

УДК 574.583
DOI: 10.7868/S25000640200405

СОСТОЯНИЕ ПЛАНКТОННОГО АЛЬГОЦЕНОЗА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ В ПЕРИОД 2015–2019 гг.

© 2020 г. О.Н. Ясакова¹

Аннотация. Представлены результаты исследования таксономического состава и уровня количественного развития фитопланктона на северо-восточном шельфе Черного моря (район Утриша) в разные сезоны 2015–2019 гг. Было обнаружено 109 видов фитопланктона, относящихся к 7 отделам. Наибольшее видовое разнообразие было отмечено среди динофитовых (57 видов) и диатомовых водорослей (38 видов). Средние величины количественного развития планктонных водорослей в исследуемый период составили 2156 тыс. кл./л и 126 мг/м³. Самые низкие значения численности (9,3 тыс. кл./л) были отмечены в июне 2015 г. Наиболее высокие величины (4566–6644 тыс. кл./л) зарегистрированы в осенний период 2016–2017 гг. В мае – июне 2017 г. обилие фитопланктона (660–757 тыс. кл./л) на порядок уступало максимальным величинам численности. Относительно высокие показатели биомассы (127–240 мг/м³) были отмечены весной и летом (май, июнь) 2015 и 2017 гг. Величины биомассы фитопланктона 32–55 мг/м³ в осенний сезон 2016–2017 гг. были минимальными за весь период исследования. В наибольшей степени этому способствовало развитие мелкоклеточных видов фитопланктона. Доминирующим отделом водорослей были диатомовые: в среднем они составили 40 (12–99) % общих значений численности и 34 (7–74) % биомассы. Динофитовые формировали 24 (0,7–85) % общих значений численности и значительную часть (51 (24–89) %) биомассы фитопланктона. Максимальное развитие представителя золотистых водорослей *Emiliania huxleyi* наблюдали в весенне-летний период 2017 г., когда на его долю приходилось от 42 до 71 % численности и от 26 до 52 % биомассы фитопланктона.

Ключевые слова: фитопланктон, таксономический состав, численность и биомасса, северо-восточный шельф Черного моря, район Утриша.

THE STATUS OF PLANKTON ALGOCENOSIS OF THE BLACK SEA NORTHEASTERN SHELF IN THE PERIOD 2015–2019

O.N. Yasakova¹

Abstract. The article presents the results of the research of taxonomic composition and level of quantitative development of phytoplankton on the Northeastern Black Sea shelf, Utrish region in different seasons of 2015–2019. One hundred and nine species of phytoplankton belonging to 7 divisions were found. The greatest species diversity was observed among dinophytes (57 species) and diatoms (38 species). The average values of quantitative development of planktonic algae in the study period were 2156 thousand cells/l and 126 mg/m³. The lowest values of abundance (9.3 thousand cells/l) were marked in June 2015. The highest values (4566–6644 thousand cells/l) were found in the autumn period of 2016–2017. In May-June 2017, the phytoplankton abundance (660–757 thousand cells/l) were ten times less than the maximum values. Relatively high biomass values (127–240 mg/m³) were observed in the spring and summer (May, June) of 2015 and 2017. The values of phytoplankton biomass in the autumn season (September-November) 2016–2017 (32–55 mg/m³) were the lowest for the entire study period. To the greatest extent, this was facilitated by the development of small-cell phytoplankton species. Diatoms were the dominant division of algae: on average, they made

¹ Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: yasak71@mail.ru

up 40 (12–99) % of the total population and 34 (7–74) % of the biomass. Dinophytes formed 24 (0.7–85) % of the total population and a significant part of 51 (24–89) % of the phytoplankton biomass. The maximum development of *Emiliania huxleyi* was observed in the spring-summer period of 2017, when it accounted from 42 to 71 % of total abundance and 26 to 52 % of the phytoplankton biomass.

Keywords: phytoplankton, taxonomic composition, abundance and biomass, Northeastern Black Sea shelf, Utrish region.

Изучение фитопланктона северо-восточного шельфа Черного моря обусловлено актуальностью проблем, связанных с ростом индустриализации региона, усилением антропогенного воздействия на водную экосистему. Значительное количество работ по исследованию развития планктонных водорослей в северо-восточной части Черного моря было выполнено А.О. Вершининым с соавторами [1–6]. Список планктонных водорослей в прибрежных водах в районе Большого Утриша за период мониторинга 2001–2005 гг. содержит 135 видов, из которых большинство представлено диатомовыми (50 видов) и динофитовыми (72 вида) водорослями. Впервые в планктоне Черного моря были обнаружены виды диатомовых *Chaetoceros tortissimus*, *Cochlodinium polykrikoides* Margalef, динофитовых *Alexandrium minutum* Halim, а также *Protoperdinium ponticum* Vershinin & Morton, 2005 [6]. Среди динофитовых водорослей у более 50 % видов отмечен гетеротрофный тип питания. Сезонные изменения прибрежного фитопланктона этой части моря были прослежены с апреля 2001 г. по март 2002 г. в районе устричного хозяйства Большой Утриш. В июне обнаружили цветение *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* и *P. seriata* (в сумме 700 тыс. кл./л). Летне-осенний максимум (530 тыс. кл./л) авторы связывают с развитием видов рода *Chaetoceros*: *C. tortissimus* и *C. compressus*. С ноября по февраль численность фитопланктона была крайне низкой (0,1 тыс. кл./л), подъем численности начался в конце февраля. В марте значительное развитие получили диатомовые *Skeletonema costatum* и *Cylindrotheca closterium*, летом – *Cerataulina pelagica* и *Thalassionema nitzschioides*. Динофитовые водоросли интенсивно вегетировали с конца апреля до середины мая, численно доминировал *Prorocentrum balticum* (Lohmann) Loeblich, биомассу определяли *Ceratium furca* и *Prorocentrum micans* (1,63 г/м³). В феврале наблюдали вспышку численности *Alexandrium* sp. (4,5 тыс. кл./л), в марте преобладали *Heterocapsa triquetra* и *Scrippsiella trochoidea* (46,6 тыс. кл./л). Во второй декаде мая отмечен пик токсичного *Akashiwo sanguinea* (9,8 тыс. кл./л); в июле наиболее многочисленны-

ми были *Prorocentrum compressum* и *Cochlodinium polykrikoides* (69,5 тыс. кл./л и 517 мг/м³).

Дальнейшая оценка (весна – лето 2010–2013 гг.) таксономического состава и количественного развития фитопланктона в шельфовой зоне полуострова Абрау приведена специалистами отдела природоохранных исследований ФГУП «АзНИИРХ» [7; 8]. По результатам исследований в прибрежных водах полуострова Абрау таксономический состав фитопланктона представлен 98 видами, относящимися к 7 отделам: *Bacillariophyta* (диатомовые), *Dinophyta* (динофитовые), *Chrysophyta* (золотистые), *Cryptophyta* (криптофитовые), *Chlorophyta* (зеленые), *Cyanophyta* (сине-зеленые), *Euglenophyta* (эвгленовые) водоросли. Весной видовой состав микроводорослей (33–52) был более разнообразным, чем летом (21–38). В мае 2010–2013 гг. величины численности и биомассы клеток фитопланктона варьировали в пределах 12,1–78,2 тыс. кл./л и 87,6–432,5 мг/м³ (36,6 тыс. кл./л и 279,5 мг/м³ в среднем), в июле 2010–2013 гг. – 5,3–38,5 тыс. кл./л и 203,5–284 мг/м³ (19,3 тыс. кл./л и 253,4 мг/м³). Доминировали диатомовые водоросли, среди которых основу биомассы формировали как обитатели открытых вод – *Pseudosolenia calcar-avis*, так и факультативно бентосные формы – *Coscinodiscus jonesianus*, *Pleurosigma elongatum* и *Licmophora flabellata*.

Таким образом, сведений о состоянии планктонных альгоценозов в районе Малого и Большого Утриша в современный период крайне мало. Проведенные в 2010–2013 гг. исследования охватили большой район моря (вся прибрежная часть полуострова Абрау), но содержали сведения исключительно за весенне-летний период. Цель нашей работы – исследовать таксономическое разнообразие и уровень количественного развития фитопланктона северо-восточного шельфа Черного моря в районе Утриша в разные сезоны 2015–2019 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования фитопланктона проводили во время комплексных экспедиций Южного научного

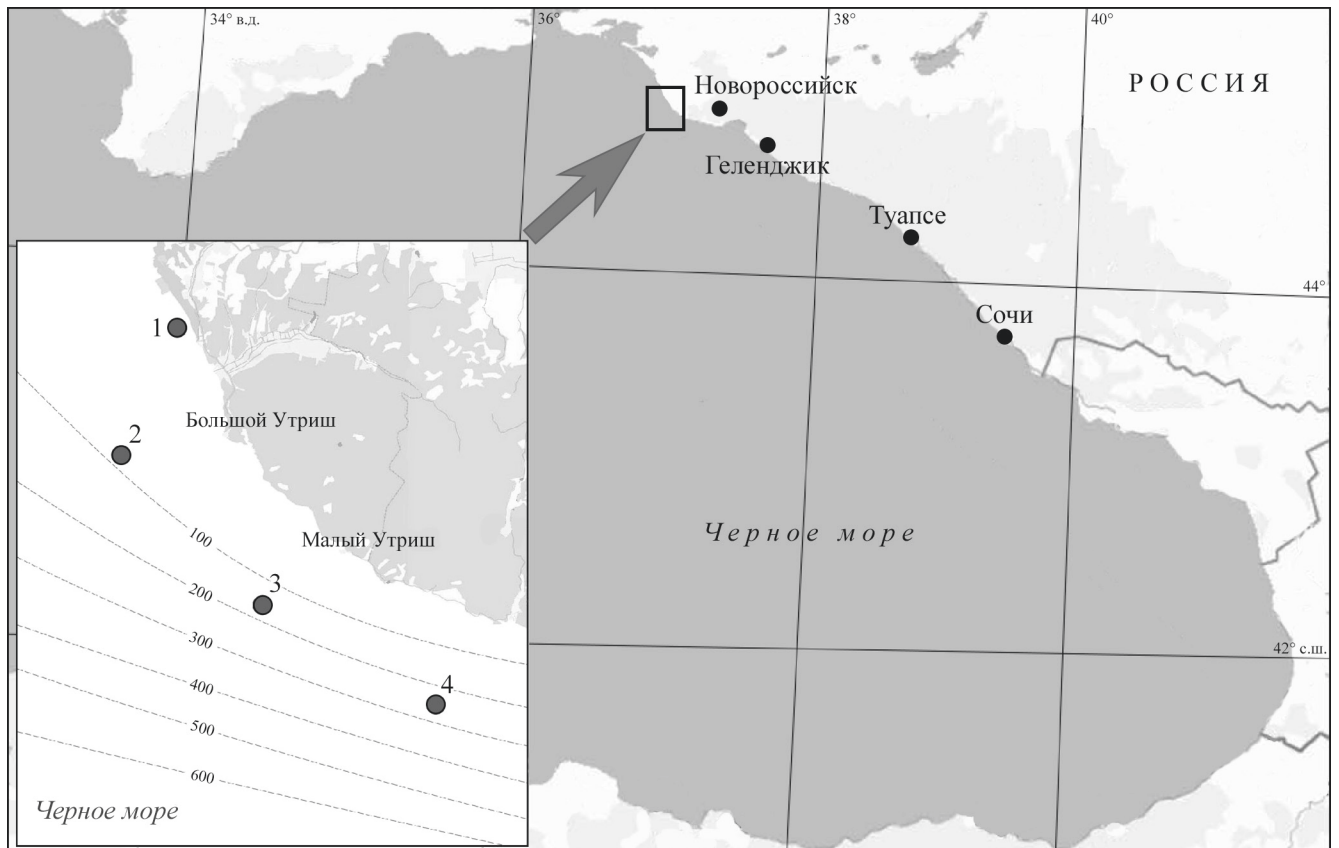


Рис. 1. Схема станций отбора проб фитопланктона в северо-восточной части Черного моря (район Утриша) в 2015–2019 гг.
Fig. 1. Map of the northeastern Black Sea, Utrish region, showing oceanographic stations (dots) where phytoplankton was sampled in 2015–2019.

центра Российской академии наук на научно-исследовательском судне «Денеб» на северо-восточном шельфе Черного моря в июне 2015 г., ноябре 2016 г., мае, июне, сентябре 2017 г., феврале 2019 г. (рис. 1). Отбор проб производили с борта судна в светлое время суток с помощью химических батометров с трех горизонтов: поверхность, слой термоклина и придонный. Пробы воды (1–1,5 л) фиксировали формалином 37 % до конечной концентрации 1–2 %, дубликат проб – раствором Люголя; сгущали методом осаждения до объема 20–50 мл [9]. Всего было отобрано и обработано 105 проб. Идентификацию видов, подсчет численности и определение объема клеток фитопланктона производили с помощью камер объемом 0,05 и 0,1 мл под микроскопом МИКМЕД-2 с помощью объективов 10×/0,30 и 40×/0,65 не менее чем в трех повторностях [10].

Для определения редких и крупных форм фитопланктона просматривали часть концентрата (1/5–1/10). Минимальный размер учитываемых клеток – 3–5 мкм. Названия отделов водорослей приведены в соответствии с системой С.П. Вассера с соавторами [11].

Доминирующими считали виды, численность и биомасса которых составляла не менее 20 % от общего количества фитопланктона, субдоминантными видами – не менее 10 %. При идентификации видов использовали руководства [12–14]. Биомассу водорослей оценивали объемным методом, исходя из размеров и форм клеток по наиболее сходному геометрическому подобию, считая удельный вес водорослей равным единице, используя оригинальные и литературные данные измерений объема клеток для каждого вида [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ

В период 2015–2019 гг. в исследуемой северо-восточной части Черного моря обнаружено 109 видов фитопланктона, относящихся к 7 отделам водорослей: *Bacillariophyta* (диатомовые), *Dinophyta* (динофитовые), *Chrysophyta* (золотистые), *Euglenophyta* (эвгленовые), *Cryptophyta* (криптофитовые), *Chlorophyta* (зеленые), *Cyanophyta* (цианобактерии), а также не идентифицированные до вида пелагические водоросли (табл. 1). Максимальное

Таблица 1. Таксономический состав фитопланктона в исследуемой северо-восточной части Черного моря в период 2015–2019 гг.
Table 1. Taxonomic composition of phytoplankton in the northeastern Black Sea in the period 2015–2019

Отдел, вид водорослей The division, species of algae	2015	2016	2017			2019
	Июнь / June	Октябрь – ноябрь October–November	Май / May	Июнь / June	Сентябрь September	Февраль February
Bacillariophyta						
<i>Achnanthes longipes</i> C. Agardh	–	–	+	–	–	–
<i>Amphora hyalina</i> Kützing	–	+	–	+	+	–
<i>Amphora</i> sp.	–	+	+	–	–	–
<i>Bacillaria paradoxa</i> Gmelin	+	–	+	+	–	–
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	+	+	+	+	+	–
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	+	+	–	+	+	+
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder	–	+	–	+	+	+
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros insignis</i> Proshkina-Lavrenko	–	–	–	+	–	–
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	–	+	–	–	–	–
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell	–	+	–	–	–	–
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostensfeld	–	–	–	+	+	–
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran	–	+	–	–	–	–
<i>Chaetoceros</i> sp.	–	+	–	–	–	–
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough	–	–	+	+	+	+
<i>Coscinodiscus jonesianus</i> (Greville) Ostensfeld	–	–	–	+	+	+
<i>Coscinodiscus subtilis</i> Ehrenberg	–	–	+	+	+	+
<i>Coscinodiscus</i> sp.	–	–	+	+	+	–
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann et J.C. Lewin	–	–	–	–	+	–
<i>Cyclotella</i> sp.	–	–	–	+	+	–
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	+	+	+	+	+	–
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow	–	–	–	–	–	+
<i>Entomoneis paludosa</i> (W. Smits) Reimer (= <i>Amphiprora paludosa</i> W. Smith)	+	–	–	–	–	–
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing	+	–	–	–	–	–
<i>Gyrosigma</i> sp.	+	+	–	–	+	–
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck	–	+	–	–	–	–
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran	–	–	–	+	–	–
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	+	–	–	+	–	–
<i>Licmophora flabellata</i> (Greville) C. Agardh	+	–	–	–	–	–
<i>Melosira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs	–	–	–	+	+	–
<i>Navicula</i> sp.	–	+	–	+	+	–
<i>Nitzschia</i> sp.	–	–	+	+	+	–
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs	–	–	+	–	–	–
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mereschkowsky	+	+	+	+	–	+
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith	–	–	+	+	–	–
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch in Rabenhorst	–	–	–	+	–	–

Продолжение табл. 1

Отдел, вид водорослей The division, species of algae	2015	2016	2017			2019
	Июнь / June	Октябрь – ноябрь October–November	Май / May	Июнь / June	Сентябрь September	Февраль February
<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schütt	+	+	–	–	+	–
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith	+	+	+	–	–	+
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström	+	+	–	–	+	–
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundstrom	+	+	–	+	+	–
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle* (complex)	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) H. Peragallo* (complex)	–	–	+	–	–	+
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	+	+	–	–	+	–
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	+	–	+	+	+	+
<i>Stephanodiscus</i> sp.	–	–	–	+	–	–
<i>Tabellaria</i> sp.	–	+	+	+	–	–
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	+	+	+	+	+	+
<i>Thalassiosira aff parva</i> Proshkina-Lavrenko	–	–	–	–	–	+
Dinophyta						
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1844**	+	–	–	–	–	–
<i>Akashiwo sanguinea</i> (K. Hirasaka) G. Hansen et Moestrup*	–	–	–	+	+	–
<i>Alexandrium</i> sp.*	–	–	–	–	+	+
<i>Amphidinium crassum</i> Lohmann	–	–	–	+	+	–
<i>Amphidinium larvale</i> Er. Lindemann	+	–	–	–	–	–
<i>Amphidinium longum</i> Lohmann	+	–	–	–	–	–
<i>Amphidinium sphenoides</i> Wulff	–	–	–	–	–	+
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède et Lachmann*	+	+	+	–	+	+
<i>Ceratium fusus</i> (Ehr.) Dujardin*	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratium tripos</i> (O.F. Muller) Nitzsch*	+	+	+	+	+	+
<i>Cochlodinium citron</i> Kofoed et Swezy	–	–	–	+	+	–
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg*	+	–	–	–	+	–
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède et Lachmann*	–	–	–	–	–	+
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent*	+	+	–	+	+	–
<i>Dinophysis odiosa</i> (Pavillard) Tai et Scogsberg, 1934*, **	+	–	–	–	–	–
<i>Dinophysis rotundata</i> Claparède et Lachmann*	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein	+	–	–	–	–	–
<i>Dinophysis</i> sp.	–	–	–	–	+	–
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh	+	+	+	+	+	–
<i>Ensiculifera carinata</i> Matsuoka, Kobayashi et Gains	+	–	+	+	+	–
<i>Glenodinium</i> sp.	–	–	–	–	–	+
<i>Gonyaulax digitalis</i> (Pouchet) Kofoed	–	+	+	–	+	–
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein	–	+	–	–	–	–
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Clap. et Lachm.) Diesing	+	+	+	+	+	–
<i>Gonyaulax verior</i> Sournia	–	–	+	+	–	–

Продолжение табл. 1

Отдел, вид водорослей The division, species of algae	2015	2016	2017			2019
	Июнь / June	Октябрь – ноябрь October-November	Май / May	Июнь / June	Сентябрь September	Февраль February
<i>Gonyaulax</i> sp.	–	+	+	+	–	–
<i>Gymnodinium agiliforme</i> Schiller	–	–	–	+	–	–
<i>Gymnodinium blax</i> Harris	–	–	+	+	+	+
<i>Gymnodinium aff mikimotoi</i> Miyake et Kominami ex Oda	–	–	–	+	–	–
<i>Gymnodinium simplex</i> (Lohmann) Kofoid et Swezy	–	–	+	+	+	+
<i>Gymnodinium wulffii</i> Schiller	–	–	–	+	+	+
<i>Gymnodinium</i> sp.	+	+	+	+	+	–
<i>Gyrodinium fusus</i> (Meunier) Akselman (= <i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy)	+	–	+	+	+	–
<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid et Swezy	+	+	+	+	+	+
<i>Gyrodinium</i> sp.	–	+	–	+	+	+
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) G. Hansen (= <i>Katodinium rotundatum</i> (Lohm.) Loeblich.)*	–	+	–	–	–	–
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein	–	–	+	+	–	+
<i>Heterocapsa</i> sp.	–	–	+	+	–	–
<i>Katodinium glaucum</i> (Lebour) Loeblich	–	–	+	+	+	+
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & F.J.R. 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, 1926**	–	–	–	+	–	–
<i>Polykrikos kofoidii</i> Chatton*	+	+	–	+	+	+
<i>Polykrikos</i> sp.	–	–	–	+	–	–
<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue	+	+	–	+	+	+
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abe ex Dodge*	+	+	–	+	+	+
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D. Dodge*	+	+	–	–	+	+
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg*	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum</i> sp.	–	+	–	–	–	–
<i>Protoceratium areolatum</i> Kofoid	–	–	–	–	+	–
<i>Protoceratium reticulatum</i> ((Claparède & Lachmann) Bütschli	–	+	–	–	+	–
<i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen) Balech	–	–	+	+	+	–
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech	+	+	–	–	–	+
<i>Protoperidinium compressum</i> (Abé) Balech	–	–	–	–	–	+
<i>Protoperidinium conicoides</i> (Paulsen) Balech	–	+	–	–	–	–
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech	+	+	+	–	+	–
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech	+	+	–	–	+	+

Окончание табл. 1

Отдел, вид водорослей The division, species of algae	2015	2016	2017			2019
	Июнь / June	Октябрь – ноябрь October–November	Май / May	Июнь / June	Сентябрь September	Февраль February
<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> (Jord.) Balech	+	+	+	+	+	–
<i>Protoperidinium</i> spp.	+	+	+	+	+	+
<i>Scaphodinium mirabile</i> Margalef, 1963**	–	–	+	+	+	+
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich	+	–	+	+	+	+
<i>Spatulodinium pseudonociluca</i> (Pouchet) J. Cachon & M. Cachon, 1968**	+	–	–	–	–	–
<i>Torodinium robustum</i> Kofoid et Swezy	+	–	+	+	+	+
spora <i>Dinophyta</i>	–	+	+	–	+	+
Chrysophyta						
<i>Acanthoica quattropsina</i> Lohmann	–	+	–	+	–	–
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg	+	+	–	–	+	+
<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay et Mohler	+	+	+	+	+	–
<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse	+	+	–	–	+	+
Cryptophyta						
<i>Hillea fusiformis</i> (J. Schiller) J. Schiller	–	–	–	+	+	–
<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino	+	+	+	+	+	+
<i>Plagioselmis punctata</i> Butcher	+	–	+	+	+	–
Euglenophyta						
<i>Euglena</i> sp.	+	+	+	+	+	–
<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer	+	–	+	+	–	+
Cyanophyta						
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn*	–	+	–	–	–	–
<i>Oscillatoria</i> sp.*	–	+	–	–	–	–
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová et Cronberg*	–	–	–	+	+	–
Chlorophyta						
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	–	+	–	–	–	–
<i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Proschkina-Lavrenko	+	–	–	–	–	–
<i>Pterosperma undulatum</i> Ostenfeld	–	+	–	+	–	–
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat	–	–	–	+	–	–
<i>Scenedesmus quadricauda</i> Chodat	+	–	–	+	–	–
<i>Scenedesmus</i> sp.	–	+	–	–	–	–

Примечание. * – потенциально токсичный или вредоносный вид; ** – новый для северо-восточной части Черного моря вид.
 Note. * – potentially toxic or harmful species; ** – new species for the Northeastern Black Sea.

видовое разнообразие отмечено среди динофитовых (57 видов) и диатомовых водорослей (38 видов), другие отделы были представлены 1–4 видами. В планктоне исследуемой акватории встречались потенциально токсичные и вредоносные виды: 2 диатомовых, 16 динофитовых и 3 вида цианобактерий. Отмечены новые для северо-восточной части Черного моря виды динофитовых водорослей: *Oxyphysis oxytoxoides*, *Spatulodinium pseudonocitluca*, *Scaphodinium mirabile*, *Actiniscus pentasterias*, – а также недавний вселенец в российскую часть моря *Dinophysis odiosa*. Впервые редкий эвритермный вид динофитовых водорослей *Dinophysis odiosa* (0,3 тыс. кл./л) был отмечен в Новороссийской бухте в 2008 г. [16]. Раньше вид встречался в районе Севастополя в летний период 2001 г. при температуре 17,2 °C на глубине 30 м со средней численностью 1 тыс. кл./м³ [17].

В разные сезоны в составе фитопланктона насчитывали от 43 до 64 видов (табл. 2). Низкое видовое разнообразие пелагических водорослей (43–44 вида) было характерно для зимне-весеннего периода (февраль – май), когда температура поверхностных вод не превышала 10–16 °C. С прогревом воды (июнь – ноябрь) таксономический состав фитопланктона был наиболее богатым (55–64 видов).

Средние величины количественного развития планктонных водорослей в исследуемый период составили 2156 тыс. кл./л и 126 мг/м³. Самые низкие значения численности (9,3 тыс. кл./л) были отмечены в июне 2015 г. (табл. 3). Наиболее высокие величины (4566–6644 тыс. кл./л) обнаружены в осенний период: в октябре – ноябре 2016 г. и сентябре 2017 г. В другое время обилие фитопланктона (305–757 тыс. кл./л) на порядок уступало максимальным величинам численности.

Несмотря на высокие значения численности, величины биомассы фитопланктона в осенний сезон 2016 и 2017 гг. были минимальными (32–55 мг/м³) за весь период исследования (табл. 3). В наибольшей степени этому способствовало доминирование мелкоклеточных видов фитопланктона. Относительно высокие показатели биомассы планктонных водорослей (97–240 мг/м³) были отмечены весной и летом (май, июнь) 2015 и 2017 гг., а также в зимний период (февраль) 2019 г. В это время наблюдали интенсивное развитие крупноклеточных видов водорослей на фоне низкого обилия фитопланктона.

Максимальные величины численности и биомассы планктонных водорослей в период исследования чаще всего отмечали в верхнем горизон-

те моря и в слое термоклина. Наблюдаемое нами снижение количественных величин развития фитопланктона в придонном горизонте моря, скорее всего, было связано с эффектом затемнения нижних горизонтов фотического слоя и подавлением фотосинтетической активности водорослей.

Доминирующим отделом водорослей в период исследования были диатомовые: в среднем они составили 40 (12–99) % общих значений численности и 34 (7–74) % биомассы (табл. 3). Динофитовые формировали 24 (0,7–85) % общих значений численности и значительную часть (51 (24–89) % биомассы фитопланктона. На долю золотистых водорослей, среди которых доминировал нанопланктонный вид *Emiliania huxleyi*, в весенне-осенний период 2015–2017 гг. приходилось от 10 до 71 % численности и от 0,2 до 54 % биомассы фитопланктона. В сентябре 2017 г. и феврале 2019 г. развитие этого вида в районе исследования практически не отмечали. В последние годы регистрируется массовое развитие *Emiliania huxleyi* в водах Черного моря с наивысшим пиком развития, достигающим до уровня «цветения», в весенний и раннелетний периоды. Тенденция увеличения доли этого вида в фитопланктонном сообществе связана с ростом концентрации фосфатов [18]. Одной из возможных причин интенсификации развития золотистых водорослей как одного из основных компонентов фитопланктона является глубокая зимне-весенняя конвекция. Так, холодные зимы 2006, 2008 и 2012 гг. способствовали более интенсивному и продолжительному цветению *Emiliania huxleyi*, чем в предыдущие и в последующие годы [19; 20].

Другие отделы водорослей в период исследования в сумме формировали не более 12,5 % общей численности и 2,8 % биомассы. Основными среди них были криптофитовые водоросли, представленные тремя видами: *Plagioselmis prolonga*, *P. punctata* и *Hillea fusiformis*. В основном они развивались в верхнем слое воды, тогда как в слое термоклина и у дна были отмечены теневыносливые виды золотистых водорослей *Dictyocha speculum* и *Octactis octonaria*.

Среди диатомовых водорослей в зимний период (февраль) 2019 г. интенсивное развитие получил мелкоклеточный бореальный вид *Skeletonema costatum* (95–97 % численности и 63–73 % биомассы отдела). В прибрежье Черного моря в зимне-весенний период он составляет основу численности фитопланктона, зачастую вызывая «цветение» воды [12]. Основными доминирующими вида-

Таблица 2. Количество таксономических единиц фитопланктона в исследуемом районе Черного моря в разные сезоны 2015–2019 гг.**Table 2.** Number of taxonomic units of phytoplankton in the studied area of the Black Sea in different seasons of 2015–2019

Отдел водорослей The division of algae	2015	2016	2017			2019	Всего Total
	Июнь / June	Октябрь – ноябрь October–November	Май / May	Июнь / June	Сентябрь September	Февраль February	
Bacillariophyta	17	17	15	22	18	14	38
Dinophyta	30	26	25	32	37	25	57
Chrysophyta	3	4	1	2	3	2	4
Цианопхита	–	2	–	1	1	–	2
Cryptophyta	2	1	2	3	3	1	3
Euglenophyta	1	1	1	1	–	1	1
Chlorophyta	2	1	–	3	–	–	4
Всего видов / Total species	55	62	44	64	62	43	109
Всего отделов / Total divisions	6	7	4	7	5	5	7

ми в июне 2015 г., мае 2017 г. были мелкоклочные *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, *Pseudonitzschia seriata*, *Nitzschia tenuirostris*. В летне-осенний период 2016 и 2017 гг. наряду с относительно мелкими видами *Chaetoceros affinis*, *C. curvisetus*, *C. lorenzianus*, *C. tortissimus*, *Cerataulina pelagica*, *Thalassionema nitzschioides* в планктоне неизменно повышалась роль более крупных видов *Proboscia alata*, *Pseudosolenia calcar-avis*, родов *Pleurosigma*, *Grammatophora*, *Coscinodiscus*, что положительно отразилось на величине общей биомассы.

Среди динофитовых в период исследования обильное развитие получили некрупные виды: *Prorocentrum cordatum*, *P. compressum*, *P. micans*, *Gyrodinium fusiforme*, *Pronoctiluca pelagica*, *Torodinium robustum* и *Scrippsiella trochoidea*, представители рода *Gymnodinium*. Основу биомассы формировали более крупноклеточные водоросли: *Protoperidinium crassipes*, *P. divergens*, *Polykrikos cofoidii*, *Protoceratium reticulatum*, *Dinophysis caudata*, *Gyrodinium spirale*, *Oblea rotunda* и виды рода *Ceratium*.

Надо отметить, что в верхнем горизонте моря повышалась роль золотистых и крупных видов диатомовых водорослей *Pseudosolenia calcar-avis* и *Proboscia alata*, в то время как в более глубоких горизонтах моря в общих значениях биомассы возрастала доля динофитовых водорослей.

Значительных отличий в видовом разнообразии и количественном развитии фитопланктона на разных станциях в районе исследования обычно не отмечали. Но были и исключения: так, в октябре 2016 г. в более мористом районе (станция 4) численность *Emiliania huxleyi* была выше, чем в прибрежной к берегу зоне моря (станции 1–3), что связано с экологией данного вида, развитие которого обычно приурочено к открытым глубоководным морским районам. В феврале 2019 г. самые низкие (в 6 раз ниже, чем на остальных станциях) значения количественного развития фитопланктона на поверхности моря наблюдали в прибрежье, на станции 1. Фитопланктон здесь отличался признаками угнетенного состояния: бледная окраска хлоропластов, плазмолиз некоторых клеток, наличие пустых клеточных оболочек в колониях диатомовых водорослей, – что свидетельствовало о неблагоприятной экологической ситуации, сложившейся на поверхности моря в прибрежном районе.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные в 2015–2019 гг. исследования выявили, что таксономический состав фитопланктона включает 109 видов. Это несколько больше, чем было обнаружено (98 видов) в акватории полуострова Абрау в период 2010–2013 гг. Таксономический состав уступает списку планктонных водо-

Таблица 3. Средние величины общей численности и биомассы фитопланктона, доля различных отделов водорослей в значениях численности и биомассы в исследуемом районе Черного моря в разные сезоны 2015–2019 гг.

Table 3. Average values of the total abundance and biomass of phytoplankton, the proportion of different divisions of algae in the values of abundance and biomass in the studied area of the Black Sea in different seasons of 2015–2019

Отдел водорослей The division of algae	2015	2016	2017			2019	Среднее Average
	Июнь / June	Октябрь – ноябрь October–November	Май / May	Июнь / June	Сентябрь September	Февраль February	
Bacillariophyta, %	50/13	32/58,6	15/7,2	33/39	12/10,2	99/74	40/33,7
Dinophyta, %	34/86	12/38,3	2,1/38	12,5/33	85/89	0,7/24	24,4/51,4
Chrysophyta, %	10/0,2	54/2	71/52	42/26,6	–	0,3/2	29,6/13,8
Другие отделы, % Other divisions, %	6/0,8	2/1,1	11,9/2,8	12,5/1,4	3/0,8	–	6/1,1
Численность, тыс. кл./л Abundance, thous. cells/l	9,3	6644	757	660	4566	305	2156
Биомасса, мг/м ³ Biomass, mg/m ³	127	54,98	206	240	32,35	96,91	126,17

Примечание. Над чертой % от общей численности, под чертой % от биомассы.

Note. Above the line % of the total abundance, below the line % of biomass.

рослей (135 видов), выявленных в прибрежных водах в районе Большого Утриша в 2001–2005 гг. Как и ранее, наибольшее видовое разнообразие было отмечено среди динофитовых (57 видов) и диатомовых водорослей (38 видов).

Средние величины количественного развития фитопланктона в исследуемый период составили 2156 тыс. кл./л и 126 мг/м³. Самые низкие значения численности (9,3 тыс. кл./л) были отмечены в июне 2015 г. Наиболее высокие величины (4566–6644 тыс. кл./л) обнаружены в осенний период 2016 и 2017 гг. В мае – июне 2017 г. обилие фитопланктона (660–757 тыс. кл./л) на порядок уступало максимальным величинам численности. Однако эти значения были значительно выше величин численности, зарегистрированных в мае и июле 2010–2013 гг. (19,3–36,6 тыс. кл./л) [7; 8], что, вероятно, было связано с доминированием весной и летом 2017 г. золотистых водорослей *Emiliania huxleyi*, формировавших в этот период 42–71 % общей численности и 26–52 % биомассы фитопланктона.

Относительно высокие показатели биомассы (127–240 мг/м³) были отмечены весной и летом (май, июнь) 2015 и 2017 гг. Эти значения были близки к величинам биомассы фитопланктона, наблюдавшимся в мае и июле 2010–2013 гг. (253–279 мг/м³) [7; 8]. Величины биомассы фитопланктона в осенний сезон 2016 и 2017 гг. (32–55 мг/м³) вследствие доминирования мелкоклеточных видов фитопланктона были минимальными за весь период исследования.

Таким образом, результаты исследования фитопланктона, выполненные в разные сезоны 2015–2019 гг. на шельфе северо-восточной части Черного моря (район Утриша), существенно дополнили имеющиеся данные о сезонной динамике качественных и количественных величин развития планктонных микроводорослей в этом районе моря. Было отмечено увеличение в планктоне доли золотистых водорослей.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № АААА-А18-118122790121-5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вершинин А.О., Моручков А.А., Суханова И.Н., Камнев А.Н., Паньков С.Л., Мортон С.Л., Рамсделл Дж.С. 2004. Сезонные изменения фитопланктона в районе мыса

Большой Утриш северо-кавказского берега Черного моря в 2001–2002 гг. *Океанология*. 44(3): 399–406.

2. Вершинин А.О., Моручков А.А., Лифилд Т., Суханова И.Н., Паньков С.Л., Мортон С.Л., Рамсделл Дж.С. 2005. Потен-

- циально токсичные водоросли в составе прибрежного фитопланктона северо-восточной части Черного моря в 2001–2002 гг. *Океанология*. 45(2): 240–248.
3. Вершинин А.О., Орлова Т.Ю. 2008. Токсичные и вредные водоросли в прибрежных водах России. *Океанология*. 48(4): 568–582.
 4. Vershinin A., Morton S., Leighfield T., Pankov S., Smith L., Quilliam M., Ramsdell J. 2006. *Alexandrium* in the Black Sea – identity, ecology and PSP toxicity. *African Journal of Marine Science*. 28(2): 209–213. doi: 10.2989/18142320609504149
 5. Vershinin A. 2008. Phytoplankton of north-eastern Black Sea: composition, annual changes in community structure, and the problem of invasive species. In: *Modern Problems of Algology: Materials of the International Scientific Conference and VIIth Marine Biology School (June 9–13, 2008, Rostov-on-Don)*. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publ.: 403–416.
 6. Vershinin A., Velikova V. 2008. New records and commonly misidentified dinoflagellates from the Black Sea. In: *Modern Problems of Algology: Materials of the International Scientific Conference and VIIth Marine Biology School (June 9–13, 2008, Rostov-on-Don)*. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publ.: 416.
 7. Афанасьев Д.Ф., Цыбульский И.Е., Барабашин Т.О., Белова Л.В., Налетова Л.Ю., Бычкова М.В., Корпакова И.Г. 2013. Прибрежные биоценозы полуострова Абрау Черного моря в 2010–2012 гг. *Вопросы рыболовства*. 14(4): 736–743.
 8. 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. 2014. Биоценозы прибрежной зоны шельфа северо-восточной части Черного моря. В кн.: *Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. Сборник научных трудов АЗНИИРХ (2012–2013 гг.)*. Ростов н/Д, изд-во АЗНИИРХ: 109–129.
 9. Макаревич П.Р., Дружков Н.В. 1989. *Методические рекомендации по анализу количественных и функциональных характеристик морских биоценозов северных морей. Ч. I. Фитопланктон. Зоопланктон. Взвешенное органическое вещество*. Апатиты, изд-во КНЦ АН СССР: 30 с.
 10. Радченко И.Г., Капков В.И., Федоров В.Д. 2010. *Практическое руководство по сбору и анализу проб морского фитопланктона*. М., изд-во МГУ: 60 с.
 11. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. 1989. *Водоросли. Справочник*. Киев, Наукова думка: 608 с.
 12. Прошкина-Лавренко А.И. 1955. *Диатомовые водоросли планктона Черного моря*. М., изд-во АН СССР: 216 с.
 13. Dodge J.D. 1982. *Marine Dinoflagellates of the British Island*. London, HMSO: 301 p.
 14. *Identifying marine phytoplankton*. 1997. San Diego, Academic Press: 821 p.
 15. Брянцева Ю.В., Лях А.М., Сергеева А.В. 2005. *Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря*. Севастополь, Институт биологии южных морей: 25 с.
 16. Yasakova O.N. 2011. New species of phytoplankton in the northeastern part of the Black Sea. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2(1): 65–69. doi: 10.1134/S2075111711010103
 17. Сеничева М.И. 2002. Новые и редкие для Черного моря виды диатомовых и динофитовых водорослей. *Экология моря*. 62: 25–29.
 18. Mikaelyan A.S., Zatsepin A.G., Chasovnikov V.K. 2013. Long-term changes in nutrient supply of phytoplankton growth in the Black Sea. *Journal of Marine Systems*. 117–118: 53–64. doi: 10.1016/j.jmarsys.2013.02.012
 19. Паутова Л.А., Микаэлян А.С., Силкин В.А. 2007. Структура планктонных фитоценозов шельфовых вод северо-восточной части Черного моря в период массового развития *Emiliania huxleyi* в 2002–2005 гг. *Океанология*. 47(3): 408–417.
 20. Ясакова О.Н., Станичный С.В. 2012. Аномальное цветение *Emiliania huxleyi* (Prymnesiophyceae) в Черном море в 2012 г. *Морской экологический журнал*. 11(4): 54.

REFERENCES

- basin. *Collection of Scientific Works of the Azov Research Institute of Fisheries (2012–2013)*. Rostov-on-Don, Azov Research Institute of Fisheries: 109–129. (In Russian).
9. Makarevich P.R., Druzhkov N.V. 1989. *Metodicheskie rekomendatsii po analizu kolichestvennykh i funktsional'nykh kharakteristik morskikh biotsenozov severnykh morey. Ch. 1. Fitoplankton. Zooplankton. Vzveshennoe organicheskoe veshchestvo*. [Methodological recommendations for the analysis of quantitative and functional characteristics of marine biocenoses of the northern seas. Part 1. Phytoplankton. Zooplankton. Suspended organic matter]. Apatity, Kola Scientific Centre of the USSR Academy of Sciences: 30 p. (In Russian).
 10. Radchenko I.G., Kapkov V.I., Fedorov V.D. 2010. *Prakticheskoe rukovodstvo po sboru i analizu prob morskogo fitoplanktona*. [A practical guide to the collection and analysis of samples of marine phytoplankton]. Moscow, Moscow State University: 60 p. (In Russian).
 11. Vasser S.P., Kondrat'eva N.V., Masyuk N.P. 1989. *Vodorosli. Spravochnik*. [Algae. Catalog]. Kiev, Naukova dumka: 608 p. (In Russian).
 12. Proshkina-Lavrenko A.I. 1955. *Diatomovye vodorosli planktona Chernogo morya*. [Diatoms of plankton of the Black Sea]. Moscow, USSR Academy of Sciences: 216 p. (In Russian).
 13. Dodge J.D. 1982. *Marine Dinoflagellates of the British Island*. London, HMSO: 301 p.
 14. *Identifying marine phytoplankton*. 1997. San Diego, Academic Press: 821 p.
 15. Bryantseva Yu.V., Lyakh A.M., Sergeeva A.V. 2005. *Raschet ob'emov i ploshchadey poverkhnosti odnokletochnykh vodorosley Chernogo morya*. [Calculation of volumes and surface areas of unicellular algae of the Black Sea]. Sevastopol, Institute of Biology of the Southern Seas: 25 p. (In Russian).
 16. Yasakova O.N. 2011. New species of phytoplankton in the northeastern part of the Black Sea. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2 (1): 65–69. doi: 10.1134/S2075111711010103
 17. Senicheva M.I. 2002. [New and rare species of the diatoms and dinoflagellates in the Black Sea]. *Ekologiya morya*. 62: 25–29. (In Russian).
 18. Mikaelyan A.S., Zatsepin A.G., Chasovnikov V.K. 2013. Long-term changes in nutrient supply of phytoplankton growth in the Black Sea. *Journal of Marine Systems*. 117–118: 53–64. doi: 10.1016/j.jmarsys.2013.02.012
 19. Pautova L.A., Mikaelyan A.S., Silkin V.A. 2007. Structure of plankton phytocenoses in the shelf waters of the northeastern Black Sea during the *Emiliania huxleyi* bloom in 2002–2005. *Oceanology*. 47(3): 377–385. doi: 10.1134/S0001437007030101
 20. Yasakova O.N., Stanichnyy S.V. 2012. [Abnormal blooming by *Emiliania huxleyi* (Prymnesiophyceae) in the Black Sea in 2012]. *Morskoy ekologicheskiy zhurnal*. 11(4): 54. (In Russian).

Поступила 21.09.2020