

БИОЛОГИЯ

УДК 551.46:262.54

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ПЕЛАГИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА АЗОВСКОГО МОРЯ В УСЛОВИЯХ АНОМАЛЬНО ХОЛОДНОЙ ЗИМЫ 2005–2006 гг.

© 2012 г. Академик Г.Г. Матишов^{1, 2}, О.В. Степаньян³,
Г.В. Ковалёва³, В.В. Поважный¹, К.В. Кренёва³

Исследована структура пелагического сообщества Азовского моря в условиях сплошного ледового покрова. Выявлены высокие показатели видового разнообразия, численности и биомассы фито- и микророзопланктона при слабом развитии сетного планктона. Впервые показано присутствие меропланктона и “цветение” динофитовых и золотистых водорослей подо льдом Азовского моря. Впервые для Азовского моря отмечены два вида золотистых водорослей – *Stenokalyx inconstans* Schmid. и *Kephyrion spirale* (Lackey) Conr.

Ключевые слова: Азовское море, зимний период, фитопланктон, мезопланктон, меропланктон.

Глобальное изменение климата, происходящее в настоящее время, отражается на всех уровнях организации наземных и морских экосистем. Но именно морские экосистемы могут быть достоверными индикаторами климатических изменений [1; 2]. Особый интерес представляют аномально суровые зимы, которые подчеркивают неравномерность температурных трендов в Северном полушарии, особенно для морей европейской части России [3]. Климатические аномалии оказывают большое влияние на функционирование морских экосистем, в том числе пелагических планктонных сообществ, влияя на их структуру и продукционные характеристики трофических цепей [1; 4; 5].

Азовское море – относительно хорошо изученный водоем, но информация об особенностях структуры экосистемы Азовского моря в зимний период, особенно в условиях суровых зим, практически отсутствует. Имеющиеся данные о состоянии пелагиали Азовского моря охватывают наблюдения, проведенные в условиях мягких зим с относительно слабым ледовым покровом. До настоящего времени только в нескольких работах приведены данные о состоянии зоо- и фитопланктона Азовского моря [6–9], микроводорослей открытой части Таганрогского залива [10] и прибреж-

ной части Керченского пролива [11–14] в зимний период.

Климат Азовского моря характеризуется как континентальный умеренных широт с умеренно мягкой и короткой зимой. В осенне-зимнее время над акваторией Азовского моря преобладают северо-восточные и восточные ветры со средней скоростью 4–7 м/с. Усиление интенсивности деятельности сибирского антициклона вызывает сильные (штормовые) ветры (более 20 м/с), сопровождающиеся резким похолоданием. Ледовый режим Азовского моря определяется в основном ветровым режимом и температурой воздуха над акваторией моря и прилегающей территорией [15]. Особенностью Азовского моря, в отличие от других морей умеренного пояса, являются небольшие размеры акватории, мелководность и низкая соленость. Экосистему Азовского моря вполне можно назвать эстуарной [16].

Цель работы – показать особенности структуры и некоторые элементы функционирования пелагической экосистемы Азовского моря в условиях аномально холодной зимы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования были проведены в январе–феврале 2006 г. в Азовском море и Керченском проливе (рис. 1). Полевые наблюдения включали следующие показатели: координаты местонахождения, метеонаблюдения (температура воздуха, сила и направление ветра, атмосферное давление в приводном слое, облачность, осадки), гидрологические

¹ Южный научный центр РАН, 344006, Ростов-на-Дону, пр. Чехова; тел. 8(863) 266-56-77, e-mail: matishov@ssc-ras.ru

² Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, 183010, Мурманск, ул. Владимирская, 17.

³ Институт аридных зон Южного научного центра РАН, 344006, Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41; тел. 8(863) 250-98-07, e-mail: step@ssc-ras.ru

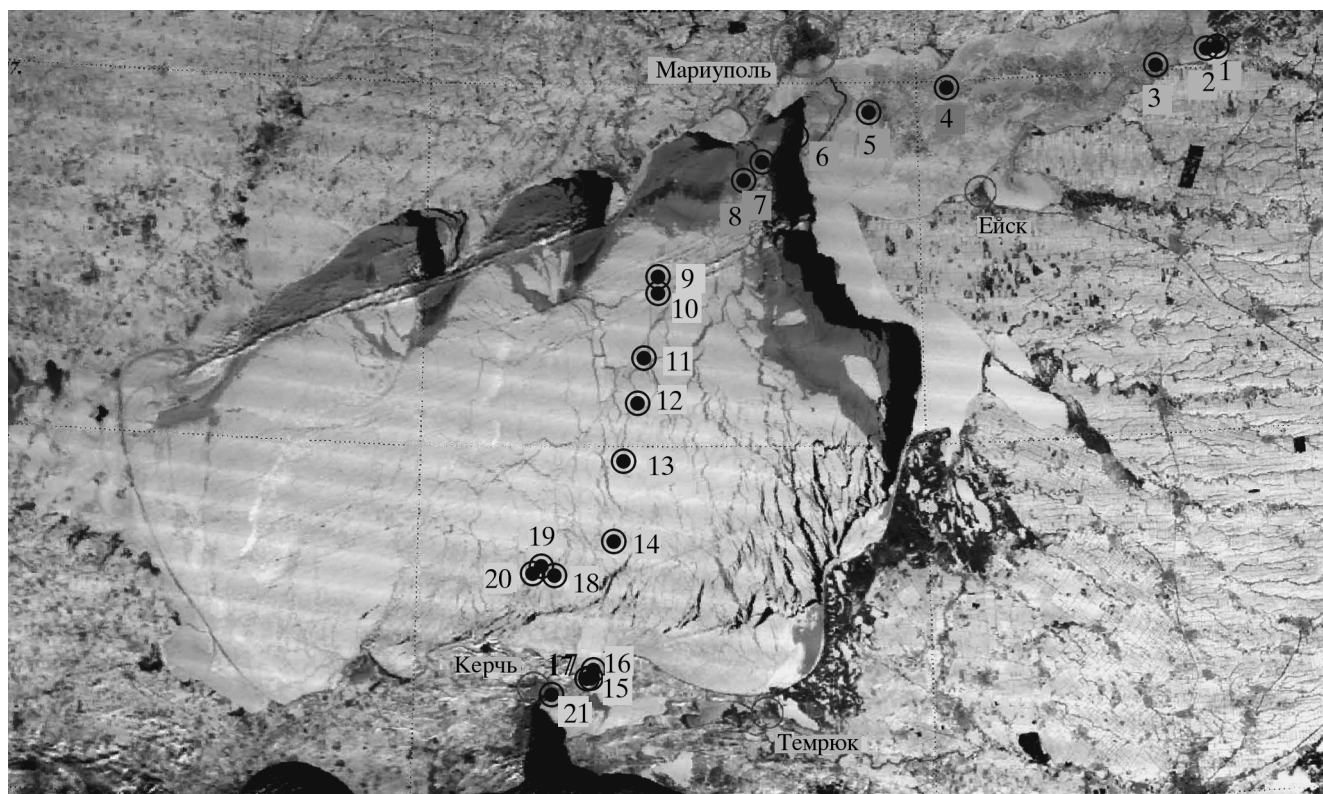


Рис. 1. Карта-схема гидробиологических станций во время рейса на ледоколе «Капитан Демидов» в Азовском море (январь 2006 г.). Номера станций приведены в табл. 1. Светлый фон – лед, темный фон – чистая вода. В качестве картографической основы использован снимок ИСЗ TERRA (MODIS) от 25.01.2006 (ГУ НИЦ Планета: <http://planet.iitp.ru>)

наблюдения (температура, определение солености и ионного состава (в лабораторных условиях) воды, глубины (по эхолоту ледокола), наблюдения за ледовой обстановкой (тип ледового покрова, степень ледовитости, торосистость, граница ледовой кромки)). Объем наблюдений и выполненных работ приведен в табл. 1.

Пробы воды для гидробиологических исследований отбирали с борта 10-литровым ведром по ходу судна. Осадка ледокола составляла 1,5 м, а толщина перемешиваемого слоя воды (при ходе судна) была равна примерно 2 м, в результате были получены пробы, отражающие характеристики поверхностного 2-метрового слоя воды.

Пробы фитопланктона и микрозоопланктона объемом 1–1,5 л фиксировали кислым раствором Люголя, в лабораторных условиях концентрировали осадочным методом [17] до конечного объема 80–100 мл. Исследования таксономического состава планктонных водорослей проводили при помощи светового микроскопа МИКМЕД-5. Таксономическую принадлежность некоторых мелких форм водорослей предварительно определяли в водных препаратах, диатомовых водорослей – в постоянных препаратах (смола Эляшева) [18] с использованием иммерсионного объектива

($\times 100$). Для количественного учета фитопланктона сконцентрированные пробы просматривали в камере Ножотта (0,1 мл) при увеличении $\times 400$. Крупные формы микроводорослей (более 50 мкм) учитывали во всей камере Ножотта, в двух-трех повторных наполнениях, прочие виды считали в нескольких полосах камеры (до 400 клеток). Для расчета численности цилиат и микроводорослей использовали стандартные формулы [19; 20], расчет биомассы проводили по фактическим размерам клеток, высчитывая объем клетки по методу геометрического подобия. Выделение трофических групп и размерных групп цилиат Азовского моря было проведено по принятой ранее схеме [21].

Количественные пробы сетного планктона отбирали малой сетью Апштейна (ячейка 75 мкм), профильтровывая 100 л воды. В прикерченском районе во время стоянки ледокола большой сетью Джеди ($S = 0,49 \text{ м}^2$, ячейка 175 мкм) было отобрано четыре пробы планктона (вертикальные ловы 10–0 м). На станциях № 18–21 отбор сетного планктона не проводили. Пробы фиксировали 3%-ным раствором нейтрализованного формалина. Обработку проб сетного планктона проводили по стандартной методике [22]. Обработка включала измерения длины

Таблица 1. Гидролого-метеорологические параметры состояния водной и воздушной среды Азовского моря во время проведения экспедиционных исследований на ледоколе “Капитан Демидов”

№ стан- ции	Дата	Время	T _{возд.} , °C	Ско- рость ветра, м/с	Види- мость, мор. миль	Давле- ние, мм рт. ст.	T _{воды} , °C	Соле- ность, ‰	Глуби- на, м	Ледовые условия			
										толщи- на льда, см	высота торо- сов, м	тип льда	спло- чен- ность льда, баллы
1	28.01.06	15:20	-4,6	11	5,0	756	-0,2	1,01	3,73	35	—	белый	10
2	29.01.06	10:30	-5,0	10	3,0	755	-0,2	1,03	3,69	40	—	белый	10
3	29.01.06	17:20	-1,0	10	2,0	752	-0,4	2,34	4,00	35	—	белый	10
4	30.01.06	09:15	-2,5	11	7,0	751	-0,4	6,05	5,82	40	0,5	белый	10
5	30.01.06	11:50	-1,0	8	2,0	752	-0,4	6,66	7,00	30	0,8	белый	10
6	30.01.06	16:45	-1,0	10	4,0	750	-0,7	9,34	8,08	20	0,5	белый	10
7	30.01.06	21:10	-1,0	10	3,0	748	-0,7	11,51	8,29	20	—	белый	10
8	31.01.06	12:00	-1,0	17	1,0	744	-0,7	11,22	8,79	25	0,4	белый	9
9	01.02.06	08:50	-5,0	штиль	0,2	749	-0,8	11,89	12,00	40	0,7	белый	10
10	01.02.06	20:30	-1,0	9	3,0	751	-0,8	11,83	12,48	50	1,2	белый	10
11	03.02.06	18:15	+2,0	8	2,0	747	-0,8	11,86	13,00	40	1	белый	10
12	03.02.06	23:40	-1,0	6	7,0	749	-0,8	11,12	12,28	30	0,8	белый	10
13	04.02.06	12:00	+2,0	6	8,0	751	-0,8	11,41	12,00	40	1,3	белый	9
14	04.02.06	18:30	+2,0	4	7,0	751	-0,8	11,70	11,00	30	—	белый	7
15	05.02.06	00:15	+1,0	6	6,0	751	-0,3	11,60	6,61	25	—	белый	5
16	05.02.06	09:30	0,0	штиль	8,0	752	-0,2	—	7,43	25	1,0	белый	9
17	05.02.06	12:30	+2,0	штиль	2,0	752	-0,5	—	6,89	30	—	белый	5
18	07.02.06	13:00	-10,0	17	8	754	-0,8	—	11,27	40	1	белый	10
19	08.02.06	10:55	-11,0	15	8	751	-0,8	11,35	11,00	40	1,5	белый	10
20	15.02.06	18:00	-5,0	10	10	755	-0,7	—	11,00	50	2,5	белый	10
21	19.02.06	11:00	+3,0	5	10	755	-0,7	14,06	11,00	10	—	склянка	5

зоопланктов с последующим вычислением индивидуальной биомассы по уравнениям зависимости массы от длины тела.

ЛЕДОВАЯ ОБСТАНОВКА, ВЕТРОВОЙ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМЫ

Аномалия среднемесячной температуры воздуха в январе 2006 г. (метеостанция г. Ростова-на-Дону) была равна -5,6 °C. По многолетним наблюдениям такие температурные аномалии для юга России имеют частоту повторяемости один раз в 10 лет [23]. Положительные температуры воздуха и воды держались до начала декабря 2005 г., но резкое похолодание во второй декаде января 2006 г. привело к интенсивному льдообразованию как на реках, так и на море. Снижение температуры воздуха (ниже -30 °C) способствовало быстрому нарастанию толщины льда и образованию торосов на акватории Азовского моря.

В период наблюдений за северной частью акватории Азовского моря преобладали ветры восточных направлений (северо-восток, юго-восток) со скоростью 8–10 м/с (наибольшая скорость – свыше 17 м/с). Температура воздуха превышала

нулевую отметку дважды (табл. 1). Первое повышение температуры было отмечено 3–5 февраля в центральном и южном районах Азовского моря (ст. 11–15), в дальнейшем положительные температуры воздуха с одновременным снижением скорости ветра наблюдали 19 февраля в Керченском проливе (ст. 21). Резкое снижение дневных температур воздуха (до -11 °C) и усиление ветровой активности отмечено в центре Азовского моря 7–10 и 18–20 февраля.

В восточном и западном районах Таганрогского залива при 10-балльной сплоченности ледовых полей и ветрах восточного направления отмечены значительные подвижки льда, толщина которого составляла 35–40 см, на входе в Керченский пролив высота торосов достигла 2,5 м.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

В период наблюдений температура воды в Азовском море изменялась от -0,2 °C до -0,8 °C. Для Таганрогского залива отмечено плавное уменьшение температуры воды от кутовой части до горла залива, что связано с поступлением более теплых, в сравнении с морскими, речных вод. Уменьшение

температуры воды на ст. 15–17 связано с тем, что станции располагались вблизи ледовой кромки, в период исследований наблюдался штиль, что при положительной температуре воздуха привело к активному таянию льда, и талые теплые воды стали поступать в поверхностный слой водной толщи.

Диапазон изменений солёности вод составил от 1,01 г/л (авандельта р. Дон) до 14,06 г/л (в Керченском проливе). Минимальная солёность воды в кутовой части Таганрогского залива совпадала с показателями минерализации донской воды. В районе Чумбур-косы солёность увеличивалась до 2,3 г/л. В этом же районе до ледостава (22–23 декабря 2005 г.) по результатам береговой съёмки солёность достигала 3,2 г/л, что, вероятно, было связано с поступлением более солёных вод из центральной части залива при ветровом воздействии [9].

От дельты Дона к выходу из Таганрогского залива солёность вод плавно возрастала вплоть до Белосарайской косы, достигая 11,5 г/л. Далее, от северо-восточной части моря до предпроливной зоны, солёность морской воды сохранялась практически одинаковой (диапазон изменения 11,12–11,89 г/л).

Зимой 2006 г. в Таганрогском заливе были идентифицированы пресные и морские воды, а также обнаружены две устойчивые фронтальные зоны в горле Таганрогского залива и Керченском проливе [9]. В отличие от 2006 г., в период теплых зим без ледового покрова (например, 2003/2004 и 2004/2005 гг.) распределение солёности вод, как в заливе, так и в море, характеризуется значительной пространственной и временной изменчивостью, обусловленной активным ветровым перемешиванием и особенностями гидрологического режима водоема.

В период холодной зимы образуются устойчивые горизонтальные термохалинные градиенты в Азовском море. Это проявляется в равномерном нарастании солёности и снижении температуры воды от Таганрогского залива до Керченского пролива, а также в наличии фронтальных зон, к которым, как будет показано ниже, приурочены скопления планктона и зоны его “цветения”.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фитопланктон. В пробах фитопланктона Азовского моря выявлено 84 вида водорослей из 7 отделов. Наибольшее разнообразие (21 вид) характерно для отдела Bacillariophyta (диатомовые), к отделам Chrysophyta (золотистые) и Chlorophyta (зеленые) принадлежат по 18 видов, к Dinophyta (динофитовые) – 11, Cryptophyta (криптофитовые) – 6, по 5 видов относятся к отделам Euglenophyta (эвгленовые) и Cyanophyta (синезеленые). Основу

планктонного альгоценоза формировали 11 видов из разных отделов: *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve, *Thalassiosira parva* Pr.-Lavr., *T. aculeata* Pr.-Lavr., *Cyclotella atomus* Hust. (Bacillariophyta), *Plagioselmis punctata* Butch., *P. prolunga* Butch., *Hemiselmis simplex* Butch. (Cryptophyta), *Katodinium rotundatum* (Lochm.) Loeblich, *K. fungiforme* (Aniss.) Loeblich (Dinophyta), *Binuclearia lauterbornii* (Schmidle) Pr.-Lavr. (Chlorophyta), *Eutreptia lanowii* Steur. (Euglenophyta).

Распределение количественных показателей водорослей на акватории моря было неравномерным (табл. 2). Наиболее высокие значения численности и биомассы планктонных водорослей отмечены в районе горла Таганрогского залива и в центральной части моря. Как и по материалам прошлых экспедиций [10], четко прослеживается тенденция увеличения количественных и качественных показателей по направлению от кутовой части к горлу Таганрогского залива.

Доминирующей группой в фитопланктоне являлись диатомовые водоросли. Но в Таганрогском заливе, помимо диатомовых, заметную роль в формировании численности и биомассы играли зеленые, динофитовые и эвгленовые водоросли (табл. 2). В море отмечено иное соотношение доминирующих групп водорослей: наряду с диатомовыми в массе развивались динофитовые водоросли (табл. 2), при этом роль водорослей других отделов была менее существенной.

Значения общей биомассы и численности фитопланктона менялись в широком диапазоне – от 0,05 до 2,4 г/м³ и от 0,2 до 3,1 млн кл/м³, соответственно (табл. 2). Уменьшения численности и видового разнообразия фитопланктона в зимний период, которое ранее отмечали некоторые исследователи [10], не наблюдали. Напротив, количественные показатели развития фитопланктона (численность и биомасса) достигали высоких значений, хотя их распределение по акватории было неравномерным. Достаточно четко выделялись два района: горло Таганрогского залива (ст. 5–8) и центральная часть моря (ст. 11–13), где отмечены максимальные значения биомассы и численности планктонных микроводорослей. Наиболее массовыми видами являлись *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira parva*, *T. aculeata* (Bacillariophyta), *Plagioselmis punctata*, *P. prolunga*, *Hemiselmis simplex* (Cryptophyta), *Katodinium rotundatum* (Dinophyta).

Микрзоопланктон. В зимний период было идентифицировано 24 вида инфузорий, из них 7 видов тинтинид. Доминировали *Tintinnopsis karajacensis* Brandt, 1908, *T. beroidea* Entz, 1884 и *Strobulidium longipes* Meunier, 1910. Кроме того, на акватории Таганрогского залива и открытой

Таблица 2. Численность (млн кл/м³) и биомасса (мг/м³) фитопланктона Азовского моря в январе – феврале 2006 г.

Отдел	Таганрогский залив			Азовское море			
	В	З	Ср.	С	Ц	Ю	Ср.
Cyanophyta	–	$\frac{383,3}{25,1}$	$\frac{383,3}{25,1}$	$\frac{122,3}{6,3}$	$\frac{68,6}{13,6}$	$\frac{7,5}{1,2}$	$\frac{66,1}{7,0}$
Chrysophyta	$\frac{72,8}{8,1}$	$\frac{58,2}{10,5}$	$\frac{65,5}{9,3}$	$\frac{40,2}{11,2}$	$\frac{11,6}{6,7}$	$\frac{21,3}{4,7}$	$\frac{24,4}{7,5}$
Bacillariophyta	$\frac{32,3}{37,1}$	$\frac{395,8}{581,2}$	$\frac{214,1}{309,2}$	$\frac{1326,8}{623,6}$	$\frac{1040,2}{954,1}$	$\frac{268,7}{145,8}$	$\frac{878,6}{574,5}$
Dinophyta	–	$\frac{138,7}{84,1}$	$\frac{138,7}{84,1}$	$\frac{27,8}{38,7}$	$\frac{42,3}{385,1}$	$\frac{92,9}{422,7}$	$\frac{54,3}{282,2}$
Euglenophyta	$\frac{3,0}{21,8}$	$\frac{23,6}{130,4}$	$\frac{13,3}{76,1}$	$\frac{68,6}{214,8}$	$\frac{10,9}{47,9}$	$\frac{11,5}{14,6}$	$\frac{30,3}{92,4}$
Chlorophyta	$\frac{20,4}{3,9}$	$\frac{1020,0}{169,5}$	$\frac{520,2}{86,7}$	$\frac{339,2}{41,4}$	$\frac{119,7}{12,3}$	$\frac{65,1}{8,0}$	$\frac{174,7}{20,6}$
Cryptophyta	$\frac{234,5}{58,4}$	$\frac{178,9}{47,2}$	$\frac{206,7}{52,8}$	$\frac{190,9}{64,7}$	$\frac{201,4}{55,7}$	$\frac{138,9}{24,3}$	$\frac{177,1}{48,2}$
Прочие	$\frac{54,7}{1,4}$	$\frac{159,4}{10,5}$	$\frac{107,1}{6,0}$	–	–	–	–
Всего	$\frac{417,7}{130,7}$	$\frac{2357,9}{1058,5}$	$\frac{1388,0}{649,3}$	$\frac{2115,8}{1000,7}$	$\frac{1494,7}{1475,4}$	$\frac{605,9}{621,3}$	$\frac{1405,5}{1032,4}$

Примечание. В – восточная часть, З – западная часть, С – северная часть, Ц – центральная часть, Ю – южная часть, Ср. – среднее.

части моря массово встречался *Euplotes balteatus* Dujardin, 1841.

Число видов инфузорий в Азовском море изменялось от 3 до 15 на станции, численность – от 1,3 до 9,4 млн экз/м³ (среднее – 4,3 млн экз/м³), биомасса – от 30 до 400 мг/м³ (среднее – 150 мг/м³).

В Таганрогском заливе отмечены менее высокие показатели численности и биомассы инфузорий (в среднем 2,7 млн экз/м³ и 85 мг/м³, соответственно) по сравнению с собственно Азовским морем. Всего на акватории Таганрогского залива встречено 13 видов инфузорий. Доминировали *Strobilidium longipes* и *St. epidemum* Lynn et al., 1988, из тинтинид – *Tintinnopsis beroidea* и *T. minuta*.

Под сплошным покровом льда сообщество микрозоопланктона состояло в основном из мелко-размерных инфузорий. При появлении свободных ото льда участков акватории (крупные полыньи, горло Таганрогского залива, Керченский пролив) повышалась доля крупноразмерных видов инфузорий.

Максимальная численность инфузорий (более 4 млн экз/м³) отмечена в кутовой части Таганрогского залива, она обусловлена развитием мелко-размерных видов. Собственно в Азовском море, в отличие от Таганрогского залива, обнаружены наиболее высокие количественные и качествен-

ные показатели развития микрозоопланктона. Биомасса цилиато-планктона достигала высоких значений в центральной (открытой) части моря, где наряду с мелко-размерной группой инфузорий и тинтинид активно развивались более крупные представители *Strombidium conicum* (Lohm., 1908) и *Amphileptus tracheloides* Zach., 1893), при этом доминировали *Tintinnopsis karajacensis*, *T. beroidea* и *Strobilidium longipes*. Открытая часть Азовского моря отличалась наибольшим видовым разнообразием – до 15 видов на одной станции. Всего здесь было встречено 18 видов инфузорий, включая *T. minuta* Wailes, 1925, *T. cylindrical* Daday, 1886, *T. parvula* Jorg., 1912, *T. baltica* Brandt, 1896 и *Tintinnopsis sp.*

Видовой состав, численность и биомасса инфузорий в водах Керченского пролива (8 видов, 2,9 млн экз/м³, 70 мг/м³) близки к характеристикам аналогичных показателей для Таганрогского залива.

Трофическая структура микрозоопланктонного сообщества разных районов Азовского моря была представлена микрофагами, альгофагами и хищниками. В Таганрогском заливе доминировали мелко-размерные микрофаги. В открытой части моря и Керченском проливе возрастала доля средне- и крупноразмерных альгофагов.

Сетной планктон

Меропланктон. В меропланктоне в условиях сплошного ледового покрова отмечали немногочисленные личинки усоногих раков, велигеры двусторчатых моллюсков и мететрохофоры полихеты *Phyllodoce* sp. Максимальная численность и биомасса меропланктона на отдельных станциях достигала 60 экз/м³ и 0,5 мг/м³, соответственно.

Голопланктон. Голопланктон Азовского моря характеризовался низким видовым разнообразием и повсеместным преобладанием морских коловраток *Synchaeta* sp. с численностью 5,3–27 тыс. экз/м³ и биомассой 1,25–46,77 мг/м³ (среднее – 21,32 мг/м³) (табл. 3). В центральной части Таганрогского залива в пробах, отобранных в светлое время суток,

в качестве субдоминантной группы зоопланктона (при доминировании коловраток) были отмечены науплиальные стадии копепод (до 3 тыс. экз/м³). Копепоидитные стадии *Eurytemora affinis* (Poppe, 1880), *Calanipeda aquae dulcis* (Kritchagin, 1873); планктонные гарпактикоиды *Ectinosoma abraui* (Kritchagin, 1877) были немногочисленны (200–500 экз/м³). Придонные гарпактикоиды (4 вида) в небольших количествах (20–400 экз/м³) встречались повсеместно.

В Азовском море значительно меньшую долю по численности в сравнении с *Synchaeta* sp. составляли науплии копепод, каляниды, гарпактикоиды. Наибольшее видовое разнообразие и численность голопланктона были отмечены в Керченском проливе (ст. 19–20), где преобладали крупные черномор-

Таблица 3. Численность (экз/м³) и биомасса (мг/м³) сетного зоопланктона Азовского моря в январе – феврале 2006 г.

Зоопланктон	№ станции								
	3	4	5	6	8	9	14	16	17
<i>Synchaeta</i> sp.		$\frac{9461}{14,77}$	$\frac{17249}{26,94}$	$\frac{11666}{18,22}$	$\frac{20922}{32,68}$	$\frac{5333}{8,33}$	$\frac{6600}{10,3}$	$\frac{23750}{35,62}$	$\frac{27357}{42,73}$
<i>Nauplius Calanoida</i>		$\frac{3076}{3,32}$	$\frac{500}{0,4}$	$\frac{50}{0,04}$	$\frac{15}{0,01}$			$\frac{7}{0,005}$	
<i>Eurytemora affinis</i>	$\frac{139}{1,25}$	$\frac{553}{1,36}$	$\frac{500}{1,23}$	$\frac{100}{0,24}$	$\frac{92}{0,22}$	$\frac{166}{1,69}$			
<i>Calanipeda aquae dulcis</i>		$\frac{7}{0,23}$							
<i>Acartia clausi</i>								$\frac{23}{0,36}$	
<i>Pseudocalanus elongatus</i>								$\frac{24}{0,84}$	
<i>Calanus euxinus</i>								$\frac{3}{2,31}$	
<i>Centropages ponticus</i>								$\frac{4}{0,13}$	
<i>Oithona similis</i>								$\frac{2}{0,008}$	
<i>Ectinosoma abraui</i>		$\frac{200}{0,49}$	$\frac{166}{0,4}$	$\frac{100}{0,24}$	$\frac{92}{0,22}$	$\frac{83}{0,2}$			
<i>Nitocra lacustris</i>							$\frac{20}{0,04}$		
<i>Limnocletodes behningi</i>			$\frac{249}{0,61}$		$\frac{15}{0,03}$				
<i>Shizopera</i> sp.				$\frac{16}{0,03}$					
<i>Balanus improvisus</i> (larvae)					$\frac{15}{0,12}$		$\frac{60}{0,5}$	$\frac{2}{0,01}$	
Общая биомасса	1,25	20,13	29,58	18,8	33,28	10,2	10,8	39,28	42,73

Примечание. Над чертой указана численность, под чертой – биомасса.

ские копеподы *Calanus euxinus* (Hutsemann, 1991), *Pseudocalanus elongatus* (Boeck, 1865), *Acartia clausi* (копеподиты и половозрелые особи), представители желтелого планктона (половозрелая *Aurelia aurita* (L., 1758)). В пробах, отобранных в этом районе с поверхности, присутствовала только коловратка *Synchaeta* sp., что, возможно, свидетельствовало о нахождении копепод на больших глубинах.

Преобладали крупные представители родов *Synchaeta* и *Asplanchna*, относящиеся к мягким, беспанцирным формам. Численность коловраток была невысокой (от 70 до 200 тыс. экз/м³, в среднем – 100 тыс. экз/м³) по сравнению с первыми весенними месяцами (в среднем 200 тыс. экз/м³) и гораздо ниже, чем в летний период, когда их численность достигает до 2 млн экз/м³. Биомасса крупноразмерного коловраточного планктона достигала 80 мг/м³ (в среднем 40 мг/м³), что существенно ниже показателей биомассы летнего периода (в среднем 470 мг/м³) [24], значения которой формируются за счет мелкоразмерных видов.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА АЗОВСКОГО МОРЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Структура и функционирование пелагических сообществ в подледный период относительно хорошо изучены для арктических морей [5; 25–32 и др.], в меньшей степени для морей умеренного пояса, имеющих сезонный ледовый покров [33–39 и др.].

Показано, что общей закономерностью для эстуарных зон арктических и внутриконтинентальных морей России является преобладание в альгоценозе диатомовых, зеленых и динофитовых водорослей, с двумя пиками биомассы – весенним и летне-осенним [40]. В то же время главной особенностью гидробиологических процессов, протекающих в умеренных морях в зимний период, является их относительная скоротечность и существенное влияние условий среды, предшествующих зимнему периоду.

Рассмотрим некоторые особенности гидробиологического режима, которые подчеркивают его своеобразие в Азовском море в зимний период.

Комплекс планктонных микроводорослей, состоящий из *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira aculeata*, *Plagioselmis punctata* и *Katodinium rotundatum*, регулярно встречается в фитопланктоне Азовского моря в холодные периоды года [6; 11; 13–14]. Следует особо отметить относительно высокое видовое разнообразие представителей отделов Chrysophyta и Dinophyta в зимнем планктоне Азовского моря. Ранее распространение золотистых водорослей в зимний период было исследовано одним из авто-

ров только в прибрежной части Азовского моря [12–14]. Как показало настоящее исследование, золотистые водоросли активно развиваются в планктонном сообществе подо льдом. Наибольшее видовое разнообразие характерно для родов *Chromulina* (*C. microplancton* Butsch., *C. minima* Dofl., *C. parvula* Conr., *C. rosanoffii* (Woronin) Butsch., *C. truncata* Conr.) и *Ochromonas* (*O. crenata* Klebs, *O. minima* Thronsdon, *O. oblonga* Carter, *O. verrucosa* Skuja). Впервые в Азовском море обнаружены два вида золотистых водорослей *Stenokalix inconstans* Schmid. и *Kephyrion spirale* (Lackey) Conr.

Присутствие динофитовых водорослей в фитопланктоне осолоненной части Азовского моря обычно в летний период. Массового развития динофитовых (за исключением представителей рода *Katodinium*) в зимнем планктоне Азовского моря ранее не отмечалось. Предполагалось, что зимой развитие динофитовых водорослей в Азовском море лимитировано низкой температурой воды [13; 14]. Наше исследование показало, что динофитовые водоросли (*Gymnodinium japonica* var. *thronsdoni* Konovalova, *Gymnodinium blax* Harris, *Glenodinium quadridens* (Stein) Schill., *Dinophysis acuminata* Clap. et Lachm., *Diplopsalis lenticula* Bergh., *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Balech) массово (численность до 138,7 млн кл/м³, биомасса 282,2 мг/м³) встречаются в Азовском море в зимний период.

Сукцессия фитопланктона в Азовском море подробно освещена в работе одного из авторов [41]. Ниже остановимся только на характерных моментах зимней сукцессии фитопланктона. Состав доминирующих видов водорослей показал, что на большей части акватории Азовского моря в период исследований завершалась первая стадия зимней сукцессии фитопланктона (с доминированием мелких форм диатомовых водорослей), но в некоторых районах уже началась третья стадия сукцессии, для которой характерно массовое развитие динофитовых, криптофитовых, эвгленовых и “мелких” жгутиковых. В исследованных районах вторая стадия сукцессии нами не обнаружена, что, по нашему мнению, не означает ее отсутствие. Полученные результаты подтверждают предположение одного из авторов о том, что смена фаз сукцессии фитопланктона не происходит одновременно ни на акватории моря, ни в Таганрогском заливе [13]. В то же время при сплошном ледовом покрове фитопланктон в зимний период проходит те же стадии сезонной сукцессии, что и в теплое время года.

“Цветение” фитопланктона на некоторых участках акватории Азовского моря (станции 10–13, Керченский пролив) провоцирует развитие крупных цилиат, в первую очередь альгофагов. В Таганрогском заливе доминирует группа мелкоразмерных

микрофагов, что, вероятно, связано с интенсивным развитием бактериопланктона.

Полученные результаты показывают, что зимний период в Азовском море не является временем полной депрессии микрозоопланктона. В это время наблюдается активное развитие некоторых видов инфузорий, показатели видового разнообразия цилиопланктона находятся на том же уровне, что и в летний период [21].

Присутствие в зимнем планктонном сообществе Азовского моря меропланктонных личинок ранее не отмечалось [7], хотя меропланктон – обычный компонент прибрежных сообществ в аналогичный период в Чёрном море [42]. Учитывая методические трудности в отборе проб, все же можно предположить, что нахождение в зимнем планктоне личинок объясняется либо размножением бентосных организмов подо льдом, либо задержкой развития личинок на весь подледный период.

Нами не обнаружено в Азовском море выраженного зимнего комплекса голопланктона. По-видимому, доминантные эврибионтные виды голопланктона в Азовском море вынуждены переживать периоды с пониженной температурой либо на стадии покоящихся яиц (термофильная *Acartia tonsa* (Dana, 1848)), либо на стадии старших копепоидов (эвритермные *Eurytemora affinis* (Porre, 1880), *Calanipeda aquae dulcis* (Kritchagin, 1873)), что приводит к замещению вакантной ниши бактерио- и фитофагов более просто организованными и более эврибионтными коловратками *Synchaeta* sp. и гарпактикоидами *Ectinosoma* и др. Количество науплиусов и копепоидов копепод заметно снижено в собственно море. Отметим, что аналогичные закономерности (относительно низкие значения общей биомассы и численности сетного планктона с доминированием крупных копепод) показаны для зимнего планктонного сообщества безледной части Чёрного моря [43; 44].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В период суровых зим в Азовском море существуют благоприятные условия для развития некоторых компонентов планктонного сообщества. В толще воды активно функционирует пелагическое сообщество, своеобразие которого заключается в высоких показателях видового разнообразия, численности и биомассы фито- и микрозоопланктона при слабом развитии сетного планктона. Впервые показано присутствие меропланктона и активное развитие динофитовых и золотистых водорослей подо льдом Азовского моря. К флоре Азовского моря добавлены два вида золотистых водорослей – *Stenokalyx inconstans* Schmid. и *Kephyrion spirale* (Lackey) Conr.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы приносят благодарность всем участникам экспедиций, руководству ФГУ Азово-Донского государственного бассейнового управления водных путей и судоходства, руководителю Азовского бассейнового филиала ФГУП “РОСМОРПОРТ” В.Б. Филиппову, капитану и команде дизельного ледокола “Капитан Демидов” за помощь в проведении исследований. Авторы признательны также д.б.н. П.Р. Макаревичу за обсуждение результатов исследования.

Исследования проведены в рамках ФЦП “Мировой океан” (ГК № 16.420.11.0003 “Оценка влияния природных и антропогенных факторов на динамику морских экосистем как основа для разработки методологии экологической безопасности приморских регионов и технологий сохранения биологических ресурсов морей России”), проекта базового бюджетного финансирования Института аридных зон ЮНЦ РАН “Биоразнообразие, структура и продуктивность морских и эстуарных экосистем южных морей России”, Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле № 13 “Географические основы устойчивого развития Российской Федерации и ее регионов”, проект “Влияние колебаний уровня Азовского моря в голоцене на процесс седиментогенеза и формирование флоры диатомовых водорослей” и при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 07-04-01409, 08-05-90428, 09-04-10146, 11-05-90439).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В., Сорокина В.В., Левитус С., Смоляр И.В. Внутривековые флуктуации климата Азовского моря (по термохалинным данным за 120 лет) // Доклады АН. 2008. Т. 422. № 1. С. 106–109.
2. Матишов Г.Г. Влияние изменчивости климатического и ледового режимов на судоходство // Вестник РАН. 2008. Т. 78. № 10. С. 896–902.
3. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргона Ю.М., Дашкевич Л.В. Замерзание Азовского моря и климат в начале XXI века // Вестник Южного научного центра РАН. 2010. Т. 6. № 1. С. 33–40.
4. Раймонд Дж. Планктон и продуктивность океана. Т. 1: Фитопланктон / Пер. с англ. М.: Легкая и пищ. пром-ть, 1983. 568 с.
5. Матишов Г.Г., Макаревич П.Р., Горяев Ю.И. и др. Труднодоступная Арктика. 10 лет биоокеанологических исследований на атомных ледоколах. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2005. 146 с.
6. Пицък Г.К. О фитопланктоне Азовского моря // Тр. АзЧерНИРО. Керчь, 1951. Вып. 15. С. 313–330.
7. Пицък Г.К., Новожилова А.Н. О динамике зоопланктона Азовского моря // Тр. АзЧерНИРО. 1951. Вып. 15. С. 281–297.

8. Студеникина Е.И., Алдакимова А.Я., Губина Г.С. Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий. Ростов н/Д: Эверест, 1999. 175 с.
9. Матишов Г.Г., Гаргона Ю.М., Бердников С.В., Джегнюк С.Л. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море. М.: Наука, 2006. 304 с.
10. Макаревич П.Р., Ларионов В.В. Сезонная динамика развития планктонных микроводорослей // Комплексный мониторинг среды и биоты Азовского бассейна. Т. VI. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. С. 112–119.
11. Ковалёва Г.В. Пиководоросли как компонент криоперифитона Азовского моря // Проблемы экосистем заливов, фьордов, эстуариев морей Арктики и юга России: тез. докл. междунар. семинара им. Г. Седова и Ф. Нансена (г. Ростов-на-Дону, 25–30 мая 1998 г.). Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 1998. С. 30–32.
12. Ковалёва Г.В. Влияние биологических инвазий на таксономическое разнообразие микроводорослей Азовского моря // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна (2001–2002 гг.). Сб. науч. труд. АЗНИИРХа. Ростов н/Д, 2002. С. 158–164.
13. Ковалёва Г.В., Оноприенко М.П. Особенности сезонных сукцессий фитопланктона Азовского моря // Проблемы сохранения экосистем и рационального использования биоресурсов Азово-Черноморского бассейна: мат-лы междунар. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 8–12 октября 2001 г.). Ростов н/Д, 2001. С. 97–99.
14. Ковалёва Г.В., Селиванов И.П. Фитопланктон прибрежного ценоза Азовского моря в холодные сезоны года // Закономерности океанографических и биологических процессов в Азовском море. Апатиты: КНЦ РАН, 2000. С. 197–212.
15. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 5. Азовское море / Под ред. Н.П. Гоптарева, А.И. Симонина, Б.М. Затучной, Д.Е. Гершанович. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 280 с.
16. Современное развитие эстуарных экосистем на примере Азовского моря. Апатиты: КНЦ РАН, 1999. 366 с.
17. Фитопланктон, зоопланктон, взвешенное органическое вещество. Методические рекомендации по анализу количественных и функциональных характеристик морских биоценозов Северных морей / Сост. П.Р. Макаревич, Н.В. Дружков. Ч. I. Апатиты: КНЦ АН СССР, 1989. 30 с.
18. Эльяшев А.А. О простом способе приготовления высокопреломляющей среды для диатомового анализа // Тр. НИИ геологии Арктики. 1957. № 4. С. 74–76.
19. Водоросли. Справочник / Под ред. проф. д.б.н. Вассера С.П. и др. Киев: Наукова думка, 1989. 608 с.
20. Бурковский И.В. Экология свободноживущих инфузорий. М.: МГУ, 1984. 208 с.
21. Кренёва К.В. Экология массовых видов планктонных инфузорий Азовского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Мурманск, 2006. 25 с.
22. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 318 с.
23. Васильев Е.В., Гречиха А.П., Найшуллер Н.Г. Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации в январе 2006 г. // Метеорология и гидрология. 2006. № 4. С. 117–126.
24. Поважний В.В. Особенности развития сообщества мезозoopланктона Таганрогского залива в современный период // Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна и Керченского пролива. Т. VIII. Апатиты: КНЦ РАН, 2006. С. 114–25.
25. Horner R.A., Schrader G.O. Relative contributions of ice algae, phytoplankton and benthic microalgae to primary production in nearshore regions of the Beaufort Sea // Arctic. 1982. Vol. 35. P. 484–503.
26. Michel C., Legendre L., Therriault J.-C., Demers S., Vandeveldet T. Polar Biol. 1993. Vol. 13. № 7. P. 441–449.
27. Биология и океанография Карского и Баренцева морей (по трассе Севморпути) / Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты: КНЦ РАН, 1998. 467 с.
28. Виноградов Г.М., Дружков Н.В., Марасаева Е.Ф., Ларионов В.В. Мезозoopланктон подо льдом Печерского и Карского морей в зимне-весенний период 2000 г. // Океанология. 2001. Т. 41. № 5. С. 728–735.
29. Ratkova T.N., Wassmann P. Sea ice algae in the White and Barents seas: composition and origin // Polar Res. 2005. Vol. 24. Is. 1–2. P. 95–110.
30. Макаревич П.Р., Ларионов В.В., Дружкова Е.И. Динамика фитопланктона в эстуарных областях северных морей в период полярной ночи // Альгология. 2004. Т. 14. № 2. С. 137–142.
31. Мельников И.А., Дикарев С.Н., Егоров В.Г., Колосова Е.Г., Житина Л.С. Структура прибрежной экосистемы льда в зоне взаимодействия река – море // Океанология. 2005. Т. 45. № 4. С. 542–550.
32. Мельников И.А. Экосистемы морского льда и верхнего слоя океана в условиях глобальных изменений в Арктике // Биология моря. 2005. Т. 31. № 6. С. 3–10.
33. Пронн М.В., Пронн Л.Н. Гидрохимические основы процесса первичного продуцирования в прибрежном районе Японского моря // Биология моря. 1981. № 1. С. 29–37.
34. Житина Л.С., Михайловский Г.Е. Ледовая и планктонная флора Белого моря как объект мониторинга // Биологический мониторинг прибрежных вод Белого моря. М.: ИО АН СССР, 1990. С. 41–49.
35. Haecky P., Jonsson S., Andersson A. Influence of sea ice in the composition of the spring phytoplankton bloom in the northern Baltic Sea // Polar Biol. 1998. Vol. 20. P. 1–8.
36. Kaartokallio H., Kuosa H., Thomas D.N., Granskog M.A., Kivi K. Biomass, composition and activity of organism assemblages along a salinity gradient in sea ice subjected to river discharge in the Baltic Sea // Polar Biol. 2006. Vol. 30. P. 183–197.
37. Kuparinen J., Kuosa H., Andersson A. et al. Role of Sea-ice Biota in Nutrient and Organic Material Cycles in the Northern Baltic Sea // AMBIO. 2007. Vol. 36. № 2. P. 149–154.
38. Nishi Y., Tabeta S. Analysis of the contribution of ice algae to the ice-covered ecosystem in Lake Saroma by

- means of a coupled ice–ocean ecosystem model // J. Mar. Syst. 2005. Vol. 55. Is. 3–4. P. 249–270.
39. *Spilling K.* Dense sub-ice bloom of dinoflagellates in the Baltic Sea, potentially limited by high pH // J. Plankton Res. 2007. Vol. 29. № 10. P. 895–901.
40. *Макаревич П.Р.* Планктонные альгоценозы эстуарных экосистем: Баренцево, Карское и Азовское моря. М.: Наука, 2007. 223 с.
41. *Ковалева Г.В.* Фитопланктон Азовского моря и прилегающих водоемов // Азовское море в конце XX – начале XXI веков: геоморфология, осадконакопление, пелагические сообщества. Т. X. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 134–223.
42. *Мурина В.В., Лисицкая Е.В.* Изучение меропланктона Черного моря на рубеже тысячелетий // Экология моря. 2004. Вып. 65. С. 57–60.
43. *Виноградов М.Е., Шушкина Э.А., Мусаева Э.И., Николаева Г.Г.* Вертикальное распределение черноморского мезопланктона зимой 1991 г. // Зимнее состояние экосистемы открытой части Черного моря / Под ред. М.Е. Виноградова. М.: ИО РАН, 1992. С. 103–119.
44. *Виноградов М.Е., Лебедева Л.П., Лукашева Т.А., Анохина Л.Л.* Состояние прибрежного мезопланктона северо-восточной части Черного моря в 2005 г. // Океанология. 2006. Т. 46. № 6. С. 868–877.

SPECIFIC STRUCTURAL FEATURES OF THE SEA OF AZOV PELAGIC COMMUNITY DURING THE ABNORMALLY COLD WINTER OF 2005–2006

Academician of RAS G.G. Matishov, O.V. Stepan'yan, G.V. Kovaleva,
V.V. Povazhnyi, K.V. Kreneva

The structure of the Sea of Azov pelagic community under the solid ice cover conditions of winter of 2005–2006 has been studied. Specific features of plankton communities, unmentioned previously, have been registered: high indices of species diversity (84 species), population number (from 400 up to 2300 mln. cells/m³) and phytoplankton biomass (from 130 to 1400 mg/m³), along with poor development of meso- and meroplankton.

Key words: Sea of Azov, winter period, phytoplankton, mesoplankton, meroplankton.