ФИТОПЛАНКТОН ОТКРЫТОЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2017 г.

О.Н. Ясакова

Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук, г. Ростов-на-Дону, Россия
yasak71@mail.ru

Аннотация. Зимний период в сезонной динамике развития фитопланктона менее изучен, чем остальные, поэтому представляет определенный интерес. В статье представлены результаты исследования таксономического состава и уровня количественного развития фитопланктона в открытой северо-восточной части Черного моря в декабре 2017 г. В составе фитопланктона было обнаружено 34 вида, относящихся к 5 отделам Bacillariophyta, Dinophyta, Chrysophyta, Cryptophyta и Chlorophyta. Максимальное видовое разнообразие зарегистрировано среди динофитовых (21 вид) и диатомовых водорослей (8 видов), другие отделы были представлены 1–2 видами. Ранее проведенные исследования показали, что таксономический состав фитопланктона в открытой северо-восточной части Черного моря включает большое количество видов динофитовых, в то время как разнообразие диатомовых водорослей значительно им уступает. Величины численности и биомассы планктонных водорослей в исследуемый период были крайне низкими (в среднем 2706 кл./л и 11,49 мг/м³). Максимальное обилие видов (26) и наибольшие величины количественного развития (5399 кл./л и 32,27 мг/м³) наблюдали в районе Таманского п-ова. Эти величины в 2–4 раза превышали значения численности и биомассы, обнаруженные в остальном районе исследования. Обильному развитию планктонных водорослей, вероятно, способствовало проникновение в эту зону Черного моря более богатых питательными веществами вод Азовского моря. Основу численности (соответственно 55 и 23 %) и биомассы (24 и 68 %) фитопланктона формировали диатомовые (*Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *P. seriata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Ditylum brightwellii*) и динофитовые водоросли (*Prorocentrum cordatum*, *Prorocentrum micans* и виды рода *Ceratium*). Криптофитовые водоросли (*Plagioselmis prolunga* и *P. punctata*) в исследуемый период составили 16 % численности фитопланктона. Среди золотистых и зеленых водорослей в незначительном количестве были отмечены обычные для открытой части Черного моря виды *Octactis octonaria* и *Pterosperma undulatum*. На благоприятную экологическую обстановку в данном районе моря указывает полное отсутствие синезеленых и эвгленовых водорослей, показательных для загрязненных и опресненных акваторий моря.

Ключевые слова: Таксономический состав, численность и биомасса фитопланктона, открытая северо-восточная часть Черного моря.

В последние десятилетия многие исследователи отмечают изменения, происходящие в структуре и функционировании морских планктонных сообществ в северо-восточной части Черного моря [1–4]. Цель нашего исследования – изучить состояние фитопланктона в открытой северо-восточной части Черного моря в зимний период 2017 г.

Материал и методы исследований

Исследования фитопланктона были проведены на 7 станциях, расположенных в открытой северо-восточной части Черного моря в декабре 2017 г. (Табл. 1).

Пробы планктонных водорослей (объемом 1–1,5 литра) отбирали в светлое время суток с помощью батометра с борта НИС «Денеб» (ЮНЦ РАН). Для камеральной обработки проб фитопланктона применяли седиментационный метод. Пробы отстаивали в темном прохладном месте не менее 20 суток. Затем пробы концентрировали методом удаления верхнего слоя воды с помощью трубки-сифона с загнутым на 2 см вверх концом, затяну-

тым кусочком мельничного сита №77. Обработка велась в стационарных условиях под микроскопом ЛОМО «Микмед-2», при увеличении $\times 200$ и $\times 400$. Клетки замеряли при помощи окуляр-микрометра, минимальный размер учитываемых клеток – 3–5 мкм. Подсчет численности осуществляли в камере Нажотта объемом 0.05 и 0.1 мл. Расчет биомассы проводили счетно-объемным методом. Объем клеток вычисляли, приравнивая их форму к соответствующей геометрической фигуре. Удельный вес водорослей принимался равным удельному весу воды [5, 6]. Таксономическую принадлежность водорослей устанавливали согласно общепринятым определителям [7–10].

Результаты исследований

В период исследований в открытой северо-восточной части Черного моря было обнаружено 34 вида фитопланктона, относящихся к 5 отделам *Bacillariophyta* (диатомовые), *Dinophyta* (динофитовые), *Chrysophyta* (золотистые), *Cryptophyta* (криптофитовые) и *Chlorophyta* (зеленые водоросли), а также

несколько таксономических единиц, определенных до рода и фитофлагеллаты (*Flagellata*) (табл. 2). Максимальное видовое разнообразие зарегистрировано среди динофитовых (21 вид) и диатомовых водорослей (8 видов), другие отделы были представлены 1–2 видами. Ранее проведенные исследования показали, что таксономический состав фитопланктона

в открытой северо-восточной части Черного моря включает большое количество видов динофитовых, в то время как разнообразие диатомовых водорослей значительно им уступает [11]. Обилие видов (26), вегетирующих в районе ст.7 более чем в 2,5 раза превышало показатели таксономического разнообразия, обнаруженные на остальных станциях (9–12 видов).

Табл. 1. Основные характеристики станций в исследуемом районе Черного моря в декабре 2017 г.

Date St	Time St	Name St	Position	Lat	Lon
19.12.17	0:50	1	Большой Сочи	43,46753	39,44867
19.12.17	3:25	2	Лазаревское	43,70160	39,30643
19.12.17	7:00	3	Туапсе	44,01108	39,03468
19.12.17	10:45	4	Джубга	44,23703	38,55140
19.12.17	14:10	5	Геленджик	44,40013	37,99590
19.12.17	19:10	6	Анапа	44,66133	37,25130
19.12.17	23:15	7	Таманский п-ов	44,92583	36,67125

Средние величины численности и биомассы планктонных водорослей в исследуемый период были крайне низкими: 2706 ± 1277 кл./л и $11,49 \pm 9,37$ мг/м³ (табл. 3 и 4). Снижение обилия фитопланктона в период завершения вегетационного сезона в целом характерно для открытой части Черного моря [11, 12]. Максимальные величины количественного развития планктонных водорослей зафиксированы на ст.7 (5399 кл./л и 32,27 мг/м³), они в 2,5–4 раза превышали значения численности и биомассы, обнаруженные в остальном районе исследования (1728–

3151 кл./л и 5,28–10,19 мг/м³). Основу численности (соответственно 55 и 23 %) и биомассы (24 и 68 %) фитопланктона формировали диатомовые и динофитовые водоросли. Среди диатомовых доминировали *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *P. seriata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Ditylum brightwellii* составившие 92 % численности и 89 % биомассы отдела. Среди динофитовых в массе развивались *Prorocentrum cordatum*, *Prorocentrum micans* и виды рода *Ceratium*, формировавшие в сумме 79 % численности 80 % биомассы отдела.

Табл. 2. Таксономический состав фитопланктона в открытой северо-восточной части Черного моря в декабре 2017 г.

Отделы и виды водорослей	Номер станции						
	1	2	3	4	5	6	7
Bacillariophyta:							
<i>Coscinodiscus</i> sp.							+
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle					+		
<i>Ditylum brightwellii</i> (T.West) Grunow				+			
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mer.							+
<i>Pleurosigma elongatum</i> W.Smith		+					+
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G.Sundström							+
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) H.Peragallo	+						
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle (complex)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	+	+	+	+	+	+	+
Dinophyta:							
<i>Ceratium tripos</i> (O.F.Müller) Nitzsch							+
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	+	+	+		+	+	+
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède et Lachmann	+		+	+		+	+
<i>Dinophysis rotundata</i> Claparède et Lachmann		+					+
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D.Dodge	+	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex J.D.Dodge			+		+		+
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gyrodinium</i> sp.				+			
<i>Glenodinium paululum</i> Lindernann							+

Продолжение Табл. 2

Отделы и виды водорослей	Номер станции						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Gonyaulax digitalis</i> (Pouchet) Kofoid					+		
<i>Goniaulax polygramma</i> Stein							+
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède et Lachmann) Diesing					+		
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech							+
<i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen) Balech							+
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech							+
<i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech							+
<i>Protoperidinium pallidum</i> (Ostenfeld) Balech							+
<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech					+		+
<i>Protoperidinium</i> sp.	+	+		+			+
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich						+	
<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède et Lachmann) Bütschli		+		+		+	+
<i>Torodinium robustum</i> Kofoid et Swezy						+	
<i>Warnowia maculata</i> (Kofoid et Swezy) Lind.							+
Cryptophyta:							
<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex G. Novarino						+	+
<i>Plagioselmis punctata</i> Butcher						+	+
Flagellata:							
<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias							+
Chlorophyta:							
<i>Pterosperma undulatum</i> Ostenfeld	+	+	+	+			
Chrysophyta:							
<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse	+	+	+	+		+	+
Всего видов:	9	10	9	9	10	12	26

Примечание: вид: «+» – обнаружен, «-» – отсутствует.

Табл. 3 Распределение величин численности (кл./л) фитопланктона в открытой северо-восточной части Черного моря в декабре 2017 г.

Отделы водорослей/ номер станции	ст. 1	ст. 2	ст. 3	ст. 4	ст. 5	ст. 6	ст. 7	среднее	% от общего
<i>Bacillariophyta</i>	1421	1131	1040	1053	2101	1087	2638	1496	55,28
<i>Dinophyta</i>	666	601	664	469	378	699	895	625	23,09
<i>Cryptophyta</i>						1316	1722	434	16,04
<i>Flagellata</i>							28	4	0,15
<i>Chlorophyta</i>	82	49	116	121				52	1,94
<i>Chrysophyta</i>	116	168	130	85		48	117	95	3,51
Всего:	2284	1948	1950	1728	2479	3151	5399	2706	100

Табл. 4 Распределение величин биомассы (мг/м³) фитопланктона в открытой северо-восточной части Черного моря в декабре 2017 г.

Отделы водорослей/ номер станции	ст. 1	ст. 2	ст. 3	ст. 4	ст. 5	ст. 6	ст. 7	среднее	% от общего
<i>Bacillariophyta</i>	0,87	0,41	0,27	4,70	1,31	0,28	11,50	2,76	24,06
<i>Dinophyta</i>	3,67	6,54	3,73	4,50	8,20	8,81	19,69	7,88	68,57
<i>Cryptophyta</i>						0,12	0,16	0,04	0,34
<i>Flagellata</i>							0,07	0,01	0,09
<i>Chlorophyta</i>	0,34	0,10	0,34	0,37				0,16	1,43
<i>Chrysophyta</i>	0,48	1,21	0,94	0,62		0,35	0,85	0,64	5,54
Всего:	5,37	8,27	5,28	10,19	9,51	9,56	32,27	11,49	100

Криптофитовые водоросли, представленные двумя видами *Plagioselmis prolunga* и *P. punctata*, отвечали за формирование значительной части (16 %) численности фитопланктона. На долю других отделов водорослей в сумме приходилось не более 6 % общей численности и 7 % биомассы фитопланктона.

Среди золотистых и зеленых водорослей в незначительном количестве были отмечены обычные для

открытой части Черного моря виды *Octactis octonaria* и *Pterosperma undulatum*. На благоприятную экологическую обстановку в данном районе моря указывает полное отсутствие синезеленых и эвгленовых водорослей, показательных для загрязненных и опресненных акваторий моря.

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

Список литературы

1. Корпакова И.Г., Цыбульский И.Е., Афанасьев Д.Ф., Барабашин Т.О., Белова Л.В., Налетова Л.Ю., Бычкова М.В., Виноградов А.Ю., Чередников С.Ю. Биоценозы прибрежной зоны шельфа северо-восточной части Черного моря // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. Сборник Научных Трудов АзНИИРХ (2012–2013 гг.). Ростов-На-Дону, 2014. С. 109–129.
2. Сафронова Л.М., Мартынюк М.Л., Фроленко Л.Н., Афанасьев Д.Ф., Мирзоян З.А. Оценка развития биологических сообществ в северо-восточной части Черного моря и трофическая обеспеченность промысловых рыб в современный период // Вопросы сохранения биоразнообразия водных объектов. Материалы международной научной конференции. Ростов на Дону: ФГБНУ «АзНИИРХ». 2015. С. 283–289.
3. Сафронова Л.М., Налетова Л.Ю. Фитопланктон прибрежной зоны северо-восточной части Черного моря // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона. Материалы IX Международной научно-практической конференции. Ростов на Дону: ФГБНУ «АзНИИРХ». 2017. С. 120–123.
4. Селифонова Ж. П. Структурно-функциональная организация экосистем заливов и бухт Черного и Азовского морей (Российский сектор): автореф. дисс... д-ра биол. наук: 25.00.28. Мурманск, 2016. 52 с.
5. Кольцова Т.Н. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона. Биол. Науки, – 1970. № 6. – С 114–119.
6. Кольцова Т.Н., Лихачева Н.Е., Федоров В.Д. О количественной обработке проб фитопланктона. Биол. Науки. – 1979. № 6. – С. 96–100.
7. Прошкина – Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. АН СССР. 1955. – 216 с.
8. Коновалова Т.В. Динофлагелляты Дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука. 1998. – 299 с.
9. Киселев И.А. Панцирные жгутиконосцы. М-Л: АН СССР. 1950. – 280 с.
10. Tomas C. (ed.). Identifying marine phytoplankton. San Diego, CA. Academic Press. Harcourt Brace Company. 1997. – 821 p.
11. Ясакова О.Н., Макаревич П.Р. Фитопланктон северо-восточной части Черного моря. Ростов-на-Дону, изд-во: ЮНЦ РАН. 2017. 176 с.
12. Сорокин Ю.И. Черное море. – М: Наука АН СССР. 1982. – 217 с.

PHYTOPLANKTON OF THE OPEN NORTH-EASTERN PART OF THE BLACK SEA IN THE WINTER PERIOD 2017

O.N. Yasakova

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

Abstract. The seasonal dynamics of phytoplankton development in winter is less studied than in other seasons, therefore it is of certain interest. The article presents the results of the study of taxonomic structure and the level of quantitative development of phytoplankton in the open area of the Black Sea northeastern shelf in December 2017. 34 Species belonging to 5 divisions of Bacillariophyta, Dinophyta, Chrysophyta, Cryptophyta and Chlorophyta were found in phytoplankton. The maximum species diversity was recorded among Dinophyta (21 species) and Bacillariophyta (8 species), other divisions were represented by 1–2 species. Previous studies have shown that the taxonomic composition of phytoplankton in the open area of the Black Sea northeastern part includes a large number of dinophytic species, while the diversity of diatoms is significantly inferior to them. The abundance and biomass of planktonic algae were extremely low during the study period (on average, 2706 cells / liter 11.49 mg / m³). The maximum abundance of species (26) and the highest values of quantitative development (5399 cells / l and 32.27 mg / m³) were observed in the area of the Taman Peninsula. These values were 2–4 times higher than the values of abundance and biomass found in the rest of the study area. The abundant development of planktonic algae was probably facilitated due to the ingress of waters of the Azov Sea, richer in nutrients, into the Kerch region of the Black Sea. Bacillariophyta (*Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *P. seriata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Ditylum brightwellii*), and Dinophyta (*Prorocentrum cordatum*, *Prorocentrum micans* and *Ceratium* species) formed the basis of the abundance (55 and 23 %, respectively) and biomass (24 and 68 %) of phytoplankton. Cryptophyta (*Plagioselmis prolunga* and *P. punctata*) accounted for 16 % of the phytoplankton population during the study period. Among the Chrysophyta and Chlorophyta, the species *Octactis octonaria* and *Pterosperma undulatum*, common for the open part of the Black Sea, were observed in small quantities. The favorable ecological situation in this region of the sea is proved by the complete absence of Cyanophyta and Euglenophyta, which are indicative of polluted and desalinated sea areas.

Keywords: Taxonomic composition, abundance and biomass of phytoplankton, open northeastern part of the Black Sea.

References

1. Korpakova I.G., Cybul'skij I.E., Afanas'ev D.F., Barabashin T.O., Belova L.V., Naletova L.Ju., Bychkova M.V., Vinogradov A.Ju., Cherednikov S.Ju. Biotsenozy pribrezhnoj zony shel'fa severo-vostochnoj chasti Chernogo morja // Osnovnye problemy rybnogo hozjajstva i ohrany rybohozjajstvennyh vodoemov Azovo-Chernomorskogo bassejna. Sbornik Nauchnyh Trudov AzNIIRH (2012–2013 gg.). Rostov-na-Donu, 2014. S. 109–129. (In Russian).
2. Safronova L.M., Martynjuk M.L., Frolenko L.N., Afanas'ev D.F., Mirzozjan Z.A. Ocenka razvitija biologicheskikh soobshhestv v severo-vostochnoj chasti Chernogo morja i troficheskaja obespechennost' promyslovyyh ryb v sovremennyj period // Voprosy sohraneniya bioraznoolbrazija vodnyh ob'ektov. Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Rostov na Donu: FGBNU «AzNIIRH». 2015. S. 283–289. (In Russian).
3. Safronova L.M., Naletova L.Ju. Fitoplankton pribrezhnoj zony severo-vostochnoj chasti Chernogo morja // Sovremennyye rybohozjajstvennyye i ekologicheskie problemy Azovo-Chernomorskogo regiona. Materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Rostov na Donu: FGBNU «AzNIIRH». 2017. S. 120–123. (In Russian).
4. Selifonova Zh.P. Strukturno-funkcional'naja organizacija jekosistem zalivov i buht Chernogo i Azovskogo morej (Rossijskij sektor): avtoref. diss... d-ra biol. nauk: 25.00.28. Murmansk, 2016. 52 c. (In Russian).
5. Kol'cova T.N. Opredelenie ob#ema i poverhnosti kletok fitoplanktona. Biol. Nauki, – 1970. № 6. – S. 114–119. (In Russian).
6. Kol'cova T.N., Lihacheva N.E., Fedorov V.D. O kolichestvennoj obrabotke prob fitoplanktona. Biol. Nauki. – 1979. № 6. – S. 96–100. (In Russian).
7. Proshkina-Lavrenko A.I. Diatomovye vodorosli planktona Chernogo morja. ANSSSR. 1955. – 216 s. (In Russian).
8. Konovalova T.V. Dinoflagellaty Dal'nevostochnykh morej Rossii i sopredel'nykh akvatorij Tihogo okeana. Vladivostok: Dal'nauka. 1998. – 299 s. (In Russian).
9. Kiselev I.A. Pancirnye zhgutikonoscy. M-L: ANSSSR. 1950. – 280 s. (In Russian).
10. Tomas C. (ed.). Identifying marine phytoplankton. San Diego, CA. Academic Press. Harcourt Brace Company. 1997. – 821 p.
11. Yasakova O.N., Makarevich P.R. Fitoplankton severo-vostochnoj chasti Chernogo morja. Rostov-na-Donu, izd-vo: JuNC RAN. 2017. 176 s. (In Russian).
12. Sorokin Ju.I. Chernoe more. – M: Nauka AN SSSR. 1982. – 217 s. (In Russian).