то есть на уровне, характерном для цветения воды) зарегистрированы на отдельных станциях в более отдалённых от берега районах, где в массе обнаружены мезосапробный вид динофитовых *P. micans* (272 тыс. кл.·л⁻¹ и 2,960 г·м⁻³) и цианопрокариоты (2411 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,197 г·м⁻³). Наименьшие значения (34–44 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,109–0,664 г·м⁻³) зафиксированы на прибрежных станциях. В целом в исследуемом районе пролива доминировали цианопрокариоты — *Planktolyngbya limnetica* и виды рода *Anabaena* (49 и 20 % общей численности соответственно). Диатомовые и динофлагелляты формировали значительную часть общей численности фитопланктона (11 и 12 % соответственно) и вносили основной вклад в его биомассу (62 и 36 %). Заметное развитие среди диатомовых

получил *P. calcar-avis* (5 % общей численности и 60 % биомассы сообществ). Также наблюдали вегетацию *Leptocylindrus danicus*, *N. tenuirostris*, *T. nitzschioides* и видов рода *Pseudo-nitzschia*, формировавших 56 % общей численности диатомовых. Среди динофлагеллят численно преобладали виды родов *Gymnodinium* и *Heterocapsa*, а также *P. micans* и *P. cordatum* (80 % динофлагеллят). Значительную часть (34 %) биомассы всего фитопланктона формировали клетки *P. micans*.

В августе 2019 г. доминировали диатомовые и динофлагелляты — в среднем 57 и 28 % общей численности фитопланктона и 69 и 30 % биомассы соответственно. Кокколитофорида, представленная *E. huxleyi*, и криптофитовые формировали не более 13 % общей численности. На долю других классов планктонных водорослей приходилось менее 2 % численности и 1 % биомассы. Наиболее высокие значения численности и биомассы (24 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,361 г·м⁻³ соответственно) отмечены в слое воды 12–30 м. Показатели на поверхности были в 1,3–2 раза ниже (18 тыс. кл.·л⁻¹ и 0,185 г·м⁻³). На нижних горизонтах (30 м) максимальная доля численности (71 %) и биомассы (92 %) приходилась на диатомовые; на горизонтах 0–25 м их значение снижалось (52–56 % численности и 64–78 % биомассы). В среднем слое воды (12–25 м) доли динофлагеллят в численности и биомассе составляли 32 и 35 % соответственно; в нижнем слое (30 м) эти водоросли формировали 17 % численности и 8 % биомассы, а на поверхности — 26 и 21 % соответственно. Криптофитовые во всём изученном столбе воды характеризовались значениями от 9 до 12 % общей численности. На поверхности моря кокколитофорида составляли более 8 % общей численности фитопланктона. Среди диатомовых во всём районе исследований обильно развивались *P. pseudodelicatissima* и *P. calcar-avis*. Субдоминанты *P. alata* и *T. nitzschioides* формировали 6 % численности сообществ. Ключевыми видами среди динофлагеллят были *P. micans*, *P. cordatum*, *S. acuminata*, *Pronoctiluca pelagica*, *K. glaucum*, *Torodinium robustum* и представители родов *Tripos*, *Gymnodinium* и *Gyrodinium*. Основа биомассы фитопланктона была сформирована крупноклеточными видами диатомовых водорослей *P. calcar-avis* и динофитовыми: *P. kofoidii*, *P. divergens*, *P. reticulatum*, видами рода *Tripos*, а также доминирующими по численности представителями родов *Prorocentrum*, *Gymnodinium* и *Gyrodinium*.

Осень. В сентябре 2011 г. количественно доминировали цианопрокариоты, а также криптофитовые и зелёные водоросли (50, 13 и 19 % общей численности соответственно), при этом на их долю приходилось не более 7 % биомассы фитопланктона. В Азовском море наиболее многочисленным видом среди цианопрокариот был *P. limnetica*; в меньших количествах встречены *Microcystis aeruginosa*, *Merismopedia punctata* и представители родов *Aphanizomenon* и *Anabaena*. Среди зелёных водорослей преобладали *B. lauterbornii* и виды рода *Nannochloris*, на уровне субдоминант развивались *Scenedesmus quadricauda*, *M. contortum* и *Ankistrodesmus convolutus*. Диатомовые и динофлагелляты формировали не более 7 и 10 % численности фитопланктона соответственно и основную часть биомассы — 22 и 69 %. Среди динофитовых преобладали *P. micans*, *P. cordatum*, *G. fusiforme*, *Enciculifera carinata*, *K. glaucum*, *A. sanguinea*, *P. kofoidii*, *S. acuminata* и представители *Gymnodinium*. Основу биомассы составляли *P. micans*, *E. carinata*, редкие крупноклеточные виды из рода *Protoperdinium*, а также *P. kofoidii*. Самыми значимыми видами среди диатомовых были *C. caspia*, *P. pseudodelicatissima* и *T. nitzschioides*, субдоминантами — *P. calcar-avis* и *Thalassiosira* sp. По биомассе наибольшее значение имели диатомовые водоросли *P. calcar-avis* и многочисленные *Thalassiosira* sp. (58 %). Около 40 % биомассы приходилось на *C. caspia*, *D. brightwellii*, *T. nitzschioides* и на виды родов *Gyrosigma* и *Coscinodiscus*.

ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрологический режим Керченского пролива обусловлен его мелководностью, активным водообменом между Чёрным и Азовским морями и метеорологическими условиями [Сытник и др., 2017]. Нагревание и охлаждение водных масс происходят быстро по всей толще воды.

Годовой ход температуры воды характеризуется значительной амплитудой с выраженным минимумом в феврале-марте (до -1 °С) и максимумом в июле-августе (до $+30$ °С) (средние многолетние значения — $+2,0$ и $+24,2$ °С соответственно). Средняя годовая температура воды в проливе составляет около $+13$ °С. В более глубоководной центральной части пролива высота волн может достигать 2–3 м, тогда как у береговой линии, особенно при направлении ветра с берега, она не превышает 1,5 м. Солёность воды обычно колеблется от 12,0 до 18,0 ‰ и зависит от преобладающего типа течений. В районе пролива ветровые условия разнообразны, что определяется многообразием синоптических ситуаций и характером рельефа. Повторяемость штилей составляет от 1 до 2 %. Среднегодовая скорость ветра — $5,3$ – $6,9$ м·с⁻¹, максимальная может достигать 40 м·с⁻¹. Водные массы в проливе хорошо идентифицируются по солёности и содержанию биогенных элементов, визуально — по цвету и прозрачности воды. Общая повторяемость течений с учётом направленности смешанных потоков в среднем за год составляет для азовского потока 62 %, для черноморского — 38 %; при южных ветрах преобладающим становится черноморское течение.

В фитопланктоне Керченского пролива, Динского и Таманского заливов обнаружено 154 вида водорослей (табл. 4), относящихся к следующим отделам: диатомовые, динофитовые, зелёные, охрофитовые, криптофитовые, цианопрокариоты, прازیнофитовые, гаптофитовые и эвгленовые. Фитопланктон представлен морскими, пресноводными и солоноватоводными видами. Такому разнообразию способствовали большие диапазоны солёности и температуры воды. Высокие значения биомассы фитопланктона отмечены в тёплое время года — с октября по декабрь 2007 г., в августе 2008 и 2009 гг. и в июле 2010 г. Средние зафиксированы в мае 2003 г., октябре 2005 г., июне и сентябре 2008 г., августе 2011 г. и марте 2020 г. Низкие значения зарегистрированы в остальное время. Обильное развитие планктонных водорослей (на уровне, характерном для цветения воды) наблюдали в августе 2009 г. В другое время численность клеток фитопланктона была существенно ниже. Результаты исследований, проведённых в западной и центральной частях Керченского пролива в августе 2009 г., показали, что в этой сравнительно небольшой акватории значения численности и биомассы фитопланктона могут изменяться на несколько порядков [Брянцева и др., 2010].

В районе Керченского пролива отмечены значительные сезонные и межгодовые изменения видового богатства, численности и биомассы планктонных водорослей. Весной доминировали мелкие диатомовые *S. costatum* и *C. caspia*, характерные для этого времени года [Макаревич, 2022]. Летом преобладали как мелкие (*P. pseudodelicatissima*, *C. caspia* и *T. nitzschoides*), так и крупные диатомовые (*P. calcar-avis* и *D. brightwellii*), относительно мелкие динофлагелляты из родов *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Oxyrrhis* и *Prorocentrum* и крупные динофлагелляты из родов *Dinophysis*, *Tripos*, *Polykrikos* и *Protoperdinium*. Возрастание роли крупных видов диатомовых и динофлагеллят в Чёрном и Азовском морях обычно приходится на позднелетний и осенний периоды [Макаревич, 2022; Ясакова, Макаревич, 2017]. Осенью 2011 г. количественно доминировали цианопрокариоты (*P. limnetica*), криптофитовые рода *Plagioselmis* и зелёные водоросли родов *Binuclearia* и *Nannochloris*. Вероятной причиной преобладания солоноватоводных форм планктонной флоры стало снижение в сентябре 2011 г. величин солёности вследствие предшествующего исследованиям сильного северо-восточного ветра, который сформировал в Керченском проливе азовский тип вод [Иванов и др., 2014]. Основу биомассы фитопланктона на протяжении всего периода изучения акватории преимущественно составляли крупные виды диатомовых (*P. calcar-avis*) и динофитовых водорослей (из родов *Protoperdinium* и *Tripos*). Интересно, что *P. micans* зачастую становится причиной красных приливов в мелководной северо-западной части Чёрного моря, а цветение цианопрокариот при формировании блокирующего слоя способно вызвать гипоксию в прибрежной зоне Азовского моря [Матишов, Фуштей, 2003; Нестерова, 2001].

Таблица 4. Основные гидрологические характеристики, количество таксонов, средние значения численности и биомассы фитопланктона в Керченском проливе и прилегающих акваториях в 1989–2020 гг.

Table 4. Main hydrological characteristics, number of taxa, and mean abundance and biomass of phytoplankton in the Kerch Strait and adjacent waters in 1989–2020

Период исследований	Район Керченского пролива	Количество видов	Т воды, °С / солёность, ‰	Численность, тыс. кл. · л ⁻¹	Биомасса, мг · м ⁻³	Источник
Май — сентябрь 1989 г.	Северная часть	90 таксонов	+17...+25 / 11–16	–	–	Черникова, 2004
Июнь 1997 и 2000 гг.; декабрь 1998 и 1999 гг.	Керченский пролив, Динской и Таманский заливы	154	0...+26 / 5–27	–	–	Ковалева, 2008
Ноябрь 2003 г.	Южная часть	44	–	43,5	81,9	Заремба, 2011
Октябрь 2005 г.	–"–	48	–	69,1	355,1	–"–
Октябрь 2007 г.	–"–	46	–	275,6	1514,7	–"–
Сентябрь 2008 г.	–"–	46	–	79,5	378,6	–"–
Июнь 2009 г.	Южная часть	47	–	27,8	111,3	Заремба, 2013
Июнь 2010 г.	–"–	46	–	26,9	263,3	–"–
Июнь 2011 г.	–"–	42	–	90,0	202,3	–"–
Июнь 2012 г.	–"–	54	–	65,9	209,2	–"–
Октябрь 2007 г.	Центральная часть	–	–	220	4500	Магишов и др., 2013
Ноябрь 2007 г.	–"–	42	+7,2...+11 / –	365	5800	–"–
Декабрь 2007 г.	–"–	–	–	250	1500	–"–
Апрель 2008 г.	–"–	–	–	405	200	–"–
Июнь 2008 г.	–"–	–	–	145	400	–"–
Август 2008 г.	–"–	–	–	205	1200	–"–
Август 2009 г.	Центральная и западная части	27	– / 11–14	2298 ± 1945 (96,12–9754,4)	4128 ± 2023 (162,2–9887,55)	Брянцева и др., 2010
Август 2011 г.	Центральная часть	72	+27,6 / 12,22–16,59	45,6	412,95	Троценко и др., 2012
Май — декабрь 2000–2011 гг.	Южная часть	–	+5...+27 / 15,11–17,78	–	436 (80–1400)	Жугайло и др., 2011
Сентябрь 2018 г.	Южная часть	84	+20...+21 / –	105,7 ± 22	227 ± 32	Ремизова, Теюбова, 2021
Март 2020 г.	Центральная часть	33	–	389,2 (356,8–421,6)	426,4 (346,0–506,7)	Загорская и др., 2021
Июнь 2020 г.	–"–		–	582,9 (553,3–612,4)	66,1 (53,1–79,0)	–"–
Август 2020 г.	–"–		–	37,9 (35,1–40,6)	28,4 (26,2–30,6)	–"–
Ноябрь 2020 г.	–"–		–	24,6 (20,6–28,5)	35,8 (34,1–37,4)	–"–

Примечание: прочерк (–) — нет данных; в скобках указаны диапазоны значений.

Note: a dash (–) denotes no data; in parentheses, the range of values are given.

Развитие кокколитофориды *E. huxleyi* в районе Керченского пролива наблюдали в июне 2011 г., июле 2012 г. и мае 2013 г.; вид формировал 34–47 % численности фитопланктона. Численность этой водоросли в Чёрном море в последнее время ежегодно достигает уровня, характерного для цветения воды; отмечена тенденция к усилению развития вида, что подтверждают спутниковые наблюдения [Силкин и др., 2009; Mikaelyan et al., 2006, 2011]. Аномальное по интенсивности и продолжительности (с мая по июль) цветение *E. huxleyi* в Чёрном море было зафиксировано 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].

В августе 2019 г. численность и биомасса фитопланктона в Керченском проливе существенно уступали показателям 2016 г.: численность — в 32 раза, биомасса — в 6 раз. Вероятной причиной столь резкого снижения обилия планктонных водорослей могло стать возведение гидротехнических сооружений Керченского моста в 2017–2019 гг. Значительное количество тяжёлых металлов (1–2,5 ПДК) и нефтепродуктов, аккумулированных в донных осадках, могло негативно повлиять на численность фитопланктона и фотосинтетическую активность водорослей, чувствительных к затемнению фотического слоя и к содержанию в воде различных поллютантов (табл. 5).

Таблица 5. Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях (с поверхностного слоя дна, 0,0–0,2 м) района строительства Керченского моста [Сытник и др., 2017]

Table 5. The content of pollutants in bottom sediments (from the surface layer of the bottom, 0.0–0.2 m) of the Crimean Bridge construction area [Sytnik et al., 2017]

Химический элемент / загрязняющее вещество	ПДК, мг·кг ⁻¹	Содержание в донных отложениях, мг·кг ⁻¹
Ртуть	2,1	3,6–5,5
Нефтепродукты	данные отсутствуют	725,9–1147,4
Свинец	32	14,3–27,4
Мышьяк	2	0,9–1,8
Кадмий	0,5	0,6–1,32
Никель	20	1,1–3,2
3,4-бенз(а)пирен	0,01	≤ 0,01

Выводы:

1. Таксономический состав фитопланктона Керченского пролива в 2009–2019 гг. включал 114 видов микроводорослей. Наибольшее видовое разнообразие диатомовых отмечено в весенний период (апрель 2009 г.), динофлагеллят — в летний (июнь 2011 г. и август 2019 г.). Видовое богатство представителей других классов фитопланктона мало изменялось в зависимости от сезона. В водах пролива преимущественно встречались общие для Чёрного и Азовского морей виды диатомовых, динофитовых и кокколитофрид, а также солоноватоводные виды и перифитонные виды диатомовых.
2. Наиболее высокие показатели сходства [коэффициент Сёренсена — Чекановского (Дайса) ≥ 60 %] таксономического состава микроводорослевых сообществ Керченского пролива зарегистрированы в тёплое время года, с июня по сентябрь.

3. Весной доминировали мелкоклеточные диатомовые водоросли; летом преобладали кокколитофориды, мелкие и крупные виды диатомовых и динофлагеллят; в позднелетний и осенний сезоны возрастала роль цианопрокариот, а также крупных видов диатомовых и динофлагеллят.
4. Численность фитопланктона за период 2009–2019 гг. в районе Керченского пролива варьировала от 19 до 719 тыс. кл. · л⁻¹, биомасса — от 0,057 до 1,92 г · м⁻³. Наибольшие значения численности и биомассы наблюдали в августе 2016 г., когда самыми многочисленными были цианопрокариоты и динофлагелляты. Основу биомассы в это время формировали крупный вид диатомовых *Pseudosolenia calcar-avis* и многочисленный вид динофлагеллят *Prorocentrum micans*. Высокие значения биомассы летом 2010, 2012 и 2013 гг. связаны с присутствием в планктоне крупноклеточного *P. calcar-avis*. Этот вид характеризовался интенсивным развитием вследствие установления тёплой погоды.
5. Распределение численности и биомассы фитопланктона по вертикали было неоднородным и зависело от гидродинамической активности вод.
6. Возведение гидротехнических сооружений при строительстве Керченского моста в 2017–2019 гг., вероятно, стало причиной значительного снижения численности и биомассы фитопланктона в проливе в позднелетний период 2019 г.: численность сократилась в 32 раза по сравнению с показателями 2016 г., биомасса — в 6 раз.

Публикация подготовлена в рамках государственного задания ЮНЦ РАН № 122011900153-9.

Благодарность. Выражаю глубокую признательность Ю. Б. Околюкову (Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Laboratorio de Botánica Marina y Planctología, Veracruz, Mexico) за ценные замечания при подготовке рукописи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Брянцева Ю. В., Лях А. М., Сергеева А. В. *Расчёт объёмов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Чёрного моря*. Севастополь, 2005. 25 с. (Препринт / НАН Украины, Институт биологии южных морей). [Bryantseva Yu. V., Lyakh A. M., Sergeeva A. V. *Raschet ob'ёмov i ploshchadei poverkhnosti odnokletochnykh vodoroslei Chernogo morya*. Sevastopol, 2005, 25 p. (Preprint / NAN Ukrainy, Institut biologii yuzhnykh morei). (in Russ.)]. <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/8906>
2. Брянцева Ю. В., Силаков М. И., Слипечкий Д. Я., Данилова О. Н. Состояние фитопланктонного сообщества в районе Керченского пролива в августе 2009 года // *Современные проблемы экологии Азово-Черноморского региона* : материалы V Международной конференции, 8–9 октября 2009 г., Керчь, ЮгНИРО. Керчь : Изд-во ЮгНИРО, 2010. С. 26–32. [Bryantseva Yu. V., Silakov M. I., Slipetsky D. Ya., Danilova O. N. State of phytoplankton community in the Kerch Strait area in August 2009. In: *Current Problems of the Azov-Black Sea Region Ecology* : materials of the V International Conference, 8–9 October, 2009, Kerch, YugNIRO. Kerch : YugNIRO Publishers', 2010, pp. 26–32. (in Russ.)]
3. Голлербах М. М., Косинская В. И., Полянский Е. К. *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 2: Синезелёные водоросли. Москва : Советская наука, 1953. 651 с. [Gollerbach M. M., Kosinskaya V. I., Polyansky E. K. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR*. Iss. 2: *Sinezelenye vodorosli*. Moscow : Sovetskaya nauka, 1953, 651 p. (in Russ.)]
4. Дедусенко-Щеголева Н. Т., Матвиенко А. М., Шкорбатов Л. А. *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 8: Зелёные водоросли. Москва : Советская наука, 1959. 222 с. [Dedusenko-Shchegoleva N. T., Matvienko A. M., Shkorbatov L. A. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR*. Iss. 8: *Zelenye vodorosli*. Moscow : Sovetskaya nauka, 1959, 222 p. (in Russ.)]
5. Жугайло С. С., Себах Л. К., Боровская Р. В. Гидрохимическая характеристика качества вод Керченского пролива в современных условиях // *Системы контроля окружающей*

- среды : сборник научных трудов. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. Вып. 15. С. 197–202. [Zhugailo S. S., Sebakh L. K., Borovskaya R. V. Hidrokhimicheskaya kharakteristika kachestva vod Kerchenskogo proliva v sovremennykh usloviyakh. In: *Sistemy kontrolya okruzhayushchei sredy : sbornik nauchnykh trudov*. Sevastopol : EKOSI-Gidrofizika, 2011, iss. 15, pp. 197–202. (in Russ.)]
6. Загорская А. С., Литвин А. Ю., Матасова И. Ю., Ремизова Н. П., Студиград Н. П., Теубова В. Ф. Мониторинг состояния морских сообществ Керченского пролива в 2020 году // *Актуальные проблемы геоэкологии и природопользования : материалы II Всероссийской научно-практической конференции*, Краснодар, 08 октября 2021 г. Краснодар : Кубанский государственный университет, 2021. С. 89–93. [Zagorskaya A. S., Litvin A. Yu., Matasova I. Yu., Remizova N. P., Studigrad N. P., Teyubova V. F. Monitoring sostoyaniya morskikh soobshchestv Kerchenskogo proliva v 2020 godu. In: *Aktual'nye problemy geoekologii i prirodopol'zovaniya : materialy II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, Krasnodar, 08 October, 2021. Krasnodar : Kubanskii gosudarstvennyi universitet, 2021, pp. 89–93. (in Russ.)]
 7. 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*. Керчь : ЮгНИРО, 2011. С. 72–78. (Труды ЮгНИРО ; т. 49). [Zarembo N. V. Change of phytoplankton community in the Southern Kerch Strait in the period of 2003–2008. In: *Main Results of Complex Research in the Azov–Black Sea Basin and the World Ocean*. Kerch : YugNIRO, 2011, pp. 72–78. (Trudy YugNIRO ; vol. 49). (in Russ.)]
 8. Заремба Н. Б. Фитопланктонное сообщество южной части Керченского пролива в поздневесенний период 2009–2012 годов // *Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане*. Керчь : ЮгНИРО, 2013. С. 40–43. (Труды ЮгНИРО ; т. 51). [Zarembo N. V. Phytoplankton community of the southern Kerch Strait during late spring period in 2009–2012. In: *Main Results of Complex Research in the Azov–Black Sea Basin and the World Ocean*. Kerch : YugNIRO, 2013, pp. 40–43. (Trudy YugNIRO ; vol. 51). (in Russ.)]
 9. Иванов В. А., Матишов Г. Г., Кушнир В. М., Бердников С. В., Чепыженко А. И., Поважный В. В., Степанян О. В. Керченский пролив в осенний период 2011 года: результаты совместных комплексных исследований, выполненных в экспедиции МГИ НАН Украины и ЮНЦ РАН // *Морской гидрофизический журнал*. 2014. № 1. С. 44–57. [Ivanov V. A., Matishov G. G., Kushnir V. M., Berdnikov S. V., Chepyzhenko A. I., Povazhnyi V. V., Stepanyan O. V. Kerch Strait in autumn, 2011: Results of the joint complex research carried out in the expedition of MHI NAS of Ukraine and SSC RAS. *Morskoi gidrofizicheskii zhurnal*, 2014, no. 1, pp. 44–57. (in Russ.)]
 10. Киселев Н. А. *Панцирные жгутиконоосцы*. Москва ; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1950. 280 с. [Kiselev N. A. *Pantsirnye zhgutikonostsy*. Moscow ; Leningrad : Izd-vo AN SSSR, 1950, 280 p. (in Russ.)]
 11. Ковалева Г. В. Фитопланктон Азовского моря и прилегающих водоёмов // *Азовское море в конце XX – начале XXI веков: геоморфология, осадконакопление, пелагические сообщества*. Апатиты : КНЦ РАН, 2008. Т. 10. С. 134–223. [Kovaleva G. V. Fitoplankton Azovskogo morya i prilegayushchikh vodoemov. In: *Azovskoe more v kontse XX – nachale XXI vekov: geomorfologiya, osadkonakoplenie, pelagicheskie soobshchestva*. Apatity : KNTs RAN, 2008, vol. 10, pp. 134–223. (in Russ.)]
 12. Косинская Е. К. *Определитель морских синезелёных водорослей*. Москва ; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1948. 279 с. [Kosinskaya E. K. *Opredelitel' morskikh sine-zelenykh vodoroslei*. Moscow ; Leningrad : Izd-vo AN SSSR, 1948, 279 p. (in Russ.)]
 13. Макаревич П. Р. Пелагические фитоценозы Азовского моря // *Наука Юга России*. 2022. Т. 18, № 4. С. 97–107. [Makarevich P. R. Pelagic algal communities in the Sea of Azov. *Nauka Yuga Rossii*, 2022, vol. 18, no. 4, pp. 97–107. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.7868/S25000640220410>
 14. 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 : Изд-во КНЦ РАН, 1989. 50 с. [Makarevich P. R., Druzhkov N. V. *Metodicheskie rekomendatsii po analizu kolichestvennykh i funktsional'nykh kharakteristik morskikh biotsenozov severnykh morei*. Pt 1. *Fitoplankton. Zooplankton. Vzveshennoe organicheskoe veshchestvo*. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 1989, 50 p. (in Russ.)]
15. Матишов Г. Г., Иванов В. А. Совместные комплексные исследования Азовского моря и Керченского пролива // *Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Чёрном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования* : сборник статей по материалам российско-украинского семинара (Ростов-на-Дону, 6–8 июня 2011 г.) / гл. ред. Г. Г. Матишов, В. А. Иванов. Ростов-на-Дону : Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. С. 10–16. [Matishov G. G., Ivanov V. A. Joint integrated studies of the Sea of Azov and the Kerch Strait. In: *Azovskoe more, Kerchenskii proliv i predprolivnyye zony v Chernom more: problemy upravleniya pribrezhnymi territoriyami dlya obespecheniya ekologicheskoi bezopasnosti i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya* : sbornik statei po materialam rossiisko-ukrainskogo seminar (Rostov-on-Don, 6–8 June, 2011) / G. G. Matishov, V. A. Ivanov (Eds). Rostov-on-Don : Izd-vo YuNTs RAN, 2012, pp. 10–16. (in Russ.)]
 16. 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. [Matishov G. G., Inzhebeikin Y. I., Savitskii R. M. The environmental and biotic impact of the oil spill in Kerch Strait in November 2007. *Vodnye resursy*, 2013, vol. 40, no. 3, pp. 259–273. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.7868/S0321059613020041>
 17. Матишов Г. Г., Фуштей Т. В. К проблеме вредоносных «цветений воды» в Азовском море // *Исследовано в России* : электронный журнал. 2003. Т. 6. С. 213–225. [Matishov G. G., Fushtei T. V. K probleme vredonosnykh “tsveteniya vody” v Azovskom more. *Issledovano v Rossii* : elektronnyi zhurnal, 2003, vol. 6, pp. 213–225. (in Russ.)]
 18. Нестерова Д. А. «Цветение» воды в северо-западной части Чёрного моря (обзор) // *Альгология*. 2001. Т. 11, № 4. С. 502–513. [Nesterova D. A. Water bloom in the north-west part of the Black Sea (review). *Algologiya*, 2001, vol. 11, no. 4, pp. 502–513. (in Russ.)]. <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5362>
 19. Прошкина-Лавренко А. И. *Диатомовые водоросли бентоса Чёрного моря*. Москва : Изд-во АН СССР, 1963. 243 с. [Proshkina-Lavrenko A. I. *Diatomovye vodorosli bentosa Chernogo morya*. Moscow : Izd-vo AN SSSR, 1963, 243 p. (in Russ.)]. <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/12747>
 20. Прошкина-Лавренко А. И. *Диатомовые водоросли планктона Чёрного моря*. Москва : Изд-во АН СССР, 1955. 216 с. [Proshkina-Lavrenko A. I. *Diatomovye vodorosli planktona Chernogo morya*. Moscow : Izd-vo AN SSSR, 1955, 216 p. (in Russ.)]. <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/6623>
 21. Ремизова Н. П., Теюбова В. Ф. Состав и структура планктонных сообществ в прибрежной зоне Таманского полуострова (Керченский пролив, сентябрь, 2018) // *Океанологические исследования*. 2021. Т. 49, № 1. С. 37–52. [Remizova N. P., Teubova V. F. Composition and structure of planktonic communities in the coastal zone of the Taman Peninsula (Kerch Strait, September, 2018). *Okeanologicheskie issledovaniya*, 2021, vol. 49, no. 1, pp. 37–52. (in Russ.)]. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2021.49\(1\).3](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2021.49(1).3)
 22. Силкин В. А., Паутова Л. А., Микаэлян А. С. Рост кокколитофориды *Emiliana huxleyi* (Lohm.) Hay et Mohl. в северо-восточной части Чёрного моря, лимитированный концентрацией фосфора // *Альгология*. 2009. Т. 19, № 2. С. 135–144. [Silkin V. A., Pautova L. A., Mikaelyan A. S. Phosphorus-limited bloom of *Emiliana huxleyi* (Lohm.) Hay et Mohl. in the northeastern Black Sea. *Algologiya*, 2009, vol. 19, no. 2, pp. 135–144. (in Russ.)]
 23. Студеникина Е. И., Алдакимова А. Я., Губина Г. С. *Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий*. Ростов-на-Дону : АЗНИИРХ, 1999. 175 с. [Studenikina E. I., Aldakimova A. Ya., Gubina G. S. *Fitoplankton Azovskogo morya v usloviyakh antropogennykh vozdeystvii*. Rostov-on-Don : AzNIIRKh, 1999, 175 p. (in Russ.)]

24. Сытник Н. А., Дорошенко Т. В., Щерба А. В., Полякова Т. В. Оценка воздействия на экосистему Керченского пролива строительства Крымского моста // *Евразийский союз учёных. Биологические науки*. 2017. № 10-1 (43). С. 11–16. [Sytnik N. A., Doroshenko T. V., Shcherba A. V., Polyakova T. V. Otsenka vozdeistviya na ekosistemu Kerchenskogo proliva stroitel'stva Krymskogo mosta. *Evraziiskii soyz uchenykh. Biologicheskie nauki*, 2017, no. 10-1 (43), pp. 11–16. (in Russ.)]
25. 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 // *Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане*. Керчь : ЮгНИРО, 2012. С. 86–97. (Труды ЮгНИРО ; т. 50). [Trotsenko B. G., Zhugaylo S. S., Sebach L. K., Evchenko O. V., Zarembo N. B., Zagayny N. A. Assessment of impact variations in hydrological, hydrochemical and hydrobiological parameters on the Kerch Strait bioproductivity. In: *Main Results of Complex Research in the Azov-Black Sea Basin and the World Ocean*. Kerch : YugNIRO, 2012, pp. 86–97. (Trudy YugNIRO ; vol. 50). (in Russ.)]
26. Черникова Г. Г. Фитопланктон Керченского пролива // *Проблемы литодинамики и экосистем Азовского моря и Керченского пролива* : тезисы докладов международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону : Изд-во ЮНЦ РАН, 2004. С. 104–105. [Chernikova G. G. Fitoplankton Kerchenskogo proliva. In: *Problemy litodinamiki i ekosistem Azovskogo morya i Kerchenskogo proliva* : tezisy dokladov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Rostov-on-Don : Izd-vo YuNTs RAN, 2004, pp. 104–105. (in Russ.)]
27. Ясакова О. Н., Макаревич П. Р. Фитопланктон северо-восточной части Чёрного моря. Ростов-на-Дону : Изд-во ЮНЦ РАН, 2017. 176 с. [Yasakova O. N., Makarevich P. R. *Fitoplankton severo-vostochnoi chasti Chernogo morya*. Rostov-on-Don : Izd-vo YuNTs RAN, 2017, 176 p. (in Russ.)]
28. Ясакова О. Н., Станичный С. В. Аномальное цветение *Emiliana huxleyi* (Prymnesiophyceae) в Чёрном море в 2012 г. // *Морской экологический журнал*. 2012. Т. 11, № 4. С. 54. [Yasakova O. N., Stanichny S. V. Abnormal blooming by *Emiliana huxleyi* (Prymnesiophyceae) in the Black Sea in 2012. *Morskoy ekologicheskij zhurnal*, 2012, vol. 11, no. 4, pp. 54. (in Russ.)]. <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/1255>
29. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway / M. D. Guiry, G. M. Guiry (Eds) : [site], 2023. URL: <http://www.algaebase.org> [accessed: 03.02.2023].
30. Clarke K. R., Gorley R. N., Somerfield P. J., Warwick R. M. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 3rd ed. Plymouth : PRIMER-E, 2014, 260 p.
31. Dodge J. D. *Marine Dinoflagellates of the British Isles*. London : H. M. S. O., 1982, 301 p.
32. *Identifying Marine Phytoplankton* / C. Tomas (Ed.). San Diego, CA : Academic Press, 1997, 821 p.
33. 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, suppl. 1, pp. S127–S138.
34. Mikaelyan A. S., Silkin V. A., Pautova L. A. Coccolithophorids in the Black Sea: Their interannual and long-term changes. *Oceanology*, 2011, vol. 51, iss. 1, pp. 39–48. <https://doi.org/10.1134/S0001437011010127>
35. 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, iss. 1, pp. 526–534. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.037>

SPECIES COMPOSITION, ABUNDANCE, AND BIOMASS OF PHYTOPLANKTON IN THE KERCH STRAIT IN 2009–2019

O. Yasakova

Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation

E-mail: yasak71@mail.ru

The results of studies of planktonic algae developing in the Kerch Strait in various seasons of 2009–2019 are presented. Phytoplankton included 114 species and several taxa identified down to the genus level covering 11 classes of algae, *inter alia* 64 Dinophyceae species and 32 Bacillariophyceae species. Mean values of abundance and biomass were 140 thousand cells·L⁻¹ and 0.386 g·m⁻³, respectively. Cyanophyceae prevailed accounting for 44% of the total phytoplankton abundance. Bacillariophyceae and Dinophyceae formed a significant part of the total phytoplankton abundance (19 and 18%) and biomass (62 and 35%). Cryptophyceae, Coccolithophyceae, and Chlorophyceae amounted to 18% of the total phytoplankton abundance. In spring, small-cell diatoms *Skeletonema costatum* and *Cyclotella caspia* dominated. In summer, large- and small-cell species of Bacillariophyceae and Dinophyceae prevailed, along with a Coccolithophyceae representative *Emiliana huxleyi*. In autumn, species of Cyanophyceae (*Planktolyngbya limnetica*), Cryptophyceae (*Plagioselmis*), and Chlorophyceae (*Binuclearia* and *Nannochloris*) were the most abundant ones. Bacillariophyceae (*Pseudosolenia calcar-avis*) and Dinophyceae (*Prorocentrum*, *Protoperdinium*, and *Ceratium* species) formed the major part of the phytoplankton biomass.

Keywords: phytoplankton, species composition, abundance, biomass, Kerch Strait