

Изучение состояния фитопланктона в акватории Азовского моря в позднеосенний период 2021 года

DOI: 10.37663/0131-6184-2023-3-

Тригуб Анатолий Григорьевич – аспирант, младший научный сотрудник, эксперт Центра аквакультуры, кафедры Ихтиологии и рыбоводства факультета биотехнологий и рыбного хозяйства, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (МГУТУ им. К.Г. Разумовского), Москва, Россия
Адрес: 109004, Москва, улица Земляной Вал, 73,

Дрозденко Татьяна Викторовна – канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории комплексных экологических исследований, доцент кафедры экологии и экспериментальной биологии Псковского государственного университета (ПсковГУ); Псков, Россия
Адрес: 180000, г. Псков, пл. Ленина, д.2.

Медянкина Мария Владимировна – канд. биол. наук, доцент @ 79263841762@yandex.ru;

Любовская Надежда Михайловна – аспирант – факультет биотехнологий и рыбного хозяйства, кафедра экологии и природопользования Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (МГУТУ им. К.Г. Разумовского)
Адрес: 109004, Москва, улица Земляной Вал, 73

Аннотация.

В статье приведены результаты гидробиологического мониторинга акватории Азовского моря в позднеосенний период 2021 года. Дана характеристика таксономического состава и количественных показателей фитопланктона, показано распределение гидробионтов по доминирующим видам, определена структура сообщества и пространственное распределение

Ключевые слова:

фитопланктон, численность, биомасса, Азовское море, водные биологические ресурсы

Для цитирования:

Тригуб А.Г., Дрозденко Т.В., Медянкина М.В., Любовская Н.М. Изучение состояния фитопланктона в акватории Азовского моря в позднеосенний период 2021 года // Рыбное хозяйство. 2023. № 3. С. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-3-

STUDY OF THE STATE OF PHYTOPLANKTON IN THE WATERS OF THE SEA OF AZOV IN THE LATE AUTUMN PERIOD OF 2021

Anatoly G. Trigub – Postgraduate student, Junior Researcher, Expert of the Aquaculture Center, Department of Ichthyology and Fish Farming, Faculty of Biotechnology and Fisheries, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (MGUTU named after K.G. Razumovsky), Moscow, Russia
Address: 73 Zemlyanoy Val Street, Moscow, 109004,

Drozdenco Tatiana Viktorovna – cand. biol. sciences Senior Researcher of the Laboratory of Integrated Environmental Studies, Associate Professor of the Department of Ecology and Experimental Biology of Pskov State University (Pskov State University); Pskov, Russia
Address: 180000, Pskov, Lenin Square, 2.

Medyankina Maria Vladimirovna – cand. biol. sciences, associate professor @ 79263841762@yandex.ru;

Lyubovskaya Nadezhda Mikhailovna – postgraduate student – Faculty of Biotechnology and Fisheries, Department of Ecology and Nature Management, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (MGUTU named after K.G. Razumovsky)
Address: 73 Zemlyanoy Val Street, Moscow, 109004

Abstract. The article presents the results of hydrobiological monitoring of the water area of the Sea of Azov in the late autumn period of 2021. The characteristics of the taxonomic composition and quantitative indicators of phytoplankton are given, the distribution of hydrobionts by dominant species is shown, and community structure and spatial distribution are determined

Keywords:

phytoplankton, abundance, biomass, Sea of Azov, aquatic biological resources

Cite as:

Trigub A.G., Drozdenco T.V., Medyankina M.V., Lyubovskaya N.M. Studying the state of phytoplankton in the waters of the Sea of Azov in the late autumn period of 2021 // Fisheries. 2023. No. 3. p. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-3-

ВВЕДЕНИЕ

Азовское море – полузамкнутое море Атлантического океана, омывающее побережье России. Является внутренним шельфовым морем в Восточной Европе, соединенным с Черным морем узким (около 4 км) Керченским проливом. Азовское море характеризуется рядом уникальных особенностей и отличается малыми размерами, глубиной (0,9-14 м) и объемом водного бассейна, слабым водообменом с другими морями, высоким вкладом и ролью речного стока в формировании океанографического и биологического облика экосистемы [13].

Длина моря достигает 380 км, ширина – 200 км, площадь водосбора бассейна – 586000 км². Морские берега, в основном, плоские и песчаные, только на южном берегу встречаются холмы вулканического происхождения, которые местами переходят в крутые передовые горы.

Гидрохимические особенности Азовского моря формируются за счет обильного притока речных вод (до 12% объема воды) и затрудненного водообмена с Черным морем [9]. Приток речных вод обуславливает высокие концентрации биогенных веществ в море: азота – 1000 мг/дм³, фосфора – 65 мг/дм³, кремния – 570 мг/дм³ [12].

На данный момент соленость моря колеблется от 5-8‰ до 11,6‰. В северной части Азовского моря вода содержит очень мало соли. Южная часть моря не замерзает и остается умеренной температуры. Основной ионный состав воды открытой части моря отличается от солевого состава океана относительной бедностью ионов хлора и натрия и повышенным содержанием преобладающих компонентов вод суши – кальцием, карбонатами и сульфатами.

Азовское море характеризуется низкой прозрачностью, за счет поступления большого количества мутных речных вод, взмучивания донных илов, при волнении моря, и наличии значительных масс планктона. В восточном и западном районах моря прозрачность составляет в среднем 1,5-2 м, но может достигать и 3-4 метров. В центральной части моря, за счет больших глубин и влияния черноморских вод, прозрачность изменяется от 1,5-2,5 м до 8 метров. Летом прозрачность увеличивается практически по всей акватории, но на некоторых участках, вследствие бурного развития в верхних слоях воды мельчайших растительных и животных организмов, она падает до нуля, и вода приобретает ярко-зеленую окраску [7].

За период с 2007 г. по 2014 г. в Азовском море отмечается устойчивый рост солености почти на 4‰, а в отдельных случаях – более чем на 6‰ [4]. За счет этого происходит смена комплексов гидробионтов, снижение продуктивности биоты и увеличение интенсивности проникновения черноморских вселенцев [1; 2; 4]. Данный процесс был характерен в период осолонения моря в 70-е годы прошлого века. Сейчас отмечают значительные преобразования экосистемы Азовского моря, под воздействием климатических и антропогенных факторов [3].

Регулярное исследование планктона Азовского моря началось с середины прошлого столетия. К началу XX в. для фитопланктона Азовско-

го моря насчитывалось 188 видов. Массовыми из них были следующие: *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Nodularia spumigena f. typical* и *f. litorea*, *Anabaena knipowitschi* и *A. hassalii v. macrospore* из сине-зеленых; *Ebria tripartita* из кремне-жгутиковых; *Exuviella cordata*, *Prorocentrum micans* и *Glenodinium danicum* из динофитовых; *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira nana*, *Coscinodiscus biconicus*, *C. radiatus*, *Leptocylindrus danicus*, *Rhizosolenia calcar-avis*, *Chaetoceros subtilis*, *Biddulphia mobiliensis*, *Ditylum brightwelli*, *Thalassionema nitzschoides* из диатомовых [11].

В настоящее время в состав фитопланктона Азовского моря входят более 700 видов и разновидностей микроводорослей из разных систематических групп. Соотношение различных групп в одном и том же районе моря изменяется, в зависимости от сезона года [6]. В планктонной альгофлоре преобладают представители отделов Bacillariophyta, Miozoa, Cyanobacteria и Chlorophyta. Также встречаются представители отделов Euglenozoa, Chryptophyta, Ochrophyta, Raphidophyta, Haptophyta [4].

Вследствие сильного опреснения, в Азовском море обильно развиваются такие пресноводные цианобактерии, как *Aphanizomenon* и *Anabaena*. Также, массовое развитие дают чисто морские динофитовые и диатомовые, как, например, представители родов *Exuviella*, *Prorocentrum*, *Glenodinium* из первых и *Skeletonema*, *Coscinodiscus*, *Rhizosolenia* и *Chaetoceros* – из вторых.

В южной акватории Азовского моря, находящейся под непосредственным влиянием водообмена с Черным морем, отмечается присутствие видов-вселенцев. Особенно опасны инвазии токсичных планктонных микроводорослей, таких как *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech, *A. ostenfeldii* (Paulsen) Balech & Tangen, *Dinophysis acuminata* Clap. et Lachm из динофитовых, *Pseudonitzschia delicatissima* (Hasle) Hasle, *P. pungens* (Grun.) Hasle из диатомовых и *Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada ex Hara & Chihara из рафидофитовых [5].

Слабая соленость вод Азовского моря и ее частые колебания, а также неустойчивые температурный и газовый режимы, мелководность и другие специфические черты оказали влияние на выживание и распределение пресноводных и морских видов и ограничили его экологическую емкость. Несмотря на то, что в Азовском море существуют достаточно благоприятные условия для жизнедеятельности различных организмов, в течение последних лет в водоеме сформировалась экологическая обстановка, в которой существенно деградирует численность аборигенной гидробиоты. Это может быть связано с введением в эксплуатацию Ростовской АЭС и Азовского терминала по переработке метанола. Кроме того, на водосборе Азовского моря развито сельское хозяйство, угольная, металлургическая и машиностроительная промышленность.

На сегодняшний день Азовское море подвергается сильному антропогенному воздействию со стороны предприятий Мариуполя, Таганрога



Рисунок 1. Схема расположения станций мониторинга
Figure 1. Layout of monitoring stations

и других промышленных городов, расположенных у побережья. Увеличение судоходства привело к загрязнению моря, вплоть до экологических бедствий. 11 ноября 2007 г. в Керченском проливе в районе российского порта «Кавказ», из-за сильного шторма, затонуло 4 судна – сухогрузы «Вольногорск», «Нахичевань», «Ковель», «Хаджи Измаил». Сорвались с якорей и сели на мель 6 судов, получили повреждения 2 танкера («Волго-нефть-123» и «Волго-нефть-139»). В море попало около 1300 т мазута и около 6800 т серы [16].

Таким образом, экологический мониторинг акватории Азовского моря, а, в частности, исследование фитопланктона, который является основным первичным продуцентом и выступает прекрасным биоиндикатором качества водной среды, за счет быстрого реагирования на малейшие изменения, происходящие в водных экосистемах, имеет высокую актуальность [14].

Целью данной работы стало исследование состояния фитопланктона акватории Азовского моря в осенний период 2021 года.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор проб фитопланктона проводили на 7 станциях Азовского моря в октябре 2021 г. (рис. 1, табл. 1).

В гидрологические наблюдения входила фиксация наличия/отсутствия нефтяных пленок, пятен повышенной мутности, пены, плавающих отходов в районе работ. Данные наблюдения проводили визуально, с использованием бинокля и фото-видео аппаратуры.

Гидробиологический материал отбирали пластиковым ведром с поверхностного горизонта в 2-х повторностях, по причине отсутствия стра-

тификации вод из-за штормов и малых глубин. Для фиксации пробы воды из ведра переливали в темные пластиковые бутылки и фиксировали 0,8% раствором формальдегида. Всего было отобрано 14 проб фитопланктона объемом 1 литр.

В ходе камеральной обработки, пробы фитопланктона концентрировали при помощи камеры обратной фильтрации до 50-70 мл [10].

Определение видовых таксонов микроводорослей и подсчет их численности проводили по стандартным методикам [8]. Современное систематическое положение приводили в соответствии с базами данных World Register of Marine Species (WoRMS) и AlgaeBase. Неидентифицированные флагелляты относили в группу Unidentified species.

Количественный анализ осуществляли в камере Нажотта объемом 0,05 мл, под световым микроскопом на увеличении $\times 400$ (крупные формы просматривали при увеличении $\times 100$ - $\times 200$). Из каждой пробы просчитывали по 3 камеры. Размеры клеток промеряли при помощи откалиброванной камеры-окуляра или окуляр-микрометров. Объемы клеток определяли методом геометрического подобия [15]. Для корректного расчета биомассы, жгутиковых делили на размерные категории от 5 до 20 мкм с шагом в 1 мкм, которых для анализа данных объединяли в 4 группы (флагелляты 5 мкм, 10-15 мкм, 18-20 мкм, а также неидентифицированные не жгутиковые формы). Расчет численности, биомассы и первичную обработку результатов проводили в программе Excel, статистическую обработку полученных данных проводили в программе Past 3.26.

РЕЗУЛЬТАТЫ

За время исследования, в акватории Азовского моря нефтяных пленок и шлейфов мутности, которые могли бы негативно отразиться на развитии фитопланктона, обнаружено не было. Однако наблюдалось повсеместное распространение мутности от дна к поверхности, за счет ветрового (штормового) промешивания. Также не было встречено мусора, но на переходах между станциями имело место наличие плавающих островков из оторвавшихся листьев *Zostera marina* Linnaeus, образовавшихся по причине штормов. Навигация в районе работ была минимальна, за исключением ст. 3 и 4, которые находились вблизи фарватера.

В ходе исследования обнаружено всего 46 таксонов микроводорослей рангом ниже рода из 8 отделов (рис. 2, табл. 2).

Таблица 1. Географические координаты станций мониторинга /
Table 1. Geographical coordinates of monitoring stations

Но станции	Широта, N	Долгота, E
1	45.586831	36.346999
2	45.570436	36.563979
3	45.786071	36.621657
4	45.809125	36.827936
5	45.590205	36.887674
6	45.623460	36.981058
7	45.469069	37.027750

Таблица 2. Таксономический состав фитопланктона на исследуемых станциях акватории Азовского моря (октябрь 2021 г.) / **Table 2.** Taxonomic composition of phytoplankton at the studied stations of the Azov Sea (October 2021)

	1	2	3	4	5	6	7
Chlorophyta							
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová						+	+
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard							+
<i>Pyramimonas longicauda</i> L.Van Meel		+					
<i>Pyramimonas</i> sp.1		+	+				+
<i>Pyramimonas</i> sp.2		+					
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat						+	
<i>Tetradesmus obliquus</i> (Turpin) M.J.Wynne						+	
<i>Tetrastrum elegans</i> Playfair							+
Cryptophyta							
<i>Telonema</i> sp. Griebmann		+					
Cyanobacteria							
<i>Anabaena</i> sp. Bory ex Bornet, É & Flahault.							+
<i>Aphanothece</i> sp. C.Nägeli							+
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen						+	+
<i>Microcystis</i> sp. Lemmermann							+
<i>Planktolyngbya contorta</i> (Lemmerm.) Anagn. & Komárek							+
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmerm.) Komárek.-Legn. & Cronberg				+		+	+
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek							+
Unidentified filamentous cyanobacteria							+
Euglenozoa							
<i>Euglenophyta</i> sp.		+	+				
Haptophyta							
<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) W.W.Hay & H.P.Mohler					+	+	+
Myozoa_Dinophyceae							
<i>Cysts Dinophyta</i>	+		+	+	+		
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing					+		
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein	+						
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D.Dodge				+	+		
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg				+	+		+
<i>Protoperdinium</i> sp.1 Bergh	+						
Bacillariophyta							
<i>Aulacoseira</i> spp.	+	+	+	+		+	
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey		+			+		
<i>Ceratoneis closterium</i> Ehrenberg	+		+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostf			+	+			
<i>Chaetoceros</i> spp		+		+	+	+	+
<i>Chaetoceros subtilis</i> Cleve			+				+
<i>Chaetoceros convolutus</i> Castracane		+	+	+		+	+
<i>Coscinodiscus</i> sp. Ehrenberg			+				+
<i>Cyclotella</i> sp. (F.T. Kützing) A. de Brébisson		+	+	+	+	+	+
<i>Entomoneis</i> sp. Ehrenberg	+						
<i>Gyrosigma</i> sp. Hassall					+		
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran		+	+	+	+	+	+
<i>Melosira moniliformis</i> (Link) C.Agardh			+				
<i>Navicula</i> sp.1 Bory	+			+	+		
<i>Pennales</i> 15-30 mkm	+			+			
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Grunow ex Cleve) Hasle				+			+
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	+	+	+	+	+	+	+
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky				+	+		
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve	+	+	+	+			
<i>Thalassiosira</i> sp.1 (10-20 mkm)	+		+		+	+	+
<i>Thalassiosira</i> sp.2 (<10 mkm)	+						+
Ochrophyta_Dictyochophyceae							
<i>Apedinella radians</i> (Lohmann) P.H.Campbell, 1973	+		+				+
<i>Pseudopedinella pyriformis</i> N.Carter							+
Unidentified species							
flagellates 10-15 mkm			+			+	+
flagellates 18 -20 mkm		+					
flagellates 5 mkm	+	+	+	+		+	+
unidentified alga		+	+	+	+		

Примечание: знаком «+» показано обнаружение видов на станции

Основу флористического комплекса формировали представители отделов Bacillariophyta (21 видовой таксон, 45,7% от общего количества видов), Chlorophyta (8 видовых таксонов, 17,4%), Cyanobacteria (7 видовых таксонов, 15,2%), Myozoa (5 видовых таксонов, 10,9%). Вклад остальных отделов был незначителен: Ochrophyta – 4,3%,

Euglenozoa, Cryptophyta и Haptophyta – по 2,2%. Также в пробах зарегистрированы неидентифицированные флагеллаты.

Видовое богатство фитопланктона по станциям (без учета неидентифицированных флагеллат и цист динофитовых) изменялось от 12 на ст. 2 до 25 на ст. 7 (рис. 3., табл. 2).

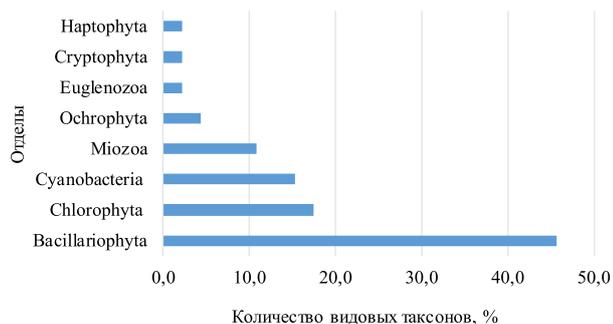


Рисунок 2. Таксономический состав фитопланктона Азовского моря (октябрь 2021 г.)

Figure 2. Taxonomic composition of phytoplankton of the Sea of Azov (October 2021)

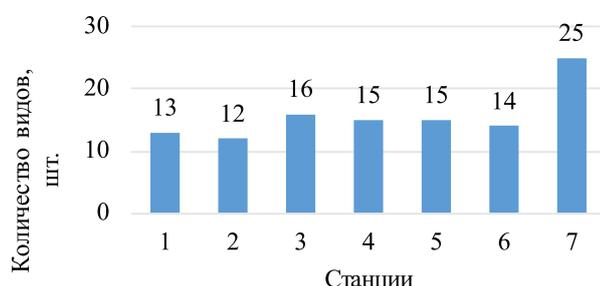


Рисунок 3. Число видов фитопланктона на станциях Азовского моря (октябрь 2021 г.)

Figure 3. The number of phytoplankton species at the stations of the Sea of Azov (October 2021)

В систематическом плане наиболее богатой являлась ст. 7, планктонная альгофлора которой была представлена шестью отделами: Bacillariophyta, Miozoa, Cyanobacteria, Chlorophyta, Ochrophyta и Hartophyta (рис. 4, табл. 2). На ст. 4 выявлены только представители отделов Bacillariophyta и Miozoa.

По количеству видов превалировал отдел Bacillariophyta. Это единственный отдел, представители которого зарегистрированы на всех станциях. Динофитовые водоросли не встречены на ст. 2, 3, 6, зеленые – на ст. 1, 4, 5, цианобактерии – на ст. 1, 2, 4. Охрофитовые отмечались на ст. 1, 3, 7, гаптофитовые – на ст. 5-7, эвгленовые – на ст. 2 и 3. Единично

был встречен представитель отдела Cryptophyta – *Telonema* sp. – на ст. 1 (рис. 4, табл. 2).

Стоит отметить, что на всех исследованных станциях была обнаружена диатомовая водоросль *Skeletonema costatum*. Диатомовые *Cyclotella* sp. и *Leptocylindrus minimus* не отмечались только на ст. 1, а *Ceratoneis closterium* – на ст. 2 (табл. 2).

В целом, видовая структура сообщества фитопланктона обследованной акватории была очень мозаичной, что характерно для планктонных альгоценозов Азовского моря.

Согласно количественному анализу, численность фитопланктона изменялась от 62,9 млн кл./м³ на ст. 1 до 724,5 млн кл./м³ на ст. 7, в среднем составляя 232,7 млн кл./м³ (табл. 3).

Наибольший вклад в общую численность на всех станциях вносили диатомовые водоросли – 47,2-93,4%. Высокие значения численности на ст. 7 обусловлены развитием цианобактерий (до 46,2% общей численности), особенно *Planktothrix agardhii* (27,0%) и *Anabaena* sp. (8,0%), а также диатомей (51,5%), особенно *Thalassiosira* sp.1 (10-20 мкм) и *Skeletonema costatum* (27,0% и 19,0%, соответственно). На ст. 1-3, на фоне низкой численности фитопланктона, возрастал вклад жгутиковых форм (22,8-29,9%). Представители зеленых водорослей в общей численности вносили вклад на ст. 2 (13,5%), охрофитовых – на ст. 1 (19,3%).

Среди доминант по численности отмечались представители диатомовых, цианобактерий, охрофитовых, зеленых и гаптофитовых водорослей, а также мелкие флагаеллы (табл. 4).

Биомасса фитопланктона изменялась от 41,0 мг/м³ на ст. 6 до 365,9 мг/м³ на ст. 7, в среднем составляя 145,1 мг/м³ (табл. 3). Основную роль в биомассе играли представители отдела Bacillariophyta, на которых приходилось 80,7-92,5% от общей биомассы. Вклад динофитовых был заметен на ст. 1 – 6,3%, ст. 4 – 5,9% и ст. 5 – 13,6%. Доля мелких флагаелл в общей биомассе достигала 13,0% на ст. 3. Вклад гаптофитовых на ст. 5 и 6 составлял 5,0% и 4,2%, соответственно. Цианобактерии, которые составляли почти половину от общей численности на ст. 7, в биомассе не превышали 6,5%.

Среди доминант по биомассе выступали крупноклеточные формы родов *Thalassiosira* и *Coscinodiscus*, субдоминантами являлись другие представители диатомовых, а также жгутиковые

Таблица 3. Количественные показатели фитопланктона Азовского моря (октябрь 2021 г.) / **Table 3.** Quantitative indicators of phytoplankton of the Sea of Azov (October 2021)

Но станции	N, млн кл./м ³	B, мг/м ³
1	62,9	78,2
2	91,8	187,2
3	91,8	94,0
4	148,9	83,7
5	409,7	165,3
6	99,0	41,0
7	724,5	365,9
Mean±SE	232,7±93,4	145,1±41,6

Таблица 4. Виды-доминанты по численности (%) / **Table 4.** Dominant species by number (%)

Отдел	Вид	Мах
Bacillariophyta	<i>Skeletonema costatum</i>	46,4
Bacillariophyta	<i>Leptocylindrus minimus</i>	46,1
Unidentified species	<i>flagellates</i> 5 мкм	29,9
Bacillariophyta	<i>Ceratoneis closterium</i>	29,2
Сyanobacteria	<i>Planktothrix agardhii</i>	26,6
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> sp.1 (10-20 мкм)	26,5
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira</i> spp.	25,7
Unidentified species	unidentified alga	21,7
Ochrophyta	<i>Apedinella radians</i>	19,3
Сyanobacteria	<i>Planktolynghya limnetica</i>	19,3
Bacillariophyta	<i>Pennales</i> 15-30 мкм	15,0
Haptophyta	<i>Emiliania huxleyi</i>	13,8
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> spp	10,4
Chlorophyta	<i>Pyramimonas</i> sp.1	10,0

формы средней размерной категории (10-15 мкм) (табл. 5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в октябре 2021 г. в фитопланктоне поверхностного горизонта обследованной акватории Азовского моря всего обнаружено и идентифицировано 46 таксонов микроводорослей видового и надвидового ранга. Основу флористического комплекса формировали представители отделов Bacillariophyta (45,7% от общего количества видов), Chlorophyta (17,4%), Cyanobacteria (15,2%) и Miozoa (10,9%). Видовое богатство фитопланктона изменялось от 12 до 25, в зависимости от станции исследования.

Численность фитопланктона колебалась от 62,9 млн кл./м³ до 724,5 млн кл./м³, в среднем составляя 232,7 млн кл./м³. Среди доминант отмечались диатомеи *Skeletonema costatum* и *Leptocylindrus minimus*, к субдоминантам относились мелкие флагаеллы, диатомеи *Ceratoneis closterium*, *Thalassiosira* sp., *Aulacoseira* spp., цианобактерии *Planktothrix agardhii*, *Planktolynghya limnetica*, охрофитовая *Apedinella radians* и гаптофитовая водоросль *Emiliania huxleyi*.

Биомасса фитопланктона изменялась от 41,0 мг/м³ до 365,9 мг/м³, при среднем значении – 145,1 мг/м³. По биомассе в состав доминантов входили крупноклеточные диатомовые водоросли родов *Thalassiosira* и *Coscinodiscus*, в состав субдоминантов – диатомеи *Ceratoneis closterium*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* spp. и жгутиковые формы средней размерной категории (10-15 мкм).

Структура сообщества фитопланктона обследованной акватории была мозаичной, пространственное распределение количественных показателей носило выраженный очаговый характер, что является типичной особенностью планктонных альгоценозов Азовского моря.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад в работу авторов: А.Г. Тригуб – сбор и анализ данных, сбор и обработка проб, Дрозденко Т.В. - подго-

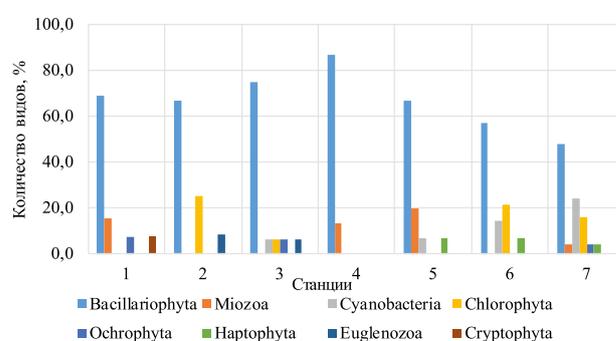


Рисунок 4. Таксономический состав фитопланктона Азовского моря по станциям исследования (октябрь 2021 г.)

Figure 4. Taxonomic composition of phytoplankton of the Sea of Azov by research stations (October 2021)

товка статьи, проверка статьи, Медянкина М.В. – идея работы, подготовка введения, заключения, Любовская Н.М. – подготовка и анализ базы данных.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Contribution to the work of the authors: A. Trigub – data collection and analysis, sample collection and processing, T. Drozdenko - preparation of the article, final verification of the article; M. Medyankina – the idea of the work, preparation of the introduction, conclusion, N. Lubovskaya - preparation and analysis of the database.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

- Алдакимов А.А. Современное состояние кормовой базы рыб Азовского моря и предстоящие её изменения в связи с водохозяйственными мероприятиями. Рыбохозяйственные исследования в Азовском море. Труды АЗНИИРХ. 1972. № 10. С. 52-67.
- Воловик С.П. Продуктивность и проблемы управления экосистемой Азовского моря: дис. ... д-ра биол. наук. Ростов-на-Дону, 1985. 563 с.
- Воловик С.П., Воловик Г.С., Косолапов А.Е. Водные и биологические ресурсы Нижнего Дона: состояние и проблемы управления. Новочеркасск: Изд-во СевКавНИИВХ, 2009. 301 с.
- Воловик С.П., Корпакова И.Г., Налетова Л. Ю, Барабашин Т.О. Фитопланктон и его изменения в юго-восточном районе Азовско-

Таблица 5. Вклад доминирующих таксонов (%) в общую биомассу фитопланктона / **Table 5.** Contribution of dominant taxa (%) to the total phytoplankton biomass

Отдел	Вид	Мах
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	67,2
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> sp.1 (10-20 мкм)	67,2
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscus</i> sp.	48,2
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira</i> spp.	19,6
Bacillariophyta	<i>Ceratoneis closterium</i>	19,4
Bacillariophyta	<i>Skeletonema costatum</i>	18,9
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> spp	16,6
Unidentified species	flagellates 10-15 mkm	10,2

го моря летом 2007-2014 годов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. №. 11. С. 21-27.

5. Ковалёва Г.В. Влияние биологических инвазий на таксономическое разнообразие микроводорослей Азовского моря // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сборник научных трудов АЗНИИРХ 2001-2002 г. М., 2002. С. 158-164.

6. Ковалева Г.В. Систематический список микроводорослей бентоса и планктона прибрежной части Азовского моря и прилегающих водоемов. // Современные проблемы альгологии: Материалы международной научной конференции и VII Школы по морской биологии: сборник. Ростов на Дону: изд-во ЮНЦ РАН, 2008. С. 174-192.

7. Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М., Бердников С.В. и другие. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море.: Монография. Южн. науч. центр РАН. М.: Наука, 2006. 304 с.

8. Радченко И.Г., Капков В.И., Федоров В.Д. Практическое руководство по сбору и анализу проб морского фитопланктона: учебно-методическое пособие для студентов биологических специальностей университетов. М.: Мордвинцев, 2010. 60 с.

9. Сафронова Л.М., Лужняк О.Л. Трансформация фитопланктона Азовского моря в условиях современного осолонения / Л.М. Сафронова, // Морские биологические исследования: достижения и перспективы. 2016. С. 417-420.

10. Современные методы количественной оценки распределения морского планктона / Отв. ред. М.Е. Виноградов. М.: Наука, 1983. 279 с.

11. Студеникина Е.И., Алдакимова А.Я., Губина Г.С. Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий. Ростов на Дону: изд-во Эверест, 1999. 175 с.

12. Тригуб А.Г., Медянкина М.В., Глебова И.А., Хайрулина Т.П. Изучение состояния зоопланктона и зообентоса в акватории Азовского моря в позднесенний период 2021 года // Рыбное хозяйство. 2023. № 2. С. 39-49. DOI 10.37663/0131-6184-2023-2-39-49

13. Кленкин, А.А., Кorpakova И.Г., Павленко Л.Ф., Темердашев З.А. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. Краснодар: ФГУП «АзНИИРХ», 2007. 324 с.

14. Drozdenko, T.V., Volgusheva, A.A. Phytoplankton and Water Quality in Kuchane Lake (Pskov Oblast, Russia) // Biology Bulletin, издательство М А I K Nauka Interperiodica (Russian Federation), 2023. Том 49, № 10, с. 55-60. DOI: 10.1134/S1062359022100107

15. Hillebrand, H., Dürselen, C.-D., Kirschtel, D., Pollinger, U., Zohary, T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae // J. Phycol. 1999. V. 35. P. 403-424.

16. Water Resources. Справочник водных ресурсов. Режим доступа: <https://waterresources.ru/morya/azovskoe-more/>. (Дата обращения 24.04.2023).

biological resources of the Lower Don: the state and problems of management. Novocherkassk: Publishing house Sevkvaniivkh, – 301 p. (In Russ.)

4. Volovik, S.P., Korpakova, I.G., Naletova, L.Yu., Barabashin, T.O. (2015). Phytoplankton and its changes in the south-eastern region of the Sea of Azov in the summer of 2007-2014. // Environmental protection in the oil and gas complex. No. 11. Pp. 21-27.

5. Kovaleva, G.V. (2002). The influence of biological invasions on the taxonomic diversity of microalgae of the Sea of Azov // The main problems of fisheries and protection of fishery reservoirs of the Azov-Black Sea basin: collection of scientific papers of AzNIIRKH 2001-2002. M. Pp. 158-164.

6. Kovaleva, G.V. (2008). Systematic list of microalgae of benthos and plankton of the coastal part of the Sea of Azov and adjacent reservoirs. // Modern problems of algology: Proceedings of the International Scientific Conference and the VII School of Marine Biology: collection. Rostov on Don: Publishing house of the YUNTS RAS. Pp. 174-192.

7. Matishov, G.G., Gargopa Yu.M., Berdnikov S.V. and others (2006). Regularities of ecosystem processes in the Sea of Azov. / G.G. Matishov; Monograph. Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – M.: Nauka, – 304 p.

8. Radchenko, I.G., Kapkov V.I., Fedorov V.D. (2010). Practical guide to collecting and analyzing samples of marine phytoplankton: an educational and methodological guide for students of biological specialties of universities. M.: Mordvintsev. 60 p.

9. Safronova, L.M., Luzhnyak O.L. (2016). Transformation of phytoplankton of the Sea of Azov in the conditions of modern salinization // Marine biological research: achievements and prospects. Pp. 417-420.

10. Modern methods of quantitative assessment of the distribution of marine plankton / Ed. by M. E. Vinogradov. Moscow: Nauka, 1983. 279 p.

11. Studenikina, E.I., Aldakimova, A.Ya., Gubina, G.S. (1999). Phytoplankton of the Sea of Azov under anthropogenic influences. Rostov on Don: Everest Publishing House. 175 p.

12. Trigub, A.G., Medyankina M.V., Glebova I.A., Khairulina T.P. 2023. Studying the state of zooplankton and zoobenthos in the waters of the Sea of Azov in the late autumn period of 2021. // Fisheries. No. 2. Pp. 39-49. DOI 10.37663/0131-6184-2023-2-39-49

13. Klenkin, A.A., Korpakova, I.G., Pavlenko, L.F., Temerdashev, Z.A. (2007). Ecosystem of the Sea of Azov: anthropogenic pollution. Krasnodar: FSUE "AzNIIRH". 324 p.

14. Drozdenko, T.V., Volgusheva, A.A. (2022). Phytoplankton and Water Quality in Kuchane Lake (Pskov Oblast, Russia). Biol Bull Russ Acad Sci 49, 1769-1775 Volume 49, No. 10, Pp. 55-60. DOI: 10.1134/S1062359022100107

15. Hillebrand H., Dürselen C.-D., Kirschtel D., Pollinger U., Zohary T. (1999). Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae // J. Phycol. V. 35. Pp. 403-424.

16. Water Resources. Directory of water resources. Access mode: <https://waterresources.ru/morya/azovskoe-more/>. Date of application 04.24.2023.

REFERENCES AND SOURCES

1. Aldakimova, A.Ya. (1972). The current state of the fish feeding base of the Sea of Azov and its upcoming changes in connection with water management measures // Fisheries research in the Sea of Azov. Proceedings of the AzNIIRKH. No. 10. Pp. 52-67. (In Russ.)

2. Volovik, S.P. (1985). Productivity and problems of ecosystem management of the Sea of Azov: dissertation of the Doctor of Biology. Sciences. Rostov-on-Don/ 563 p. (In Russ.)

3. Volovik S.P., Volovik, G.S., Kosolapov, A.E. (2009). Water and

Материал поступил в редакцию / Received 01.05.2023
После рецензирования / Revised 07.05.2023
Принят к публикации / Accepted 21.05.2023