

# Изучение состояния зоопланктона и зообентоса в акватории Азовского моря в позднеосенний период 2021 года

DOI

Аспирант **А.Г. Тригуб** – младший научный сотрудник, эксперт центра аквакультуры;

Кандидат биологических наук, доцент **М.В. Медянкина** доцент кафедры доцент кафедры;

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **И.А. Глебова** – заведующая кафедрой;

Кандидат биологических наук **Т.П. Хайрулина** – доцент кафедр –

факультет биотехнологий и рыбного хозяйства, кафедра экологии и природопользования Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (МГУТУ им. К.Г. Разумовского)

@ 79263841762@yandex.ru

## Ключевые слова:

зоопланктон, зообентос, Азовское море, водные биологические ресурсы

## Keywords:

zooplankton, zoobenthos, Sea of Azov, aquatic biological resources

## STUDY OF THE STATE OF ZOOPLANKTON AND ZOOBENTHOS IN THE WATER AREA OF THE SEA OF AZOV IN THE LATE AUTUMN PERIOD OF 2021

Postgraduate student **A.G. Trigub** – Junior Researcher, expert of the Aquaculture Center; Candidate of Biological Sciences, Associate Professor **M.V. Medyankina** – Associate Professor of the Department Associate Professor of the Department; Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor **I.A. Glebova** – Head of the Department; Candidate of Biological Sciences **T.P. Khairulina** – Associate Professor of the Department – 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)*

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 zooplankton and zoobenthos are given, the distribution of hydrobionts by dominant species is shown, and saprobity indicator species are noted.

## ВВЕДЕНИЕ

Азовское море – внутриконтинентальный водоем, находится в умеренных широтах на южной окраине Русской равнины. Оно имеет малые размеры и малые глубины (площадь около 39 тыс. км<sup>2</sup>; средняя глубина – 8,5 м; максимальная – 13 м). При этом, для Азовского моря характерен большой приток суммарной солнечной радиации (от 4,9 до 5,3 тыс. мДж/м<sup>2</sup>) и положительный за год радиационный баланс, которые обуславливают относительно высокую температуру воды (11,5°C) [5]. А из-за актив-

ной циркуляции атмосферы характерно интенсивное ветровое перемешивание.

Азовское море имеет большой, относительно объема моря, приток речных вод, которые обогащены биогенными веществами речных вод. Это обуславливает положительный пресный баланс и пониженную, относительно океанической, соленость (11,6‰) и высокие концентрации биогенов (азот 1000 мг/дм<sup>3</sup>, фосфор 65 мг/дм<sup>3</sup>, кремний 570 мг/дм<sup>3</sup>) [5]. Также высокая биопродуктивность моря была связана с наличием

огромных площадей русловых (большая часть которых в результате гидротехнического строительства потеряна), пойменных и лиманных нерестилищ проходных и полупроходных рыб.

До антропогенных изменений режима Азовского моря, в условиях оптимального диапазона солености, в зоопланктоне доминировали аборигенные виды, определяющие высокую продуктивность сообщества в целом. Большая часть биомассы сообщества формировалась за счет веслоногих ракообразных (*Copepoda*). Медузы, в виде мелкогазмерных гидроидных медуз, появлялись эпизодически и практически не влияли на структуру и функционирование азовской планктонной фауны. С повышением солености, в 1969-1977 гг. произошла смена аборигенных доминантных пресноводных и солоновато-водных видов менее продуктивными черноморскими мигрантами. Помимо этого, наблюдалось появление двух видов медуз – *Aurelia aurita* и *Rhizostoma pulmo*, хищничество которых привело к исчезновению летнего максимума биомассы веслоногих ракообразных. Последующие периоды опреснения и осолонения приводили к сменам соотношения солоновато-водного комплекса видов и черноморских мигрантов [1].

В целом, в последние годы отмечается снижение продуктивности сообществ планктона в Азовском море. Высокопродуктивные зоны сохранились только в крайней восточной (распресненной) части. В 2018-2020 гг. в Азовском море отмечена вспышка развития корнерота. За счет развития черноморских видов и появления в экосистеме вселенцев, произошло увеличение видового разнообразия и биомассы зообентоса [1].

Вследствие снижения пресного стока в бассейн Азовского моря, средняя соленость моря возросла с 10-11‰ в 2006 г. до 14-15‰ в 2017 году. В результате, в уловах ихтиопланктонных сетей перестали отмечаться представители проходных и полупроходных видов рыб, однако появились виды черноморского происхождения – ставрида и барабуля [8].

Изменение солености Азовского моря привело к преобладанию короткоциклового солоновато-водных видов рыб (тюлька, хамса, бычковые), которые и формируют основу промысловых уловов. При этом, численность аборигенных полупроходных форм (леща, судака, тарани и др.) сокращается, в связи с осолонением, ухудшением условий обитания и воспроизводства, уплотнением популяций и нерациональной промысловой деятельностью. Осолонение стало также причиной расселения ряда морских видов рыб (черноморских кефалей, калкана) и увеличения числа их находок в восточной части [3]. Промысловое значение имеют почти 40 видов рыб, и 25 из них могут быть отнесены к значимым для рыболовства [2].

В структуре промысла рыбных объектов Азовского моря важнейшую роль играют аборигенные проходные и полупроходные нерестовые мигранты, такие как лещ, судак, тарань, рыбец, черноморско-азовская проходная сельдь, аллохтонный карась серебряный, обосновался сравнительно

В статье приведены результаты гидробиологического мониторинга акватории Азовского моря в позднеосенний период 2021 г. Дана характеристика таксономического состава и количественных показателей зоопланктона и зообентоса, показано распределение гидробионтов по доминирующим видам, отмечены виды-индикаторы сапробности.

недавно. Родина последнего – пресные водоемы Востока и Юго-Востока Азии. Эти виды представляют наиболее востребованную часть рыбной продукции Азовского бассейна, их доля в общем объеме вылова рыб пресноводного комплекса, по данным промысловой статистики, составляет порядка 98% [16].

Ихтиофауна Азовского моря в настоящее время включает 103 вида и подвида рыб, относящихся к 76 родам, представлена проходными, полупроходными, морскими и пресноводными видами. Среди азовских проходных рыб имеются ценнейшие промысловые виды, такие как белуга, севрюга, сельдь, рыбец, русский осётр, бестер и шемая. К полупроходным рыбам относятся массовые виды, такие как судак, лещ, тарань, чехонь и некоторые другие, к морским видам – пеленгас, черноморский калкан, камбала-глосса, тюлька, перкарина, трёхиглая колюшка, длиннорылая рыба-игла и все виды бычков. Также имеется большая группа морских рыб, заходящая из Чёрного моря, в том числе, совершающая регулярные миграции, азовская и черноморская хамса, черноморская сельдь, барабуля, сингиль, остронос, лобан, черноморский калкан, ставрида, скумбрия и другие. Пресноводные виды, такие как стерлядь, серебряный карась, щука, язь, уклея и др., обычно обитают в опреснённых участках Азовского моря [13]. Азовское море до недавнего времени было самым продуктивным в мире рыбопромысловым водоемом, что, главным образом, определялось благоприятными физико-географическими и гидрометеорологическими условиями [5].

Бентосное сообщество, при естественном режиме рек (1940-1950-е гг.), было представлено следующими биоценозами: *Pontogammarus*, *Lentidium*, *Mytilaster*, *Cerastoderma*, *Abra*, *Hydrobia*, *Nephtys*, *Balanus*, *Nereis*, *Dreissena*, *Monodacna*, *Hypaniola*, *Ostracoda* [1]. Так как определяющими факторами для развития зообентоса является кислородный режим и соленость, то в 1969-1976 гг. осолонение привело к колонизации черноморскими видами. Основу общей биомассы бентоса в этот период формировали моллюски *C. glaucum*, *Mytilaster lineatus* и *Mytilus galloprovincialis*. В 1978 г. появился двустворчатый моллюск-вселенец *Mya arenaria*. Последующие периоды опреснения и осолонения вносили коррективы в развитие бентофауны и проявлялись в перестройках сообществ пресноводного, солоноватоводного и морского комплексов. С 1989 г. в комплексе биотических факторов особое место занял новый вселенец – двустворчатый моллюск *Anadara kagoshimensis*. Снижение солености вод в 2000-2006 гг. привело к сокращению

сообществ церастодермы, мидии и вселенцев мии и анадары. С 2007 г. устойчивый рост солености в Азовском море стимулировал развитие морских гидробионтов [1]. В системе Роскомгидромета, для оценки качества вод по показателям зообентоса, наибольшее распространение получил метод расчета биотического индекса для р. Трент (БИ), разработанный Ф. Вудивиссом в 1964 году. В основу метода положено упрощение таксономической структуры биоценоза, по мере повышения уровня загрязнения вод за счет выпадения индикаторных таксонов, при достижении пределов их толерантности на фоне снижения общего разнообразия организмов, объединенных в так называемые группы Вудивисса. В качестве индикаторных групп были выбраны отряды веснянок, поденок, ручейников, два рода ракообразных (*Gammarus*, *Asellus*), а также – олигохеты семейства *Tubificidae* и хирономиды рода *Chironomus*. В группы Вудивисса входят: каждый вид плоских червей, класс олигохет (исключая род *Nais*), каждый вид пиявок, моллюсков, ракообразных, веснянок, поденок, жуков, клопов, личинок двукрылых (кроме хирономид и мошек) вислокрылок, каждое семейство ручейников, семейства мошек, хирономид (кроме *Chironomus thummi*), личинка *Chironomus thummi*.

Для Азовского моря характерна быстрая реакция на изменение речного стока и атмосферных процессов, определяющих большую пространственно-временную изменчивость не только гидрофизических и гидрохимических параметров, но и биологических характеристик [5], в том числе и натурализация видов-вселенцев [1]. Следовательно, необходимо проводить мониторинг изменений биоценозов, в том числе зоопланктона и зообентоса, как кормовой базы рыб, особенно в местах антропогенного воздействия. Несмотря на то, что зоопланктон и зообентос Азовского моря хорошо изучен, на участке, где предполагались исследования, регулярного мониторинга не ведётся.

**Цель данной работы** – проведение мониторинга состояния зоопланктона и зообентоса акватории Азовского моря в осенний период 2021 года.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор проб был проведен на 7 станциях в акватории Азовского моря в октябре 2021 года (рис. 1, табл. 1).

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

№ станции Зоопланктон/зообентос	№ станции на рис. 1	Широта, N	Долгота, E
T 1 / 1	Ст. 1	45.586831	36.346999
T 2 / 2	Ст. 2	45.570436	36.563979
T 3 / 3	Ст. 3	45.786071	36.621657
T 4 / 4	Ст. 4	45.809125	36.827936
T 5 / 5	Ст. 5	45.590205	36.887674
T 6 / 1Ф	Ст. 1Ф	45.623460	36.981058
T 7 / 2Ф	Ст. 2Ф	45.469069	37.027750

#### Зоопланктон

Пробы отбирали методом тотального вертикального облова от дна до поверхности с использованием планктонных сетей типа Джеди (размер ячеи фильтрующего конуса 180 мкм, диаметр входного отверстия 37 см) [12; 14]. Всего было отобрано 7 проб. Данные пробы были сконцентрированы (с использованием концентратора и опрыскивателя) до стандартного объема и помещены в полиэтиленовые банки (объемом 100 мл), после чего зафиксированы 4%-ным раствором формальдегида на морской воде.

Для зоопланктона были определены следующие параметры: доля каждого вида в суммарной численности и биомассе, доминирующие виды по численности и биомассе, виды-индикаторы сапробности воды (поли-, мезо-, олиго-), общая численность организмов и их виды, общая биомасса видов.

Организмы идентифицировали до типов, классов, отрядов, по возможности – до родов и видов. В ряде случаев изготавливали временные препараты в глицерине. Общая схема обработки проб согласуется с основными методическими источниками [15]. В качестве основного определителя применяли «Определитель фауны Черного и Азовского морей» [10; 11] и электронный ресурс [17].

#### Зообентос

Пробы были отобраны в трехкратной повторности. Отбор проб зообентоса осуществлялся

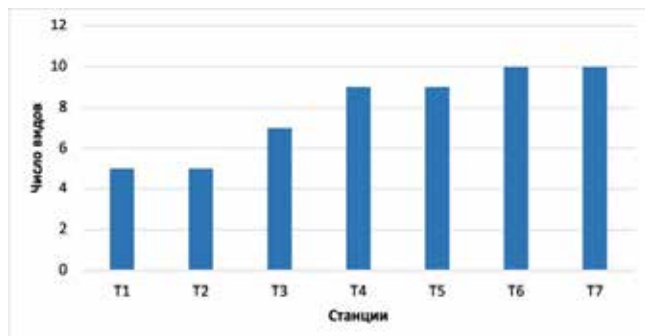


**Рисунок 1.** Схема расположения станций мониторинга

**Figure 1.** Layout of monitoring stations

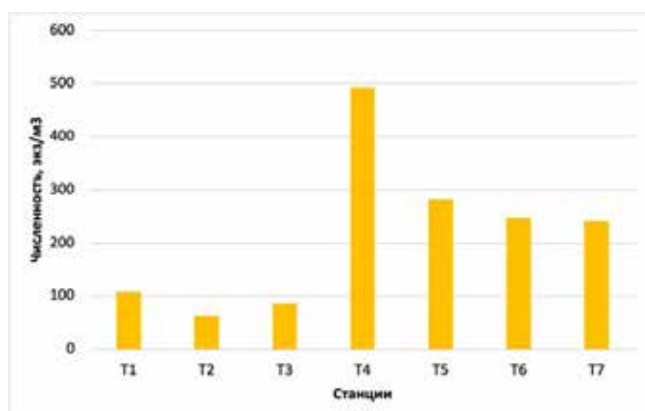
**Таблица 2.** Видовой состав зоопланктона на участке акватории Азовского моря / **Table 2.** Species composition of zooplankton in the water area of the Sea of Azov

Тип	Класс	Отряд	Вид
Foraminifera			<i>Acartia clausi</i> (Giesbrecht, 1889)
		Calanoida	<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)
	Copepoda		<i>Calanus euxinus</i> (Hulsemann, 1991)
Crustacea		Cyclopoida	<i>Oithona similis</i> (Claus, 1866)
			<i>Oithona nana</i> (Giesbrecht, 1893)
			<i>Cyclopina gracilis</i> (Claus, 1863)
	Cladocera	Onychopoda	<i>Podonevadne trigona</i> (G.O. Sars, 1897)
	Malacostraca	Amphipoda	<i>Gmelina</i> sp.
Chaetognatha	Sagittoidea	Aphragmophora	<i>Parasagitta setosa</i> (J. Müller, 1847)
Ювенильные стадии			
Crustacea	Thecostraca		<i>Cirripedia nauplii</i>
			<i>Cirripedia cyprus</i>
Annelidae	Polychaeta		<i>Polychaeta larvae</i>



**Рисунок 2.** Изменчивость видового богатства зоопланктона на участке акватории Азовского моря

**Figure 2.** Variability of the species richness of zooplankton in the water area of the Sea of Azov



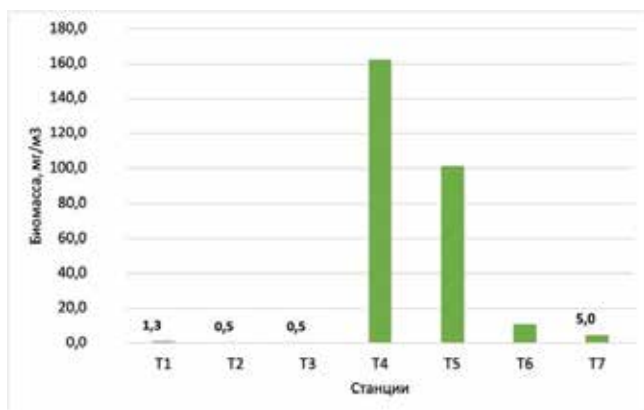
**Рисунок 3.** Изменчивость численности зоопланктона от глубины отбора проб на участке акватории Азовского моря

**Figure 3.** Variability of zooplankton abundance from sampling depth in the area of the Sea of Azov

с помощью дночерпателя «Ван-Вина» с площадью раскрытия 0,1 м<sup>2</sup> [12; 14]. Грунт из дночерпателя помещали в полиэтиленовый поддон, после чего аккуратно промывали через капроновое сито с ячейей 0,5 мм. Оставшихся на сите, беспозвоночных с каменистой и ракушечной фракцией грунта и детритом помещали в полиэтиленовые банки (объемом от 100 мл до 1 л, в зависимости от размера пробы) и фиксировали 4%-ным раствором формальдегида в морской воде, нейтрализованным тетраборатом натрия. В лаборатории пробы анализировали в камере Богорова под стереомикроскопом Микромед MC3 Zoom LED. Идентификацию организмов проводили под световым микроскопом Olympus CX 22 LED. Полученные величины численности организмов пересчитывали на весь объем пробы. Данные первичной обработки проб занесены в первичную базу данных. Для расчета весовых характеристик организмов использовались номограммы зависимости длина-масса, либо фигура организма приравнивалась к сходной геометрической фигуре. Для количественной оценки бентосных сообществ, в отобранной пробе вычисляли численность и биомассу каждого вида на основании сырой массы фиксированных животных, взвешиваемых на торсионных весах с точностью до 0,001 мг. Расчет численного состава организмов зообентоса, их биомассы и таксономического структурирования осуществляли с использованием программы ЭВМ «Расчет численных характеристик зообентоса». Результаты обработки проб представлены в протоколе.

Определяли следующие параметры: таксономический состав; общую численность, численность и долю отдельных видов, общую биомассу, биомассу и долю отдельных видов, пространственное распределение количественных показателей, виды-индикаторы сапробности воды.

Для определения видовой принадлежности зообентосных организмов использовали ряд определителей [10; 11; 9]. Все таксономические опре-



**Рисунок 4.** Изменчивость биомассы зоопланктона от глубины отбора проб на участке акватории Азовского моря

**Figure 4.** Variability of zooplankton biomass from sampling depth in the area of the Sea of Azov

деления соответствуют классификации «World Marine Species».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### Зоопланктон

Зоопланктон представлен 12 таксонами. По видовому богатству лидируют веслоногие ракообразные *Sopropoda* (6 видов) (табл. 2). Встреченные таксоны относятся к морским пелагическим и придонным формам.

Видовое богатство зоопланктона составляет в среднем 7,9 видов на станцию, варьирует в зависимости от станции от 5 до 10 видов (рис. 2).

Численность зоопланктона изменяется от 62,1 до 493,2 экз./м³, в среднем составляя 217,2 экз./м³, биомасса – от 0,53 до 162,2 мг/м³, в среднем составляя 40,3 мг/м³ (табл. 3, 4; рис. 3-4). Пики численности и биомассы совпадают и приходятся на станцию Т4. Доминирование по численности и биомассе хорошо выражено. Так как глубина сбора проб мало различалась на всех станциях исследования, очевидных закономерностей в распределении показателей обилия по глубинам не отмечено.

По численности доминирующих видов резко выделяется мелкий циклоп *Oithona similis*, составивший более половины процентного обилия. В комплекс субдоминантов вошли морские стрелки *Parasagitta setosa*, веслоногие рачки *Acartia clausi* и личинки многощетинковых червей (*Polychaeta*). Роль других видов оказалась сравнительно невелика (рис. 5). Абсолютным доминантом по биомассе стали морские стрелки *Parasagitta setosa*, составившие 95% обилия. Вклад остальных таксонов ничтожен, по сравнению с ними (рис. 6).

Пространственная неоднородность распределения планктонного сообщества умеренна, комплекс доминирующих видов примерно сходен на разных станциях, несмотря на различия в суммарном обилии сообщества.

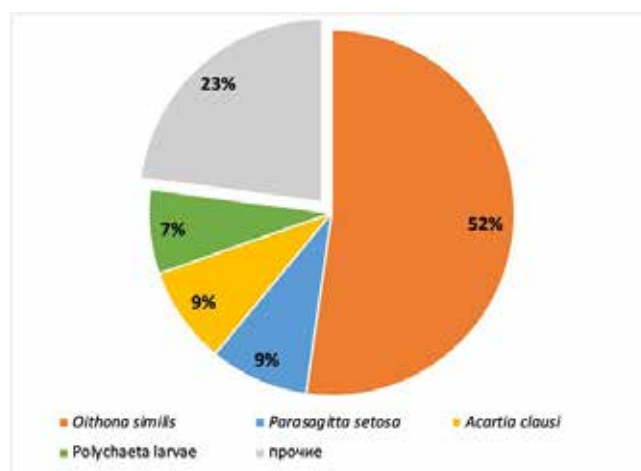
По численности основных доминирующих групп, доминируют ракообразные представители

зоопланктона (*Crustacea*), составляя 81% от общего обилия (рис. 7). В численном соотношении доминирование ракообразных происходит за счет класса *Sopropoda* (92% обилия). Прочие представители сравнительно малочисленны.

По биомассе основной доминирующей группой стали представители типа *Chaetognatha*, составив 95% от общего обилия. Вклад ракообразных представителей (*Crustacea*), кольчатых червей (*Annelida*) и фораминифер (*Foraminifera*) ничтожно мал, по сравнению с ними.

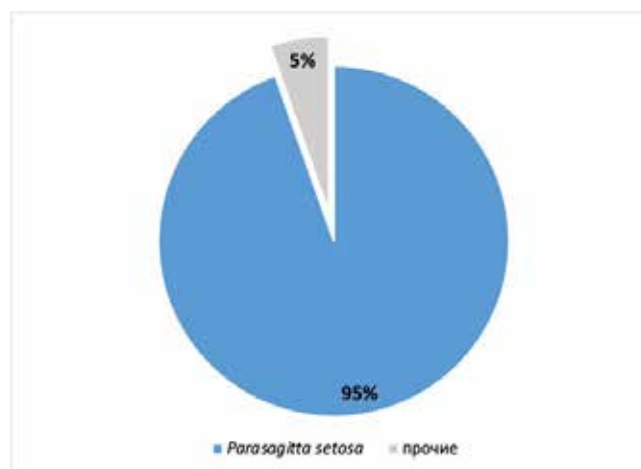
### Зообентос

Видовой состав зообентоса Азовского моря в районе Керченского пролива представлен 11 видами типичных представителей морских и солоноватоводных донных животных, относящих-



**Рисунок 5.** Доля доминирующих видов в общей численности зоопланктона на участке акватории Азовского моря

**Figure 5.** The share of dominant species in the total number of zooplankton in the water area of the Sea of Azov



**Рисунок 6.** Доля доминирующих видов в общей биомассе зоопланктона на участке акватории Азовского моря

**Figure 6.** The share of dominant species in the total zooplankton biomass in the water area of the Sea of Azov

**Таблица 3.** Численность и биомасса зоопланктона на участке акватории Азовского моря /  
**Table 3.** The number and biomass of zooplankton in the water area of the Sea of Azov

Но станции	Глубина, м	Численность, экз./куб. м	Биомасса, мг/куб. м
T1	11,0	107,8	1,3
T2	11,5	62,1	0,5
T3	11,0	85,8	0,5
T4	12,0	493,2	162,1
T5	11,5	282,9	101,2
T6	11,5	247,2	10,8
T7	12,0	241,2	5,0

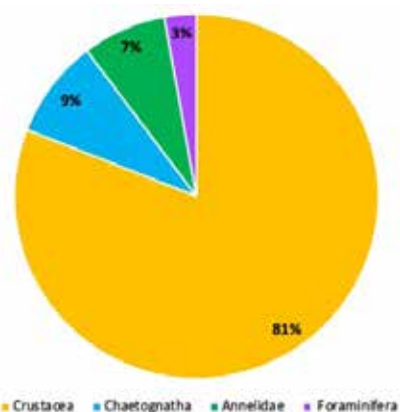
**Таблица 4.** Видовой состав и встречаемость зообентоса, осень 2021 года /  
**Table 4.** Species composition and occurrence of zoobenthos, autumn 2021

Тип	Класс	Таксономический состав	Станции						
			1	2	3	4	5	1ф	2ф
Arthropoda	Insecta	<i>Ablabesmyia monilis</i> Linnaeus, 1758 личинки хирономид						x	
	Malacostraca	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> Costa, 1853				x	x		
Animalia	Bivalvia	<i>Anadara kagoshimensis</i> Tokunaga, 1906	x	x	x			x	x
		<i>Cerastoderma glaucum</i> Bruguière, 1789	x	x		x	x	x	x
	Clitellata	<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819				x	x	x	x
		<i>Musculus subpictus</i> Cantraine, 1835				x	x		
Annelida	Polychaeta	<i>Tubifex</i> sp.				x	x		
		<i>Nephtys hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818	x		x	x	x	x	
	Chromadorea	<i>Microspio mecznikowianus</i> Claparède, 1869				x	x		
		<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867				x	x		x
		<i>Nematoda</i> sp.					x		

ся к типу Членистоногие (*Arthropoda*), куда входят два класса донных организмов: насекомые (*Insecta*) и высшие ракообразные (*Malacostraca*), включающие по одному виду. Тип моллюски (*Animalia*) представлен классом двустворчатых

моллюсков (*Bivalvia*), включающим 4 вида, все, кроме *Musculus marmoratus* Forbes 1838, встречались на большинстве станций. Тип кольчатые черви (*Annelida*) представлен классом многощетинковых червей (*Polychaeta*) – три вида. Наиболее высокая встречаемость отмечена у *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818. Класс малощетинковых червей (*Clitellata*) и класс нематод (*Chromadorea*) представлены по одному виду на ст. 5 (табл. 4).

Число видов на станциях колебалось от 2 до 10, наиболее высокое видовое разнообразие отмечено на станциях 4 и 5, где на илесто-песчаных грунтах встречалось 8-10 видов. Численность зообентоса на станциях варьировала от 740 до 5550 экз./м<sup>2</sup>, составляя в среднем 2093,1 экз./м<sup>2</sup>, с максимумом численности на ст. 1ф (5550 экз./ м<sup>2</sup>). Колебания биомассы, в пределах результативных станций, были в пределах 37,37-3312,87 г/м<sup>2</sup>, средняя – 1751,84 г/м<sup>2</sup>, с максимумом биомассы на ст. 1ф. Основу биомассы на пяти станциях образовывали двустворчатые моллюски *Anadara kagoshimensis* (56,7-99,8%), на двух станциях ключевое значение имели двустворчатые моллюски (*Mytilus galloprovincialis*) – 52,5-66,1%, Доля кормовых объектов в средней биомассе зообентоса низкая – составляла только 1,4% (25,35 г/м<sup>2</sup>), наиболее высокие показатели кормовых объектов отмечены на ст. 5



**Рисунок 7.** Доля основных таксономических групп в общей численности зоопланктона на участке акватории Азовского моря

**Figure 7.** The share of the main taxonomic groups in the total number of zooplankton in the water area of the Sea of Azov

– 11,29 г/м<sup>2</sup>, что составляет 33,6% от биомассы бентоса на ст. 5 (табл. 5).

В пределах обследуемой акватории, на большинстве станций наиболее представительным (1136,4 экз./м<sup>2</sup>) был биоценоз *Anadara kagoshimensis*, предпочитающий преимущественно песчаные грунты. Наряду с анадарой, на таких грунтах встречались *Cerastoderma glaucum* с плотностью 348,9 экз./м<sup>2</sup>. Биоценоз *M. galloprovincialis* находился преимущественно на заиленной ракушке (ст. 1ф и 2ф), численность на станциях колебалась от 111 до 1221 экз./м<sup>2</sup>.

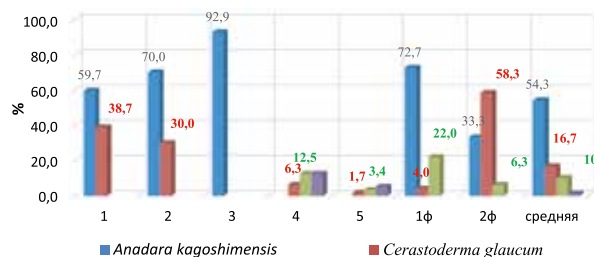
Суммарная доля моллюсков, в общей численности, достигала 81,8%, с преобладанием *Anadara kagoshimensis* (54,3%), максимальный вклад которой в численность на ст. 3 достигал 92,86%, субдоминирующим видом была *Cerastoderma glaucum* – 16,7% (табл. 6, рис. 8).

На фазеолиновых илах (ст. 4 и 5) располагался биоценоз многощетинковых червей (*Polychaeta*) с наиболее распространенным видом *Nephtys hombergii*, численность которого колебалась в пределах 37-111 экз./м<sup>2</sup>, при средней 42,3 экз./м<sup>2</sup>. Доминантным видом был *Microspio mecznikowianus*, отмеченный только на ст. 4 и 5, с численностью 74 и 925 экз./м<sup>2</sup>, соответственно, при средней – 142,7 экз./м<sup>2</sup>, его вклад в общую численность на ст. 5 достигал 43,1% (табл. 6, рис. 9). Вероятно, заиление акватории, в пределах ст. 4 и 5, сопровождалось сильной пространственной трансформацией биоценозов, вследствие этого воздействия на этих участках полностью отсутствовала *Anadara kagoshimensis*, а численность *Cerastoderma glaucum* была на порядок ниже средних по району показателей (табл. 6).

Наиболее высокий вклад в среднюю биомассу (1751,84 г/м<sup>2</sup>) внесли *Anadara kagoshimensis* – 1427,91 г/м<sup>2</sup> и субдоминантный вид *Cerastoderma glaucum* – 294,40 г/м<sup>2</sup>, доля этих видов в общей биомассе достигала 81,5 и 16,8% (анадара и церастодерма, соответственно). В пределах отдельных станций, вклад *Anadara kagoshimensis* был более 90%. Доля полихет в биоценозах по биомассе была незначительной, в среднем на уровне 0,1%, с наиболее высокими показателями на ст. 4 и 5 (табл. 7; рис. 10-11).

Одним из доминирующих видов является *Cerastoderma glaucum*. Это морской и солоноватоводный вид, обитающий в Черном и Азовском морях, в пробах представлен моллюсками с длиной раковины 5,2-20,5 мм (средняя 14,4 мм) и массой 0,04-2,15 г (средняя 0,95 г). В размерном ряду отмечены четыре модальные группы, соответствующие её возрастной структуре (рис. 12).

Следующим доминирующим видом является *Anadara kagoshimensis*. Видовое название анадара (ориг. *Arca kagoshimensis*) получила по месту обнаружения живых экземпляров (префектура Кагосима, Япония). Впервые *A. kagoshimensis* была обнаружена в Азовском море на северном участке Казантипского залива в 1989 году. В Черном и Азовском морях естественные поселения моллюска могут располагаться в широких границах изменения солёности (от нормальной океанической 32-35‰ в районе Индо-Пацифики – до малосолёных вод 10-12‰ Азовского моря. К 2017 г. ареал вселенца занимал 70% акватории Азовского моря. Первая регистрация ранней молодежи анадары (длиной менее 2 мм) в акватории Азовского моря датируется только 1997 годом. В донных пробах, на исследуемой акватории, отмечены моллюски длиной тела 4,2-28 мм (средняя 17,6 мм), средняя масса 1,69 г, с колебаниями 0,012-5,81 граммов. Размерный ряд представлен



**Рисунок 8.** Вклад двустворчатых моллюсков в общую численность (%), осень 2021 года

**Figure 8.** Contribution of bivalves to the total population (%), autumn 2021

**Таблица 5.** Численность (экз./м<sup>2</sup>), биомасса (г/м<sup>2</sup>), число видов и доминирующие виды зообентоса, осень 2021 года / **Table 5.** Abundance (copies/m<sup>2</sup>), biomass (g/m<sup>2</sup>), number of species and dominant species of zoobenthos, in autumn 2021

№ Станции	Кол-во видов, экз.	Численность	Доминирующие группы по численности		Биомасса		Доминирующие группы по биомассе	
				%	общая	Кормовая		%
1	3	2294	<i>Anadara kagoshimensis</i>	59,7	3210,68	38,49	<i>Anadara kagoshimensis</i>	84,5
2	2	740	<i>Anadara kagoshimensis</i>	70	1059,31	0	<i>Anadara kagoshimensis</i>	90,7
3	2	1554	<i>Anadara kagoshimensis</i>	92,9	2022,61	5,74	<i>Anadara kagoshimensis</i>	99,8
4	8	592	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	31,1	37,37	2,59	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	52,5
5	10	2146	<i>Microspio mecznikowianus</i>	43,1	33,58	11,29	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	66,1
1ф	4	5550	<i>Anadara kagoshimensis</i>	72,7	3312,87	118,44	<i>Anadara kagoshimensis</i>	95,4
2ф	4	1776	<i>Cerastoderma glaucum</i>	58,3	2586,45	0,93	<i>Anadara kagoshimensis</i>	56,7
<b>Сред.</b>	<b>5</b>	<b>2093,1</b>		<b>61,1</b>	<b>1751,84</b>	<b>25,35</b>		<b>78,0</b>

**Таблица 6.** Численность (экз./м<sup>2</sup>) зообентоса на станциях по видам, осень 2021 года / **Table 6.** Численность (экз./м<sup>2</sup>) зообентоса на станциях по видам, осень 2021 года

Таксономический состав	Станции							
	1	2	3	4	5	1ф	2ф	
<i>Ablabesmyia monilis</i>					74			10,6
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>				185	555			105,7
<i>Anadara kagoshimensis</i>	1369	518	1443			4033	592	1136,4
<i>Cerastoderma glaucum</i>	888	222		37	37	222	1036	348,9
<i>Mytilus galloprovincialis</i>				74	74	1221	111	211,4
<i>Musculus subpictus</i>				74	111			26,4
<i>Tubifex sp.</i>				37	222			37,0
<i>Nephtys hombergii</i>	37		111	37	37	74		42,3
<i>Microspio mecznikowianus</i>				74	925			142,7
<i>Nereis zonata</i>				74	37		37	21,1
Nematoda in/det.					74			10,6
<b>Всего</b>	<b>2294</b>	<b>740</b>	<b>1554</b>	<b>592</b>	<b>2146</b>	<b>5550</b>	<b>1776</b>	<b>2093</b>

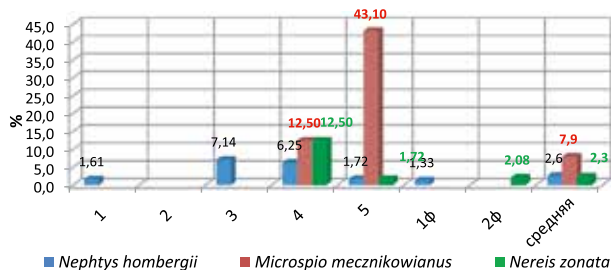
**Таблица 7.** Биомасса (г/м<sup>2</sup>) зообентоса, осень 2021 года / **Table 7.** Biomass (g/м<sup>2</sup>) of zoobenthos, autumn 2021

Таксономический состав	Станции							
	1	2	3	4	5	1ф	2ф	
<i>Ablabesmyia monilis</i>					0,1			0,02
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>				0,2	0,5			0,10
<i>Anadara kagoshimensis</i>	2391,6	960,7	2018,2			3159,3	1465,3	1427,9
<i>Cerastoderma glaucum</i>	817,3	98,6		0,9	0,07	54,8	1089,0	294,3
<i>Mytilus galloprovincialis</i>				19,6	22,2	97,0	31,0	24,3
<i>Musculus subpictus</i>				15,1	7,8			3,3
<i>Tubifex sp.</i>				0,1	0,2			0,04
<i>Nephtys hombergii</i>	1,6		4,3	1,0	1,2	1,7		1,4
<i>Microspio mecznikowianus</i>				0,2	1,2			0,2
<i>Nereis zonata</i>				0,2	0,1		0,925	0,2
Nematoda in/det.					0,1			0,01
<b>Всего</b>	<b>3210,6</b>	<b>1059,3</b>	<b>2022,6</b>	<b>37,3</b>	<b>33,5</b>	<b>3312,8</b>	<b>2586,4</b>	<b>1751,8</b>

молодью летнего оседания 2021 г и годовиками нереста 2020 г. (рис. 13).

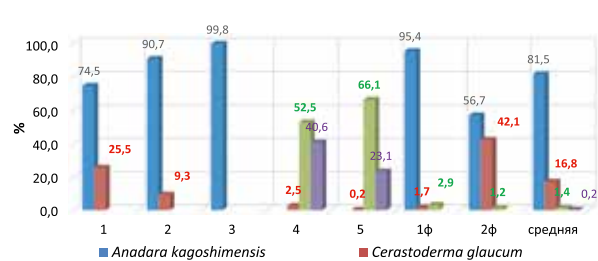
Также в доминирующие позиции выходит *Mytilus galloprovincialis*, который относит-

ся к классу двустворчатых моллюсков, отряду *Mytilidae*. Этот вид широко распространен в прибрежной зоне, как Черного моря, так и южной части Азовского. Тело мидии заключено в про-



**Рисунок 9.** Вклад многощетинковых червей в общую численность (%), осень 2021 года

**Figure 9.** Contribution of polychaete worms to the total population (%), autumn 2021



**Рисунок 10.** Вклад двустворчатых моллюсков в общую биомассу (%), осень 2021 года

**Figure 10.** Contribution of bivalves to the total biomass (%), autumn 2021



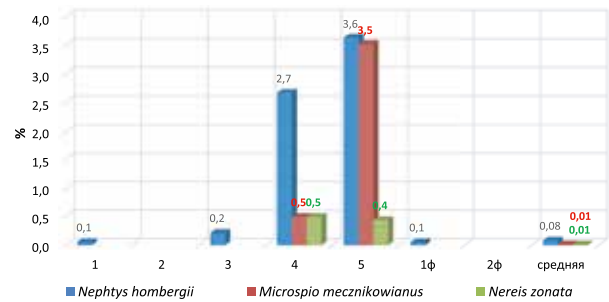
долговато-выпуклую кальцинированную раковину. Форма раковины весьма изменчива, цвет варьирует от светло-желтого до черного или черно-фиолетового. С ростом солености в Азовском море, мидия стала широко распространяться в этом новом для нее бассейне. Главные районы размещения мидий на Азове – Обиточный, Бердянский, Казантипский заливы. В пробах отмечена мидия оседания 2021 г. длиной тела 12-19,5 мм, средняя 14,9 мм, при средней биомассе 0,27 г (колебания 0,14–0,41 г).

Доминирующим является *Musculus subpictus*, который представляет собой тип мидии из семейства мидий (*Mytilidae*). Обычно эпизодически обитает на асцидиях. Моллюск мраморной фасолы встречается в восточной части Северной Атлантики от северной Норвегии до юго-западной Африки (Ангола). Он также проникает в Северное море, западную часть Балтийского моря и Средиземное море. В Чёрном море моллюск ранее отмечался в Прибосфорском районе. Обитает на глубине от 10 метров до более 1000 метров. Моллюск мраморной фасолы прикрепляется к водорослям, под камнями или под пустыми створками мидий, или к мантии морских брызг (асцидий), обычно около сифонов морских брызг. Вздутая, сильно выпукло изогнутая оболочка моллюска мраморной фасолы достигает длины 22 миллиметров. Он – удлинено-яйцевидный, несколько усеченный на переднем конце и узко сужающийся к заднему. Спинной край сильно изогнут, а вентральный край лишь слегка выпукло изогнут. Высокий округлый позвонок находится почти на переднем конце. Корпус разделен на три поля: переднее поле с 15-18 радиальными ребрами, среднее поле – с тонкими радиальными полосами и заднее поле – с 20–35 радиальными ребрами. Ребра заканчиваются небольшими узелками на краю футляра. Радиальные ребра и полосы пересекаются очень тонкими полосами роста. Раковина окрашена в зелено-желтый цвет с зигзагообразно расположенными красно-коричневыми пятнами. Периостракум светло-зеленого цвета, под скорлупой оболочка белого цвета с тонким желто-коричневым узором – зигзагом. Слегка переливающаяся, блестящая внутренняя сторона створок желтовато-белого цвета. Сфинктеры оставляют только нечеткие отпечатки, спереди – длинное и узкое, а сзади – большое и круглое. Связка находится снаружи. Край прядки короткий, почти прямой; замок не имеет зубцов. Линия поверхности без отступа. Стопа длинная, пальцеобразная.

В донных пробах, на исследуемой акватории, отмечены моллюски длиной тела 7-17,3 мм (средняя 10,7 мм), средняя масса – 0,124 г, с колебаниями – 0,048-0,29 граммов. Размерный ряд представлен молодью летнего оседания 2021 г. и годовиками нереста 2020 года.

В осенний период 2021 г. в составе зообентоса, в рассматриваемой акватории, обнаружены два вида-индикатора сапробности: полисапробионт *Tubifex tubifex* ( $S=3,8$ ) и олиго-полисапробионт *Nematoda sp.* ( $S=1,55$ ). На ст. 4 *Tubifex tubifex* отме-

чен в количестве 37 экз./м<sup>2</sup> и биомассе 0,11 г/м<sup>2</sup>. На ст. 5 олигохеты определены в количестве 222 экз./м<sup>2</sup> с биомассой 0,19 г/м<sup>2</sup>. *Nematoda sp.* отмечена на ст. 5 в количестве 74 экз./м<sup>2</sup> при биомассе 0,09 г/м<sup>2</sup>.



**Рисунок 11.** Вклад многощетинковых червей в общую биомассу (%), осень 2021 года

**Figure 11.** Contribution of polychaete worms to the total biomass (%), autumn 2021



**Рисунок 12.** Размерно-возрастная характеристика *Cerastoderma glaucum* в районе Керченского пролива, осень 2021 года

**Figure 12.** Size and age characteristics of *Cerastoderma glaucum* in the Kerch Strait area, autumn 2021



**Рисунок 13.** Размерно-возрастная характеристика *Anadara kagoshimensis* в районе Керченского пролива, осень 2021 года

**Figure 13.** Size and age characteristics of *Anadara kagoshimensis* in the Kerch Strait area, autumn 2021



### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Зоопланктон.** В период исследований зоопланктон на исследуемом участке представлен 12 таксонами. Лидируют по видовому богатству веслоногие ракообразные *Copepoda* (6 видов). Встречаемые таксоны относятся к морским и придонным формам. Видовое разнообразие умеренное. Видовое богатство зоопланктона составляет в среднем 7,9 вида на станцию, заметно варьирует между станциями – от 5 до 10 видов. Этот показатель характерен для зоопланктона опресненных прибрежных акваторий Азовского моря. Численность и биомасса зоопланктона, на исследуемом участке, не высокие, и при этом заметно варьируют между станциями: от 62,1 до 493,2 экз./м<sup>3</sup>, в среднем – 217,2 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – от 0,53 до 162,2 экз./м<sup>3</sup>, в среднем – 40,3 мг/м<sup>3</sup>. По численности доминируют веслоногие ракообразные (*Copepoda*), в основном за счет отряда *Cyclopoida* и одного вида *Oithona similis* (52% общей численности). По биомассе доминируют морские стрелки (*Chaetognatha*) (95% общей биомассы). В целом, проведенные исследования не выявили изменений сообщества зоопланктона, связанных с антропогенным воздействием. Полученные данные можно считать фоновыми, характеризующими пелагические сообщества данной акватории Азовского моря в осенний период.

**Зообентос.** Видовой состав зообентоса Азовского моря в районе Керченского проли-

ва представлен 11 видами типичных представителей морских и солоноватоводных донных животных. Число видов на станциях колеблется от 2 до 10, наиболее высокое видовое разнообразие отмечено на станциях 4 и 5, где на илисто-песчаных грунтах встречалось 8-10 видов. Численность зообентоса на станциях варьировала от 740 до 5550 экз./м<sup>2</sup>, составляя в среднем 2093,1 экз./м<sup>2</sup>. Колебания биомассы в пределах 37,37-3312,87 г/м<sup>2</sup>, средняя – 1751,84 г/м<sup>2</sup>. В составе зообентоса, в рассматриваемой акватории, обнаружены два вида-индикатора сапробности: полисапробионт *Tubifex tubifex* (S=3,8) и олиго-полисапробионт *Nematoda sp.* (S=1,55). Качество воды на данном участке работ (ст. 4 и 5) по зообентосу можно охарактеризовать как умеренно загрязненное, относящееся к 3 классу.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад в работу авторов: М.В. Медянкина – идея работы, подготовка введения, заключения, А.Г. Тригуб – сбор и анализ данных, сбор и обработка проб подготовка и анализ базы данных, Хайрулина Т.П. – подготовка статьи, Глебова И.А. – окончательная проверка статьи.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Contribution to the work of the authors: M.V. Medyankina – the idea of the work, preparation of the introduction, conclusion, A.G. Trigub – data collection and analysis, collection and processing of samples preparation and analysis of the database, Khairulina T.P. – preparation of the article, Glebova I.A. – final verification of the article.

## ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ / REFERENCES AND SOURCES

- Афанасьев, Д.Ф. Планктон и бентос Азовского моря. Многолетняя динамика / Д.Ф. Афанасьев, З.А. Мирзоян, Л.М. Сафронова, Л.Н. Фроленко, Л.А. Живоглядова // Труды IX Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2020)». – 2020. – С. 132-134.
- Afanasyev, D.F. Plankton and benthos of the Azov Sea. Long-term dynamics / D.F. Afanasyev, Z.A. Mirzoyan, L.M. Safronova, L.N. Frolenko, L.A. Zhivoglyadova // Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference "Marine Research and Education (MARESEDU-2020)", 2020. – Pp. 132-134.
- Балыкин, П.А. Изменения видового состава российских уловов в Черном и азовском морях в XXI веке / П.А. Балыкин // Вопросы рыболовства. – 2021. – Т. 22., № 3. – С. 51-60.
- Balykin, P.A. Changes in the species composition of Russian catches in the Black and Azov seas in the XXI century / P.A. Balykin // Questions of fisheries. – 2021. – Vol. 22, No. 3. – Pp. 51-60.
- Балыкин, П.А. Изменения солености и видового состава иктофауны в Азовском море / П.А. Балыкин, Д.Н. Куцын, А.М. Орлов // Океанология. – 2019. – Т. 59, № 3. – С. 396-404.
- Balykin, P.A. Changes in salinity and species composition of the ichthyofauna in the Sea of Azov / P.A. Balykin, D.N. Kutsyn, A.M. Orlov // Oceanology. – 2019. – Vol. 59, No. 3. – Pp. 396-404.
- Васнецов, В.В. Этапы развития костистых рыб. В сб. «Очерки по общим вопросам ихтиологии». / В.В. Васнецов. – М., Л.: Изд-во А Определитель фауны Черного и Азовского морей: Свободноживущие беспозвоночные. Т. 1. Простейшие, губки, кишечнорастворимые, черви, щупальцевые / ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовский – Академия наук УССР; Институт биологии южных морей, 1968. АН СССР, 1953. – 228 с.
- Vasnetsov, V.V. Stages of development of bony fish. In the collection "Essays on general issues of ichthyology". / V.V. Vasnetsov. – М., Л.: The determinant of the fauna of the Black and Azov Seas: Free-living invertebrates. Vol. 1. Protozoa, sponges, coelenterates, worms, tentacles / ed. F. D. Mordukhai-Boltovsky – Academy of Sciences of the Ukrainian SSR; Institute of Biology South Seas, 1968. USSR Academy of Sciences, 1953. – 228 p.
- Гаргопа, Ю.М. Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря: Автореф. Дисс. д-ра геогр. наук. Гаргопа Ю.М. – Кольский НЦ РАН, 2003.
- Gargopa, Yu.M. Large-scale changes in hydrometeorological conditions of the formation of bioproductivity of the Sea of Azov: Abstract. Diss. Doctor of Geographical Sciences. Gargopa Yu.M. – Kola NC RAS, 2003.
- Дехник, Т.В. Распределение икры и личинок некоторых рыб Черного моря. / Т.В. Дехник, Р.М. Павловская. Сб. научн. тр. АзЧерНИРО. Работы черноморской научно-промысловой экспедиции, 1950. – Вып. 14. – С. 151-173.
- Dekhnik, T.V. Distribution of eggs and larvae of some fish of the Black Sea. / T.V. Dekhnik, R.M. Pavlovskaya. Collection of scientific tr. Azcherniro. Works of the Black Sea Scientific and fishing expedition, 1950. – Vol. 14. – Pp. 151-173.
- Дехник, Т.В. Сезонные изменения видового состава, распределения и численности иктопланктона / Т.В. Дехник, Р.М. Павловская // Основы биологической продуктивности Черного моря. – К.: Наукова Думка, 1979. – С. 268-291.
- Dekhnik, T.V. Seasonal changes in the species composition, distribution and abundance of ichthyoplankton / T.V. Dekhnik, R.M. Pavlovskaya // Fundamentals of biological productivity of the Black Sea. – K.: Naukova Dumka, 1979. – Pp. 268-291.
- Надолинский, В.П. Изменения в видовом составе и численности иктопланктона Азовского и северо-восточной части Черного морей за период 2006-2017 гг. под воздействием природных и антропогенных факторов / В.П. Надолинский, Р.В. Надолинский // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2018. – Т. 1., № 1. – С. 51-66.
- Nadolinsky, V.P. Changes in the species composition and abundance of ichthyoplankton of the Azov and North-in the eastern part of the Black Sea for the period 2006-2017 under the influence of natural and anthropogenic factors / V.P. Nadolinsky, R.V. Nadolinsky // Aquatic bioresources and habitat. – 2018. – Vol. 1, No. 1. – Pp. 51-66.
- Определитель фауны Черного и Азовского морей. Свободноживущие беспозвоночные. // Под общ. руковод. Ф. Д. Мордухай-Болтовского. – Киев: Наукова думка. – 1972. – Т.3. – 340 с.
- The determinant of the fauna of the Black and Azov Seas. Free-living invertebrates. // Under total. directed by F. D. Mordukhai-Boltovsky. – Kiev: Naukova dumka. – 1972. – Vol.3. – 340 p.
- Определитель фауны Черного и Азовского морей: Свободноживущие беспозвоночные. Т. 1. Простейшие, губки, кишечнорастворимые, черви, щупальцевые / ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовский. – Академия наук УССР; Институт биологии южных морей, 1968. – 228 с.
- Determinant of the fauna of the Black and Azov Seas: Free-living invertebrates. Vol. 1. Protozoa, sponges, coelenterates, worms, tentacles / ed. F. D. Mordukhai-Boltovsky. – Academy of Sciences of the Ukrainian SSR; Institute of Biology of the South Seas, 1968. – 228 p.
- Определитель фауны Черного и Азовского морей: Свободноживущие беспозвоночные. Т. 2. Ракообразные / ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовский – Академия наук УССР; Институт биологии южных морей, 1969. – 270 с.
- Determinant of the fauna of the Black and Azov Seas: Free-living invertebrates. Vol. 2. Crustaceans / ed. F. D. Mordukhai-Boltovsky – Academy of Sciences of the Ukrainian SSR; Institute of Biology of the Southern Seas, 1969. – 270 p.
- Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / Под ред. Цыбань А.В. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 191с.
- Guidelines on methods of biological analysis of seawater and bottom sediments / Ed. Tsyban A.V. – L.: Hydrometeoizdat, 1980. – 191 p.
- Сапегина, Е.П. Промыслово-биологическая характеристика азовской популяции тарани / Е.П. Сапегина, Е.А. Самойлова // Современные рыбные ресурсы и аквакультура в Азово-Черноморском бассейне. – 2020. – С. 157-158.
- Sapegina, E.P. Fishing and biological characteristics of the Azov tarani population / E.P. Sapegina, E.A. Samoilova // Modern fish resources and aquaculture in the Azov-Black Sea basin. – 2020. – Pp. 157-158.
- Современные методы количественной оценки распределения морского планктона / Отв. ред. М.Е. Виноградов. – М.: Наука, 1983. – 280 с.
- Modern methods of quantitative assessment of the distribution of marine plankton / Ed. M.E. Vinogradov. – M.: Nauka, 1983. – 280 p.
- Федоров, В.Д. Практическая гидробиология. / В.Д. Федоров, В.И. Капков. – М.: ПИМ, 2006. – 367 с.
- Fedorov, V.D. Practical hydrobiology. / V.D. Fedorov, V.I. Kapkov. – M.: PIM, 2006. – 367 p.
- Чередников, С.Ю. Лимитирующие факторы абиотической среды и биологические особенности важнейших промысловых мигрантов Азовского моря / С.Ю. Чередников, Е.С. Власенко, Н.А. Жердев, И.Д. Кузнецова, С.В. Лукьянов // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2020. – Т. 3., № 1. – С. 27-41.
- Cherednikov, S.Y. Limiting factors of the abiotic environment and biological features of the most important commercial migrants of the Sea of Azov / S.Y. Cherednikov, E.S. Vlasenko, N.A. Zherdev, I.D. Kuznetsova, S.V. Lukyanov // Aquatic bioresources and habitat. – 2020. – Vol. 3, No. 1. – Pp. 27-41.
- Diversity and Geographic Distribution of Marine Planktonic Copepods. 2016. Электронный ресурс URL: <http://copepodes.obs-banyuls.fr/en> (дата обращения: 01.02.2023).
- Diversity and Geographic Distribution of Marine Planktonic Copepods. 2016. Electronic resource URL: <http://copepodes.obs-banyuls.fr/en> (accessed 01.02.2023).
- FishBase. Электронный ресурс URL: <http://www.fishbase.org> (дата обращения: 01.02.2023).
- Fish Base. Electronic resource URL: <http://www.fishbase.org> (accessed: 01.02.2023).