

*Водные биоресурсы и среда обитания*  
2019, том 2, номер 4, с. 7–23  
<http://journal.azniirkh.ru>, [www.azniirkh.ru](http://www.azniirkh.ru)  
ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online



*Aquatic Bioresources & Environment*  
2019, vol. 2, no. 4, pp. 7–23  
<http://journal.azniirkh.ru>, [www.azniirkh.ru](http://www.azniirkh.ru)  
ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online

## Экологические проблемы и состояние водной среды

УДК 574.5(262.54)

### РЕЗУЛЬТАТЫ МОРСКИХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЮЖНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ЮНЦ РАН) В АЗОВСКОМ МОРЕ В 2003–2018 ГГ. ЧАСТЬ 2: ГИДРОБИОЛОГИЯ

© 2019 С. В. Бердников, А. В. Клещенков, К. В. Кренева, Г. Ю. Глущенко,  
Л. В. Дашкевич, В. В. Кулыгин, В. С. Герасюк, В. В. Сапрыгин, Н. И. Булышева

*Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону 344006, Россия*  
*E-mail: berdnikov@ssc-ras.ru*

**Аннотация.** В статье представлены результаты гидробиологических исследований Азовского моря, проводимых с 2003 г. Южным научным центром РАН как с помощью классических гидробиологических методов, так и с применением современных геоинформационных технологий. Анализ межгодовой и сезонной изменчивости гидробиологического сообщества позволил охарактеризовать современные особенности двух ежегодно повторяющихся пиков в развитии фитопланктона (весеннего и более интенсивного летне-осеннего). Результаты измерений концентрации хлорофилла «а», первичной продукции и данные количественного анализа фитопланктона свидетельствуют о тенденции к увеличению автотрофной составляющей в водоеме и смещении зоны максимального ее развития к устью р. Дон. В развитии микрозоопланктонного сообщества на фоне роста солености вод отмечено снижение качественных и количественных характеристик цилиатопланктона, наиболее выраженное в холодный период года. Результаты зимних исследований также продемонстрировали определяющее влияние характера зимы не только на интенсивность развития фитопланктона весной, но и на величину его биомассы летом. Многолетний мониторинг позволяет отметить некоторое «измельчение» и структурные изменения в сообществе гидробионтов: уменьшение роли микроводорослей за счет увеличения в 1,3 раза доли ультрафитопланктона в суммарной биомассе, а микрозоопланктонный комплекс массовых видов в основном состоит из видов мелкоразмерной группы. Вследствие процесса осолонения Азовского моря увеличилось количество случаев вселения и натурализации морских видов и расширение ареалов распространения этих видов. В пространственной структуре фитопланктона отмечено сужение ареалов пресноводно-солонатоводных видов и расширение ареалов морских. За последние 15 лет среди представителей фауны гидробионтов в Азовском море натурализовалось по три вида раковинных инфузорий тинтинид и полихет, существенно изменивших облик донных сообществ.

**Ключевые слова:** Азовское море, спутниковые снимки, первичная продукция, хлорофилл «а», фитопланктон, зоопланктон, цилиатопланктон, бентос, чужеродные виды

**RESULTS OF MARINE SCIENTIFIC RESEARCH OF THE  
SOUTHERN SCIENTIFIC CENTRE OF THE RUSSIAN ACADEMY  
OF SCIENCES (SSC RAS) IN THE SEA OF AZOV IN 2003–2018.  
PART 2: HYDROBIOLOGY**

**S. V. Berdnikov, A. V. Kleshchenkov, K. V. Kreneva, G. Yu. Glushchenko,  
L. V. Dashkevich, V. V. Kulygin, V. S. Gerasyuk, V. V. Saprygin, N. I. Bulysheva**

*Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,  
Rostov-on-Don, 344006, Russia  
E-mail: berdnikov@ssc-ras.ru*

**Abstract.** The article presents the results of hydrobiological studies of the Sea of Azov, conducted since 2003 by the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, using both classical hydrobiological methods and modern geoinformation technologies. Analysis of the interannual and seasonal variability of the hydrobiological community allowed to characterize modern features of two annually repeated peaks in the development of phytoplankton (spring and more intense summer-autumn ones). The results of measurements of chlorophyll  $\alpha$  concentration and primary production, and quantitative analysis of phytoplankton indicate a tendency for an increase in the autotrophic component in the water body and a shift of its maximum development zone to the mouth of the Don River. In the development of the microzooplankton community against the background of an increase in the water salinity, a decrease in the qualitative and quantitative characteristics of ciliate plankton was observed, most pronounced in the cold period of the year. The results of winter studies also demonstrated the decisive influence of the nature of winter not only on the intensity of phytoplankton development in spring, but also on the magnitude of its biomass in summer. Long-term monitoring makes it possible to note some “diminishment” and structural changes in the hydrobiont community: a decrease in the role of microalgae due to an increase of the share of ultraphytoplankton in its total biomass by 1.3 times, and the microzooplankton complex of common species mainly consisting of species of a small-sized group. As a result of the salinization process in the Sea of Azov, the number of cases of marine species invasion and naturalization and the expansion of the distribution areas of these species has increased. In the spatial structure of phytoplankton, narrowing of the ranges of fresh and brackish-water species and the expansion of the ranges of marine species are noted. For the last 15 years, among the representatives of the hydrobionts fauna, three types of shell ciliate infusoria tintinnids and three species of polychaetes, which significantly changed the composition of bottom communities, naturalized in the Sea of Azov.

**Keywords:** Sea of Azov, satellite images, primary production, chlorophyll  $\alpha$ , phytoplankton, zooplankton, ciliate plankton, benthos, alien species

## ВВЕДЕНИЕ

В нашей стране и за рубежом вопросы экосистемного подхода, заключающегося в комплексном рассмотрении изменений, происходящих на различных уровнях организации экосистемы, и используемого при изучении как геологических, гидрофизических, гидрохимических, так и биологических процессов, являются наиболее приоритетными в такой многодисциплинарной науке, как океанология. Познание особенностей взаимодействия и взаимосвязи явлений различной природы дает возможность с большим основанием прогнозировать и моделировать изменения в экосистемах морских водоемов, а также определять новые теоретические и прикладные задачи исследований

[1]. Этот подход вот уже более 15 лет реализуется в Южном научном центре Российской академии наук.

В морских экспедиционных исследованиях ЮНЦ РАН в 2008–2018 гг. особое внимание было обращено на изучение продукционных процессов. Выполнялись работы по измерениям *in situ* первичной продукции (ПП) и концентрации хлорофилла «а» (КХа) на разных горизонтах.

На основе полученных данных в 2009–2014 гг. выполнен цикл исследований, связанных с разработкой регионально-адаптированных к условиям Азовского моря алгоритмов дешифрирования спутниковых снимков MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) и MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), для построения полей

КХа в продуктивных и мутных водах (водах II типа) [2–5]. С учетом измерений ПП *in situ* предложена эмпирическая формула для ее расчета в зависимости от КХа в поверхностном слое [2]. Параллельные измерения ПП и КХа в ходе экспедиционных исследований позволили дать оценку сезонной изменчивости ассимиляционного числа (АЧ).

С 2008 г. в рамках морских научных исследований ЮНЦ РАН развивается направление непрерывной регистрации параметров водной среды: прежде всего температуры и электропроводности воды, а также флуоресценции хлорофилла «а». Изначально данная идея была реализована на НИС «Профессор Панов» [2, 6], а затем масштабирована на НИС «Денеб». В настоящее время здесь успешно функционирует приборный комплекс, состоящий из проточных термосоленографа SBE21 и флуориметра собственной разработки [7]. Этот комплекс позволяет с дискретностью 10 с фиксировать температуру, электропроводность и прижизненную флуоресценцию хлорофилла «а» в поверхностном слое воды.

После окончания срока работы спутниковой миссии MERIS разработанные подходы были применены для мультиспектральной системы HICO (Hyperspectral Imager for the Coastal Ocean) [8, 9]. В настоящее время завершено создание и полевая верификация алгоритма для спектрометра OLCI (Ocean and Land Colour Instrument), пришедшего на смену MERIS [10].

Другой большой блок работ посвящен гидробиологическим исследованиям Азовского моря: изучению видового состава, численности и биомассы зообентоса, фитопланктона, зоопланктона и микрозоопланктона, а также анализу межгодовой и сезонной изменчивости этих гидробионтов под воздействием природных и антропогенных факторов.

Целью этой статьи является краткое изложение некоторых обобщающих результатов, полученных в ЮНЦ РАН при гидробиологических исследованиях Азовского моря в 2003–2018 гг.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор и обработка гидробиологических проб проводились стандартными общепринятыми методами в соответствии с руководством [11].

Оценка КХа в поверхностном слое выполнялась по двухполосному алгоритму [4] с использованием снимков спектрометра MERIS, работавшего на спутнике ENVISAT в течение 2002–2012 гг. Для

обработки снимков спектрометра OLCI за 2016–2018 гг. применялся алгоритм [10].

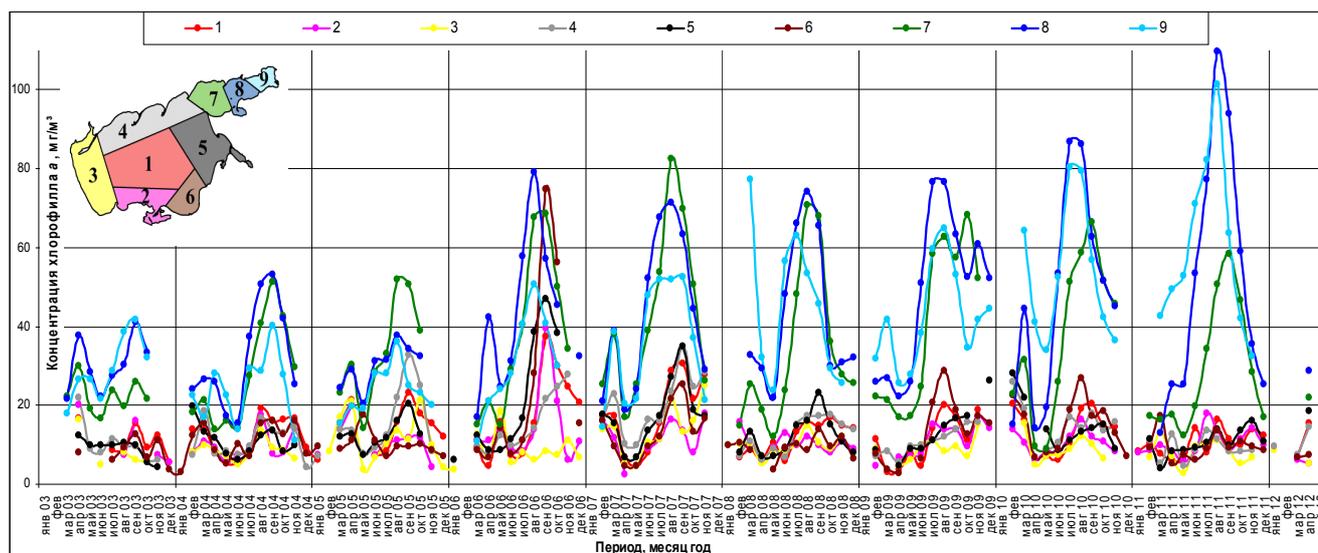
Для вычисления годовой ПП в Азовском море предложена математическая модель [12], основанная на величинах КХа и АЧ. С ее использованием выполнены расчеты ПП по данным снимков спектрометра MERIS за 2003–2011 гг. Следует отметить, что пока еще очень мало данных исследований в холодный сезон для того, чтобы давать состоятельные оценки доли ПП в общей годовой величине, а высокие значения облачности в регионе зимой и ледовый покров [13] не позволяют полноценно оценить по спутниковым снимкам зимнюю ПП водоема в целом. В связи с чем расчет ПП выполнялся для периода с марта по ноябрь.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Концентрация хлорофилла «а».** По данным спутниковых съемок КХа в акватории Азовского моря за 2003–2011 гг. были охарактеризованы два ежегодно повторяющихся пика в развитии фитопланктона: весенний и летне-осенний [14]. Их продолжительность и сроки наступления в зависимости от районов моря различны (рис. 1). По данным спутниковых наблюдений в Таганрогском заливе (ТЗ), а также в районе, прилегающем к входу в залив, весенний максимум продуцирования наблюдается обычно на месяц позже, чем в открытом море. Вероятно, это связано с более поздним прогревом поверхностного слоя и сходом льда в северной части Азовского моря. КХа в морских водах в разных районах начинает расти в феврале – начале апреля, после чего, по мере прогрева водной толщи и завершения развития ранневесеннего комплекса фитопланктона, достигает минимальных значений в конце апреля – июне. Второй пик развития фитопланктонного сообщества Азовского моря, связанный с бурным ростом теплолюбивых видов и цветением цианопрокариот, наблюдается в августе–сентябре практически одновременно в ТЗ и открытом море [14].

Распределение планктона по акватории, судя по снимкам, имеет пятнистую структуру, что соответствует результатам непрерывных измерений КХа флуориметрическим методом [6].

Зимний период в Азовском море характеризуется низкой биомассой фитопланктона [15]. Однако в отдельные годы ее величина в зимние месяцы превышает весенние значения, что подтверждается



**Рис. 1.** Сезонная изменчивость средних значений КХа по районам Азовского моря в 2003–2012 гг. (приводится по [5]). Номера линий 1–9 на рисунке соответствуют номерам районов Азовского моря, обозначенным на карте-врезке тем же цветом

**Fig. 1.** Seasonal variability of the average values of chlorophyll  $\alpha$  concentrations by the areas of the Sea of Azov in 2003–2012 (given by [5]). The numbers of lines 1–9 in the figure correspond to the numbers of areas of the Sea of Azov, indicated on the inset map in the same color

результатами экспедиций [16, 17] и данными спутниковых наблюдений (рис. 1).

Показательна зима 2009–2010 гг., на которую пришелся первый пик развития планктона в море. В теплую зиму в собственно море планктон может отвести до наступления весны, после чего весенней вспышки развития не произойдет (зима 2008–2009 гг.) или она будет слабо выражена (весна 2011 г.).

Можно отметить следующие феномены, характерные для рассматриваемого периода:

- 1) рост КХа в собственно море с пиком в 2006 г. и последующий ее спад;
- 2) тенденцию к повышению среднемесячных КХа в ТЗ и смещение весеннего пика на несколько недель к началу года, обусловленное, по-видимому, наблюдающимся потеплением моря [18];
- 3) смещение зоны максимальных КХа в ТЗ к устью р. Дон с 2007 г.

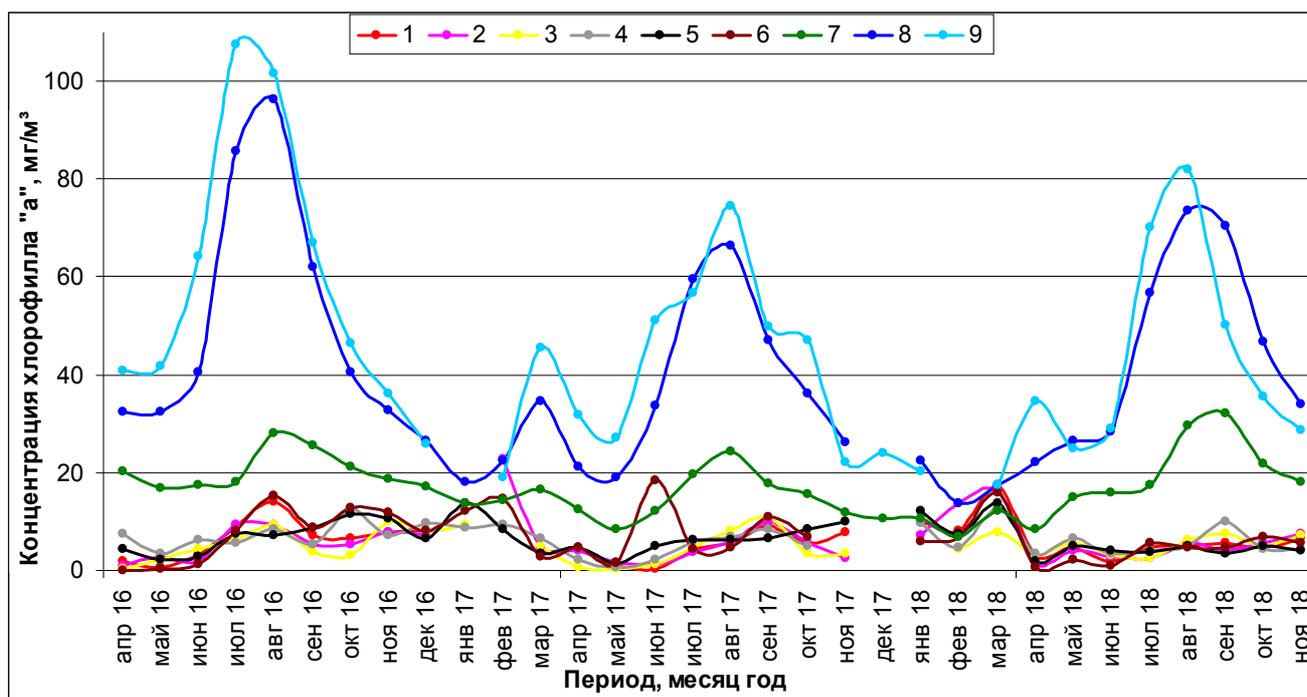
На основе спутниковых снимков сканера OLCI за период 2016–2018 гг. выявлены особенности пространственно-временного распределения КХа в Азовском море в этот период. Проведено сравнение вновь полученных данных с периодом, охваченным съемкой спутникового сканера MERIS 2002–2012 гг. Показано, что доминирование летне-осеннего периода развития фитопланктона над

весенним (как по продолжительности, так и по значениям КХа) остается характерным для акватории ТЗ (как и для периода 2002–2012 гг.). При этом в открытой части Азовского моря данная закономерность больше не наблюдается (рис. 2).

**Первичная продукция.** По данным спектрометра MERIS за 2003–2011 гг. были выполнены расчеты ПП в Азовском море.

Минимальные значения ПП за период март–ноябрь отмечаются в начале весны и в конце осени. Максимум первичного продуцирования в Азовском море в целом приходится на август (в отдельные годы в ТЗ он может смещаться на июль, а в открытом море — на сентябрь). Практически ежегодно в это время отмечается так называемое «цветение» моря, особенно выраженное в мелководном ТЗ.

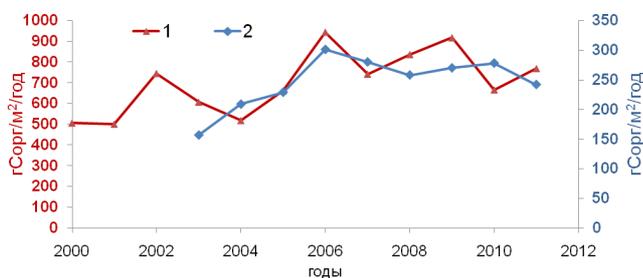
В многолетней динамике за 2003–2011 гг. наименее продуктивным как в ТЗ, так и в открытом море был 2003 г. с самым холодным весенне-летним периодом за последние 20 лет. Максимум годовой ПП в ТЗ пришелся на жаркий 2010 г. (до 110 гС/м<sup>2</sup>/месяц в июле). Наибольшая годовая ПП в открытом море была отмечена в 2006 г. (до 63 гС/м<sup>2</sup>/месяц в сентябре), когда была зарегистрирована минимальная соленость вод за рассматриваемое десятилетие, после чего с ростом солености моря, наблюдаемым до настоящего времени,



**Рис. 2.** Сезонная изменчивость средних значений КХа по районам Азовского моря в 2016–2018 гг. Обозначения см. на рис. 1

**Fig. 2.** Seasonal variability of the average values of chlorophyll  $\alpha$  concentrations by the areas of the Sea of Azov in 2016–2018. Designations see in Fig. 1

отмечается снижение среднегодовой ПП. В среднем за рассматриваемое десятилетие величина годовой ПП для ТЗ составила  $314 \text{ гС}/\text{м}^2/\text{год}$ , а для открытого моря —  $236 \text{ гС}/\text{м}^2/\text{год}$ . Распределение значений ПП для Азовского моря в целом по месяцам для периода 2003–2011 гг. представлено на рис. 3 и 4. Разница между годовыми значениями ПП, полученными разными методами (рис. 4), подробно обсуждается в работе [12].



**Рис. 3.** Годовые значения первичной продукции Азовского моря ( $\text{гС}_{\text{орг}}/\text{м}^2/\text{год}$ ): 1 — данные АзНИИРХ (левая ось, приведены по [19–22]), 2 — оценка по спутниковым снимкам (правая ось)

**Fig. 3.** Annual values of the primary production of the Sea of Azov ( $\text{gC}_{\text{org}}/\text{m}^2/\text{year}$ ): 1 — data from AzNIIRKH (left axis, given by [19–22]), 2 — estimate from satellite images (right axis)

**Фитопланктон.** Исследования планктонного альгоценоза Азовского моря ведутся сотрудниками ЮНЦ РАН с 2003 г. Получаемые результаты согласуются с выводами других исследователей данного водоема и свидетельствуют об изменении в последние годы пространственной структуры фитопланктона в сторону сужения ареалов пресноводно-солонатоводных видов и расширения ареалов морских представителей, о смещении зоны максимального развития микроводорослей в восточный район Таганрогского залива, особенно в летне-осенний период, за счет мощных цветений цианопрокариот, в то время как в собственно море они практически выпали из планктона [23–26].

Помимо изучения динамики фитопланктона и видового разнообразия в весенне-осенний период [16, 27, 28], одним из направлений стало изучение планктонных водорослей открытой части Азовского моря зимой, начатое сотрудниками АФ ММБИ КНЦ РАН в феврале 2003 г. [29, 30] и продолженное ЮНЦ РАН [23, 31–35]. В результате данных исследований выявлено, что зимний альгоценоз Таганрогского залива и Азовского моря характеризуется типично зимними показателями, свойственными шельфовым морям России, а характер зимы не только определяет интенсивность развития

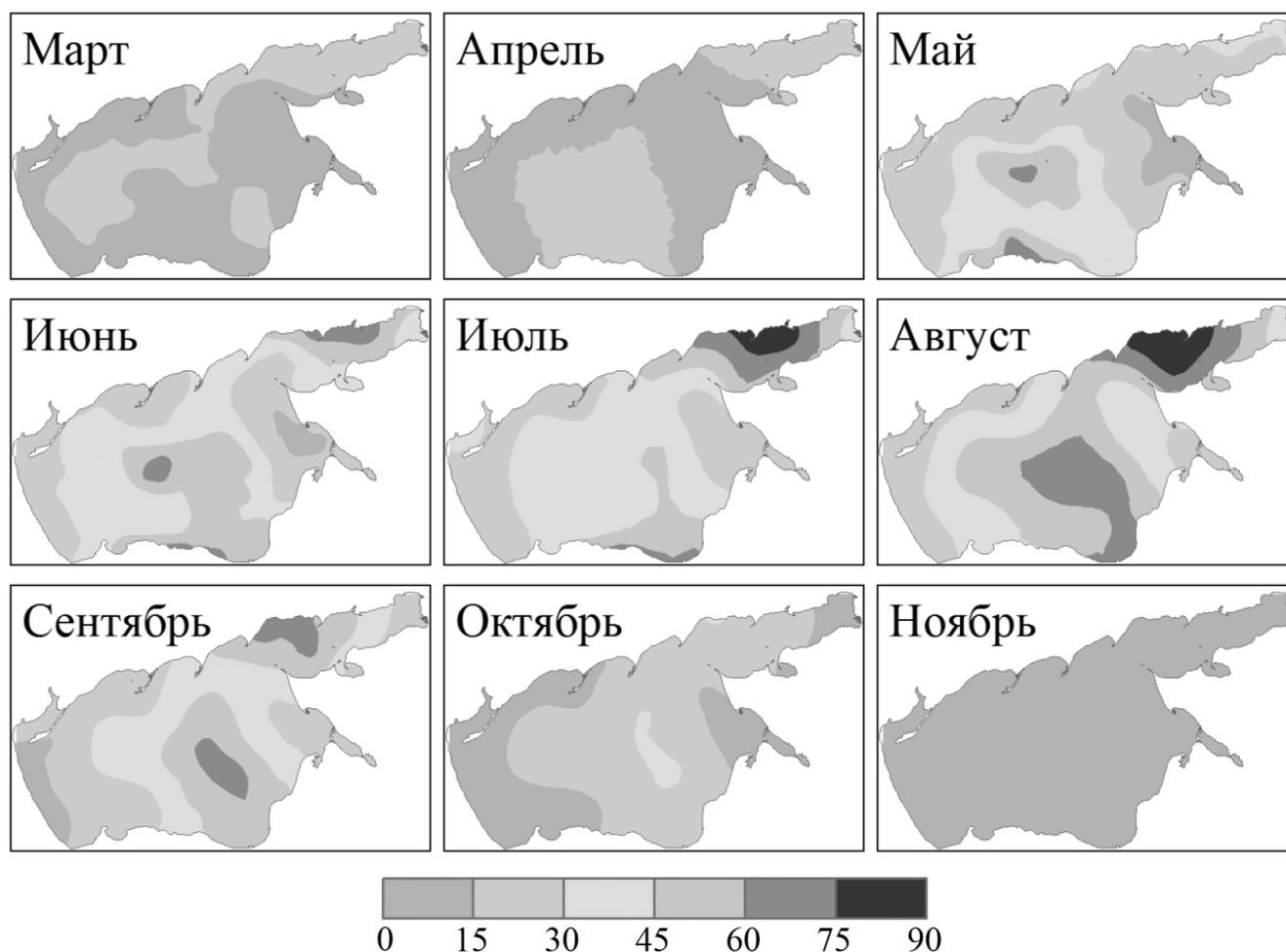


Рис. 4. Распределение первичной продукции ( $\text{gC}/\text{m}^2/\text{месяц}$ ) по сезонам по данным MERIS

Fig. 4. Distribution of primary production ( $\text{gC}/\text{m}^2/\text{month}$ ) by seasons according to MERIS

фитопланктона весной, но и влияет на величину биомассы летом [29, 30, 36]. Кроме того, в ходе зимних исследований ЮНЦ РАН впервые было описано цветение льда в восточной части Таганрогского залива, вызванное массовым развитием диатомовой водоросли *Stephanodiscus hantzschii* Grunow [31].

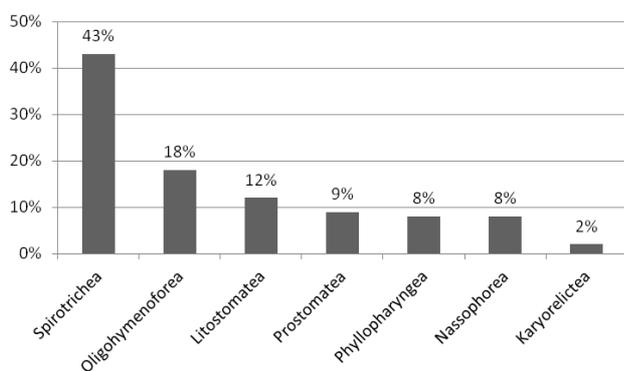
С 2007 г. ЮНЦ РАН начаты исследования ультрафитопланктона Азовского моря (размер пиководорослей 0,201502 мкм; нано- — от 2–10 до 20 мкм) [37], который может формировать до 59–69 % первичной продукции и общей биомассы фитопланктона [38, 39]. Установлено, что мелко-клеточные водоросли (ультрапланктон) Таганрогского залива Азовского моря в основном представлены отделами Bacillariophyta, Chlorophyta и Cyanoprokaryota и в среднем составляли: нанофрагция — до 21,5 %, пикофрагция — 8,2 % от общей биомассы фитопланктона [40, 41]. В пространственном распределении фитопланктона отмечено

увеличение вклада в суммарную биомассу водорослей микрофракции ( $\geq 20$  мкм) и снижение доли ультрапланктона по мере увеличения солености от устья р. Дон до западного района ТЗ. По данным экспедиционных исследований 2016–2018 гг., наблюдается уменьшение роли микроводорослей в суммарной биомассе за счет увеличения в 1,3 раза доли мелкоклеточных водорослей (ультрапланктона).

**Микрозоопланктон. Инфузории.** На настоящий момент на акватории Азовского моря идентифицирована 91 форма инфузорий (78 из которых определены до вида), представленных 57 родами, относящимися к 7 классам. Из них 72 формы (59 из них определены до вида) приводятся для Азовского моря впервые. По количеству обнаруженных видов классы распределены неравномерно. Наиболее разнообразно в Азовском море представлен класс спиротрихид. Представители семейств Halteriidae и Tintinniidae, принадлежащих к этому классу, по

литературным данным [42], являются одними из самых распространенных представителей морского микрозоопланктона (рис. 5). Класс кариореликtid представлен в этом списке всего двумя видами вследствие того, что представители этого класса относятся к группе бентосных инфузорий и в планктоне встречаются довольно редко.

По размерным характеристикам большинство видов, обнаруженных на акватории Азовского моря, относятся к среднему размерному классу (рис. 6А). Однако следует учитывать, что комплекс массовых видов в Азовском море в основном состоит из видов «мелкой» размерной группы. Поэтому, если



**Рис. 5.** Структура сообщества планктонных инфузорий Азовского моря (по количеству видов)

**Fig. 5.** Community structure of planktonic infusoria of the Sea of Azov (by number of species)



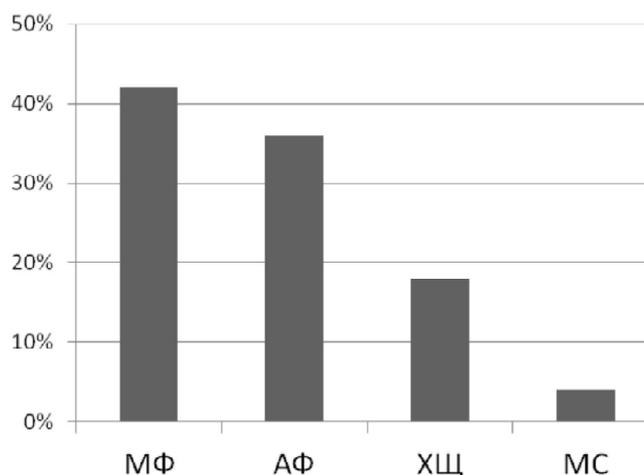
**А**

провести пересчет на численность видов, доминирующей оказывается «мелкая» размерная группа. Подобная картина наблюдалась П.Я. Лаврентьевым [43] в субарктических тундровых озерах, испытывающих антропогенное воздействие.

По трофической специализации в Азовском море, как и в Черном, можно выделить четыре основные группы [44]. Это микрофаги, основой питания которых является бактериопланктон, детрит, растворенные (РОВ) и взвешенные органические вещества (ВОВ); альгофаги, питающиеся различными микроводорослями; хищники, которые потребляют других инфузорий и мелких коловраток, и миксотрофы, содержащие фотоэндосимбионты. Наиболее обширной группой по количеству видов в Азовском море являются микрофаги (рис. 6Б). По полученным данным, их доля в структуре сообщества составляет 42 % [45]. Доля альгофагов в структуре сообщества лишь немногим меньше — 36 %.

В последние десятилетия увеличилось число находок чужеродных видов на акватории Азовского моря, так как процесс его осолонения расширяет возможности для вселения и натурализации морских видов.

На сегодняшний день тинтиниды являются одной из наиболее изученных групп морских инфузорий. Наличие раковинки, не разрушающейся в формалине, и относительно крупные размеры позволяют учитывать эти организмы не только в



**Б**

**Рис. 6.** Среднегодовое распределение сообщества инфузорий Азовского моря за 2001–2017 гг.: А — по размерным группам; Б — по трофической специализации: МФ — микрофаги, АФ — альгофаги, ХЩ — хищники, МС — миксотрофы

**Fig. 6.** The average annual distribution of the infusoria community of the Sea of Azov for 2001–2017: А — by size groups; Б — by trophic specialization: МФ — microphages, АФ — algophages, ХЩ — predators, МС — mixotrophs

пробах микропланктона, но и в сетных пробах мезозoopланктона [46].

В результате исследований ЮНЦ РАН в Азовском море было обнаружено 11 видов тинтинид, 9 из которых относятся к сем. Codonellidae рода *Tintinnopsis* Stein, 1867 и 2 — к сем. Tintinnidae рода *Eutintinnus* Kofoid & Campbell, 1939.

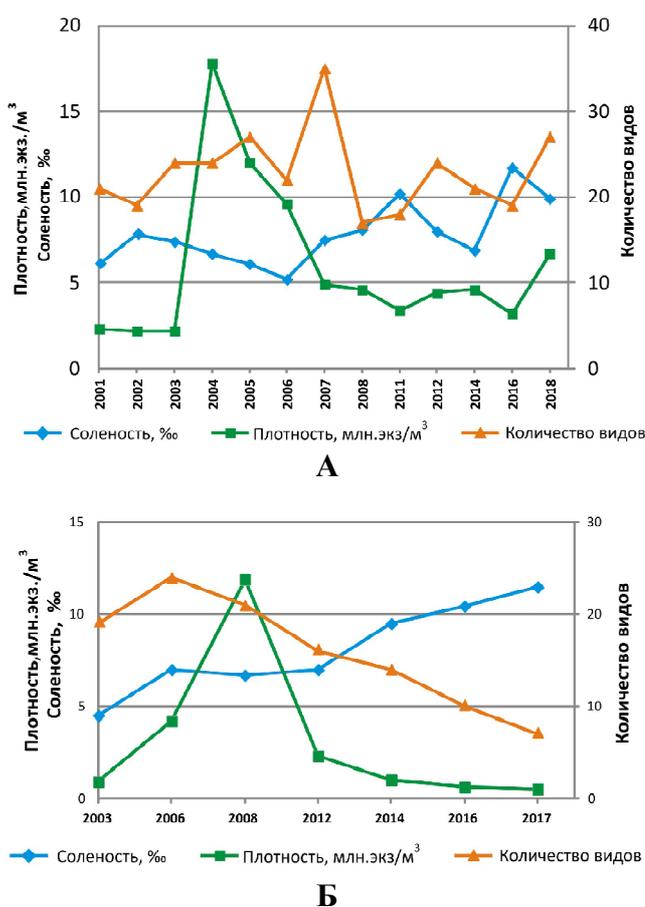
Мониторинговые исследования цилиатофауны Азовского моря за 2014–2015 гг. показали, что два новых для региона вида раковинных инфузорий *Tintinnopsis tocaninensis* Kofoid & Campbell, 1929 и *Eutintinnus pectinis* (Kofoid & Campbell, 1929), обнаруженных на акватории моря в 2011 г., закрепились и заняли свою экологическую нишу в фауне тинтинид. Оба вида систематически встречались в пробах микрозоопланктона в летне-осенний период 2014–2015 гг. Динамика плотности популяций этих видов выровнялась и установилась в пределах амплитуды колебаний плотности других видов группы тинтинид: от 0,2 до 0,7 млн. экз./м<sup>3</sup>.

Таким образом, включая вид *Eutintinnus lusundae* (Entz, 1884), обнаруженный на акватории Азовского моря в 2002 г., за последние 15 лет здесь натурализовалось три вида раковинных инфузорий тинтинид [47].

На фоне роста солености наблюдаются значительные изменения в структуре сообщества инфузорий ТЗ. Повышение солености ТЗ в маловодный период, начавшийся в 2007 г., привело к снижению качественных и количественных характеристик цилиатопланктона (рис. 7А). Снижение плотности и видового обилия инфузорий при повышении минерализации наиболее выражено в холодный период года.

**Зообентос.** Существенные изменения в сообществах зообентоса Азовского моря, и в первую очередь ТЗ, произошли благодаря вселению чужеродных видов полихет (*Laonome xeprovala* Bick & Bastrop, in Bick et al., 2018, *Marenzelleria neglecta* Sikorski & Bick, 2004, *Streblospio gynobranchiata* Rice & Levin, 1998) в 2013–2015 гг. Все три вида натурализовались и существенно изменили облик донных сообществ. На рис. 8 показано распределение видов в ТЗ.

Вид *Laonome xeprovala* был впервые отмечен в дельте р. Дон и восточной части ТЗ весной 2013 г. и первоначально был ошибочно определен как *Aracia* sp. [48], затем как *Laonome calida* Sara, 2007 [49]. Дальнейшие исследования позволили установить,



**Рис. 7.** Многолетняя динамика количественных характеристик сообщества цилиатопланктона Таганрогского залива (А — в теплый период года, Б — в холодный период года)

**Fig. 7.** Long-term dynamics of quantitative characteristics of the ciliate plankton community of the Taganrog Bay (A — in the warm period of the year, Б — in the cold period of the year)

что эти полихеты относятся к еще не описанному виду *L. xeprovala* [50].

Вид *Marenzelleria neglecta*, впервые отмеченный весной 2014 г. [51], уже через год стал одним из основных доминантов в Таганрогском заливе, а к 2017 г. его уже отмечали в Керченском проливе и опресненных районах Черного моря (Голубая бухта) [52]. К настоящему моменту это наиболее характерный вид в ТЗ (в восточной и центральной части встречаемость 90–100 % в разных съемках), занимающий в сообществах место субдоминанта и доминанта вплоть до моновидовых сообществ.

*Streblospio gynobranchiata* вселился в 2015 г. [53] и в настоящее время является характерным элементом сообществ центральной части залива, однако при высокой численности не дает значительной биомассы.

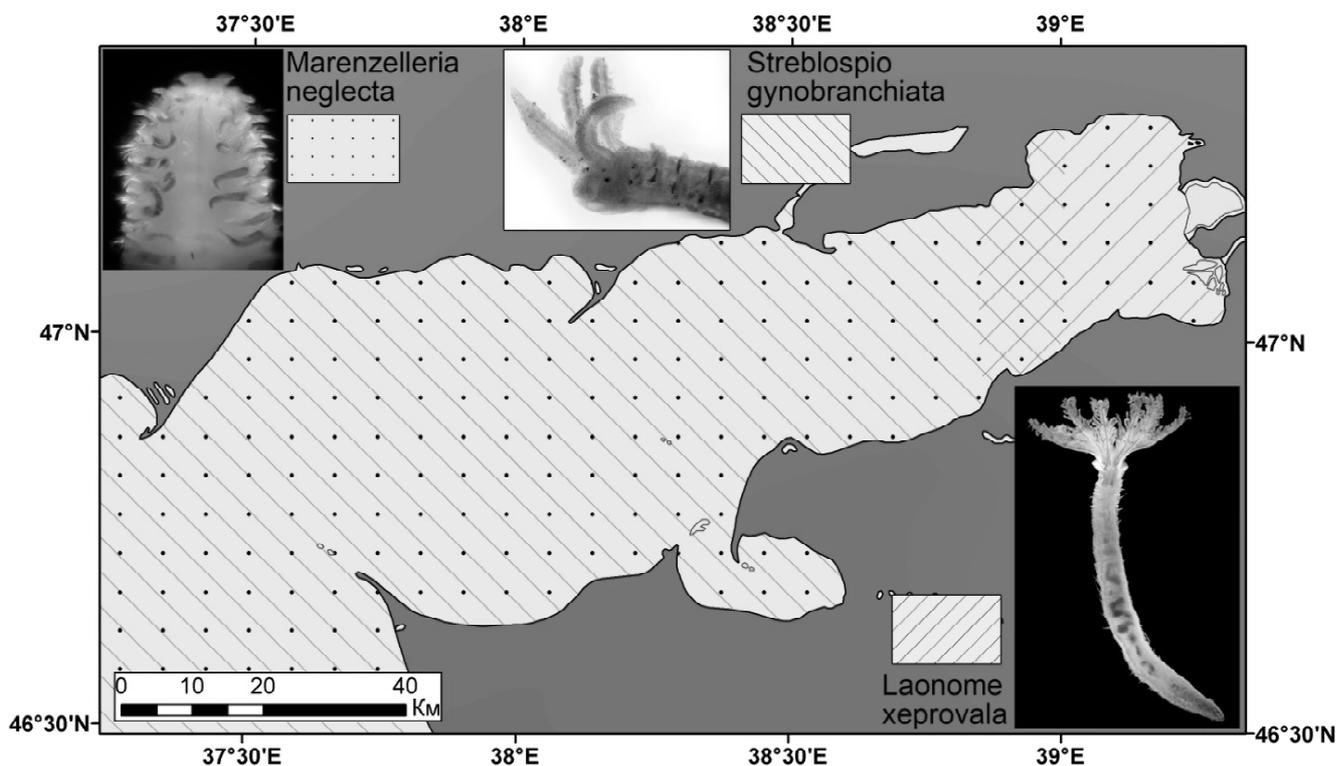


Рис. 8. Распространение чужеродных видов полихет в Таганрогском заливе

Fig. 8. Spatial distribution of alien polychaete species in the Taganrog Bay

К концу лета 2017 г. вид *L. xeprovala*, до этого занимавший скромное место в донных сообществах ТЗ, достиг высокой численности и биомассы. На части станций сформировалось сообщество с доминированием *M. neglecta* и *L. xeprovala*. Одновременно вид *L. xeprovala* начал продвигаться вверх по р. Дон. В сентябре 2017 г. лаономе были отмечены в устье р. Маныч. К ноябрю этот вид был обнаружен уже на половине станций по Дону до ст. Багаевской, в 2018 г. распространился до Кочетовского шлюза. Предположительно, вспышка численности *L. xeprovala* в ТЗ обусловлена изменениями условий в донных биотопах, инициированными *M. neglecta* (рядом авторов показано, что в районах массового развития маренцеллерии улучшается кислородный режим, увеличивается толщина окисленного слоя, изменяется соотношение фосфора и азота [54, 55]). Увеличение пула личинок, в свою очередь, могло стать причиной начала продвижения вселенцев вверх по р. Дон.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ результатов морских научных исследований ЮНЦ РАН в Азовском море в 2003–2018 гг. показал следующее:

- Зафиксированные изменения в распределении концентраций хлорофилла «а» и ПП свидетельствуют о достаточно интенсивном отклике нижних звеньев трофической пирамиды на трансформацию природных условий.
- На фоне климатообусловленных процессов перестройки сообществ фитопланктона и микрозоопланктона (в результате колебаний объемов речного стока и, как следствие, изменения солености) не теряет своей актуальности проблема вселения чужеродных видов в Азовское море.
- Процесс повышения солености Азовского моря в маловодные годы расширяет возможности для вселения и натурализации морских видов фитопланктона, микрозоопланктона и зообентоса. Это ведет к изменению облика биоты Азовского моря, и особенно ТЗ, за счет перестройки сообществ. Подобные процессы могут привести как к повышению, так и к резкому уменьшению устойчивости экосистемы. Все это диктует необходимость продолжения комплексных исследований Азовского моря для лучшего понимания закономерностей экосистемных изменений с целью рационального природополь-

зования и сохранения высокого качества окружающей природной среды для будущих поколений.

Исследование выполнено в рамках ПФИ Президиума РАН №20 «Новые вызовы климатической системы Земли» (№ гр. проекта АААА-А18-118011990307-8) и в рамках реализации темы «Морские биогеосистемы юга России и их водосборы в условиях аридного климата, хозяйственного освоения и современных геополитических вызовов» (ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта АААА-А18-118122790121-5).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Среда, биота и моделирование экологических процессов в Азовском море / Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. 413 с.
2. Матишов Г.Г., Поважный В.В., Бердников С.В., Мозес В.Дж., Гителсон А.А. Оценки концентрации хлорофилла  $\alpha$  и первичной продукции в Азовском море с использованием спутниковых данных // Доклады академии наук. 2010. Т. 432, № 4. С. 563–566.
3. Moses W.J., Gitelson A.A., Berdnikov S.V., Povazhnyy V.V. Estimation of chlorophyll- $\alpha$  concentration in case II waters using MODIS and MERIS data-successes and challenges // Environmental Research Letters. 2009. Vol. 4, no. 4. Pp. 1–8. doi: 10.1088/1748-9326/4/4/045005.
4. Moses W.J., Gitelson A.A., Berdnikov S.V., Povazhnyy V.V. Satellite estimation of chlorophyll- $\alpha$  concentration using the red and NIR bands of MERIS — The Azov Sea case study // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. 2009. Vol. 6, issue 4. Pp. 845–849. doi: 10.1109/LGRS.2009.2026657.
5. Бердников С.В., Сапрыгин В.В., Кулыгин В.В. Пространственное распределение и сезонная динамика концентрации хлорофилла  $\alpha$  в 2002–2012 гг. (по данным спутниковых снимков сканера MERIS) // Геоинформационные технологии и космический мониторинг : матер. Всерос. объединенной конф. «Экология. Экономика. Информатика» (г. Ростов-на-Дону, 7–12 сентября 2014 г.). Ростов-н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2014. Т. 2. С. 39–45.
6. Шавыкин А.А., Бердников С.В., Сапрыгин В.В., Вербицкий Р.Е. Непрерывные измерения океанологических параметров в приповерхностном слое Таганрогского залива. 1. Определение хлорофилла  $\alpha$  флуориметрическим методом // Вестник Южного научного центра РАН. 2010. Т. 6, № 3. С. 39–48.
7. Пляка П.С., Поважный В.В., Валов Г.В. Автономные флуориметрические комплексы контроля параметров водной среды // Системы контроля окружающей среды — 2017 : тезисы докл. Межд. науч.-техн. конф. (г. Севастополь, 6–9 ноября 2017 г.). Севастополь: Изд-во Института природно-технических систем, 2017. С. 29.
8. Gitelson A.A., Gao B.-C., Li R.-R., Berdnikov S.V., Saprygin V.V. Estimation of chlorophyll- $\alpha$  concentration in productive turbid waters using a Hyperspectral Imager for the Coastal Ocean — the Azov Sea case study // Environmental Research Letters. 2011. Vol. 6, issue 2. 024023. doi: 10.1088/1748-9326/6/2/024023.
9. Moses W.J., Gitelson A.A., Berdnikov S.V., Bowles J.H., Povazhnyy V.V., Saprygin V.V., Wagner E.J., Patterson K.W. HICO-based NIR-red models for estimating chlorophyll- $\alpha$  concentration in productive coastal waters // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. 2014. Vol. 11, issue 6. Pp. 1111–1115. doi: 10.1109/LGRS.2013.2287458.
10. Moses W.J., Saprygin V.V., Gerasjuk V.S., Povazhnyy V.V., Berdnikov S.V., Gitelson A.A. OLCI-based NIR-red models for estimating chlorophyll- $\alpha$  concentration in productive coastal waters — a preliminary evaluation // Environmental Research Letters. 2019. Vol. 1. 011002. doi: 10.1088/2515-7620/aaf53c.
11. Руководство по методам биологического анализа морских вод и донных отложений / Под ред. А.В. Цыбань. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 191 с.
12. Бердников С.В., Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В., Поважный В.В. Оценка первичной продукции Азовского моря по данным дистанционного зондирования // Наука Юга России. 2018. Т. 14, № 2. С. 55–65. doi: 10.23885/2500-0640-2018-14-2-55-65.
13. Дашкевич Л.В., Немцева Л.Д., Бердников С.В. Оценка ледовитости Азовского моря в XXI веке по спутниковым снимкам Terra/Aqua MODIS и результатам математического моделирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13, № 5. С. 91–100.
14. Сапрыгин В.В., Бердников С.В., Кулыгин В.В., Дашкевич Л.В., Местецкий Л.М. Пространственное распределение и сезонная динамика концентрации хлорофилла «а» в Азовском море по данным спутниковых снимков спектрометра MERIS // Океанология. 2018. Т. 58, № 5. С. 751–762. doi: 10.1134/S0030157418050131.
15. Студеникина Е.И., Алдакимова А.Я., Губина Г.С. Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий / Под ред. Э.В. Макарова. Ростов-н/Д.: Эверест, 1999. 175 с.
16. Ковалева Г.В. Фитопланктон Азовского моря и прилегающих водоемов // Азовское море в конце XX — начале XXI веков: геоморфология, осадконакопление, пелагические сообщества. Т. 10 / Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 134–224.
17. Теренько Г.В., Грандова М.А. Современное состояние фитопланктонного сообщества Украинского сектора Азовского моря в декабре 2009 г. // Наукові

- записки Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка. Серія: Біологія. 2010. № 3 (44). С. 275–277.
18. Гинзбург А.И., Костяной А.Г., Шеремет Н.А. Черное и Азовское моря: сравнительный анализ изменчивости температуры поверхности (1982–2009 гг., спутниковая информация) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8, №. 4. С. 209–218.
  19. Александрова З.В. Закономерности изменений химических основ биопродуктивности Азовского моря в 2008–2009 гг. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна : сб. науч. тр. (2008–2009) АЗНИИРХ. Ростов-н/Д.: Изд-во АЗНИИРХ, 2011. С. 11–28.
  20. Александрова З.В. Многолетняя изменчивость кислородного режима и содержания биогенных веществ в Азовском море // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна : сб. науч. тр. (2010–2011) АЗНИИРХ. Ростов-н/Д.: Изд-во АЗНИИРХ, 2012. С. 18–35.
  21. Александрова З.В., Баскакова Т.Е., Шевцова Е.А., Долженко С.В. Основные закономерности развития гипоксии в придонном слое Азовского моря и ее экологические последствия для гидробионтов // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна : сб. науч. тр. (2012–2013) АЗНИИРХ. Ростов-н/Д.: Изд-во АЗНИИРХ, 2014. С. 11–32.
  22. Александрова З.В., Ромова М.Г., Баскакова Т.Е. Влияние климатических факторов на изменение химических основ биопродуктивности Азовского моря в 2006–2007 гг. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна : сб. науч. тр. (2006–2007) АЗНИИРХ. Ростов-н/Д.: Изд-во АЗНИИРХ, 2008. С. 82–91.
  23. Ковалева Г.В. Микроводоросли бентоса, перифитона и планктона прибрежной части Азовского моря : автореф. дис. канд. биол. наук. СПб: Изд-во СПбГУ, 2006. 18 с.
  24. Сафронова Л.М. Основные тенденции развития фитопланктона Азовского моря в условиях современного осолонения // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна : сб. науч. тр. (2012–2013) АЗНИИРХ. Ростов-н/Д.: Изд-во АЗНИИРХ, 2015. С. 216–228.
  25. Студеникина Е.И., Мирзоян З.А., Сафронова Л.М., Фроленко Л.Н., Мартынюк М.Л., Марушко Е.А., Толоконникова Л.И. Характеристика биологических сообществ Азовского моря по результатам исследований 2010–2011 гг. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна : сб. науч. тр. (2010–2011) АЗНИИРХ. Ростов-н/Д.: Изд-во АЗНИИРХ, 2012. С. 253–271.
  26. Лужняк О.Л., Глущенко Г.Ю. Сезонная динамика фитопланктона Таганрогского залива в 2010 г. // Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна / Под ред. Д.Г. Матишова. Ростов-н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. С. 124–131.
  27. Матишов Г.Г., Ковалева Г.В., Ясакова О.Н. Аномальное осолонение в Таганрогском эстуарии и дельте Дона // Наука Юга России. 2016. Т. 12, № 1. С. 43–50.
  28. Экологический атлас Азовского моря / Под ред. Г.Г. Матишова, Н.И. Голубевой, В.В. Сорокиной. Ростов-н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. 328 с.
  29. Макаревич П.Р., Ларионов В.В. Сезонная сукцессия фитопланктонного сообщества Таганрогского залива // Комплексный мониторинг среды и биоты Азовского бассейна. Т. 6 / Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2004. С. 106–128.
  30. Макаревич П.Р., Ларионов В.В., Кренева К.В. Фитопланктонное сообщество Таганрогского залива Азовского моря в зимний период // Экология моря. 2006. Вып. 71. С. 73–78.
  31. Ковалева Г.В., Золотарева А.Е. «Цветение» льда в Таганрогском заливе (Азовское море) в результате развития диатомовой водоросли *Stephanodiscus hantzschii* Grunow // Геоинформационные технологии и космический мониторинг : матер. Всерос. объединенной конф. «Экология. Экономика. Информатика» (г. Ростов-на-Дону, 7–12 сентября 2014 г.). Ростов-н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2014. Т. 2. С. 93–101.
  32. Ковалева Г.В., Поважный В.В., Золотарева А.Е., Макаревич П.Р., Матишов Д.Г. Ледовое сообщество микроводорослей в Таганрогском заливе Азовского моря // Океанология. 2014. Т. 54, № 5. С. 659–664.
  33. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В., Лебедева Н.В., Инжебейкин Ю.И., Поважный В.В., Кренева К.В., Ковалева Г.В., Соьер В.Г., Савицкий Р.М., Калинин Б.Д., Липкович А.Д. Комплексные экосистемные исследования Азовского моря в зимний период (2003–2006 гг.) // Ледокольные экспедиции и береговые наблюдения. Ростов-н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. 100 с.
  34. Матишов Г.Г., Степаньян О.В., Поважный В.В., Ковалева Г.В., Кренева К.В. Функционирование экосистемы Азовского моря в зимний период // Доклады Академии наук. 2007. Т. 413, № 1. С. 112–115.
  35. Матишов Г.Г., Степаньян О.В., Ковалева Г.В., Поважный В.В., Кренева К.В. Особенности структуры пелагического сообщества Азовского моря в условиях аномально холодной зимы 2005–2006 гг. // Вестник Южного научного центра РАН. 2012. Т. 8, № 4. С. 66–75.
  36. Лужняк О.Л. Развитие фитопланктона Таганрогского залива в весенне-летний период после исключи-

- тельно теплой зимы 2006/2007 г. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2011. № 1 (161). С. 67–71.
37. Атлас климатических изменений в больших морских экосистемах Северного полушария (1878–2013) / Под ред. Г.Г. Матишова, С.В. Бердникова, А.П. Жичкина, П.Р. Макаревича, С.Л. Дженюка, В.В. Кулыгина, Н.А. Яицкой, В.В. Поважного, И.В. Швердяева, И.А. Третьяковой, А.Е. Цыганковой. Ростов-н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2014. 256 с.
  38. Михеева Т.М. Проблемы изучения фитопланктона: нанофитопланктон (дефиниция, фракционирование и значимость в первичной продукции). Обзор // Гидробиологический журнал. 1988. Т. 24, № 4. С. 3–21.
  39. Azam F., Fenchel T., Field J.G., Gray J.S., Meyer-Reil L.A., Thingstad F. The ecological role of water-column microbes in the sea // *Marine Ecology — Progress Series*. 1983. Vol. 10. Pp. 257–263.
  40. Глущенко Г.Ю. Количественные характеристики ультрафитопланктона Азовского моря в современный период // Вестник Южного научного центра РАН. 2012. Т. 8, № 1. С. 54–59.
  41. Глущенко Г.Ю., Лужняк О.Л. Роль водорослей разных размерных фракций в общей биомассе фитопланктона Таганрогского залива // Вестник Южного научного центра РАН. 2013. Т. 9, № 1. С. 42–52.
  42. Заика В.Е., Морякова В.К., Островская Н.А., Цалкина А.В. Распределение морского микрозоопланктона. К.: Наукова думка, 1976. 96 с.
  43. Лаврентьев П.Я. Сообщества инфузорий субарктических тундровых озер. Особенности структуры и развития, роль в экосистеме и реакция на антропогенное воздействие : автореф. дис. канд. биол. наук. СПб, 1991. 21 с.
  44. Курилов А.В. Инфузории планктона прибрежной зоны и лиманов северо-западной части Черного моря : автореф. дис. канд. биол. наук. Севастополь, 2005. 23 с.
  45. Кренева К.В. Характеристика сообщества микрозоопланктона Азовского моря в зимний период // Комплексный мониторинг среды и биоты Азовского бассейна. Т. 6 / Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2004. С. 136–141.
  46. Кренева К.В. Влияние солености на распределение тинтинид Азовского моря // Комплексные гидробиологические базы данных: ресурсы, технологии и использование : матер. IV Всерос. школы по морской биологии. Адаптации гидробионтов : матер. междунар. науч. школы (г. Азов, 10 октября 2005 г.) / Под ред. Г.Г. Матишова. Ростов-н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2005. 252 с.
  47. Кренева К.В. *Eutintinnus lususundae* (Entz, 1885) — вид раковинных инфузорий, новый для фауны Азовского моря // Эволюция морских экосистем под влиянием вселенцев и искусственной смертности фауны : тезисы докл. Междунар. конф. (г. Азов, 15–18 июня 2003 г.). Ростов-н/Д.: Изд-во ММБИ КНЦ РАН, 2003. С. 20–21.
  48. Семин В.Л., Коваленко Е.П., Савикин А.И. *Aracia* sp. (Polychaeta: Sabellidae) из дельты р. Дон // Российский журнал биологических инвазий. 2014. Т. 7, № 4. С. 97–101.
  49. Болтачева Н.А., Лисицкая Е.В., Фроленко Л.Н., Ковалев Е.А., Барабашин Т.О. Обнаружение полихеты *Laonome calida* Capa, 2007 (Annelida: Sabellidae) в юго-восточной части Азовского моря // Российский журнал биологических инвазий. 2017. Т. 10, № 3. С. 6–11.
  50. Bick A., Bastrop R., Kotta J., Meißner K., Meyer M., Syomin V. Description of a new species of Sabellidae (Polychaeta, Annelida) from fresh and brackish waters in Europe, with some remarks on the branchial crown of *Laonome* // *Zootaxa*. 2018. Vol. 4483, issue 2. Pp. 349–364. doi: 10.11646/zootaxa.4483.2.7.
  51. Семин В.Л., Сикорский А.В., Коваленко Е.П., Булышева Н.И. Вселение рода *Marenzelleria* Mesnil (Polychaeta: Spionidae) в дельту Дона и Таганрогский залив // Российский журнал биологических инвазий. 2016. Т. 9, № 1. С. 109–120.
  52. Syomin V., Sikorski A., Bastrop R., Köhler N., Stradomsky B., Fomina E., Matishov D. Invasion of the genus *Marenzelleria* (Polychaeta: Spionidae) into the Don River mouth and the Taganrog Bay: morphological and genetic study // *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2017. Vol. 97, special issue 5. Pp. 975–984. doi: 10.1017/S0025315417001114.
  53. Семин В.Л., Сикорский А.В., Савикин А.И. *Streblospio* cf. *gynobranchiata* (Polychaeta, Spionidae) из восточной части Таганрогского залива // Зоологический журнал. 2017. Т. 96, № 1. С. 119–120. doi: 10.7868/S0044513417010160.
  54. Norkko J., Reed D.C., Timmermann K., Norkko A., Gustafsson B.G., Bonsdorff E., Slomp C.P., Carstensen J., Conley D.J. A welcome can of worms? Hypoxia mitigation by an invasive species // *Global Change Biology*. 2012. Vol. 18, issue 2. Pp. 422–434. doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02513.x.
  55. Максимов А.А., Еремина Т.Р., Ланге Е.К., Литвинчук Л.Ф., Максимова О.Б. Режимная перестройка экосистемы восточной части Финского залива вследствие инвазии полихет *Marenzelleria arctica* // *Океанология*. 2014. Т. 54, № 1. С. 52–59. doi: 10.7868/S0030157413060063.

## REFERENCES

1. Sreda, biota i modelirovanie ekologicheskikh protsessov v Azovskom more [Environment, biota and modelling of ecological processes in the Azov Sea]. G.G. Matishov.

- (Ed.). Apatity: Kol'skiy nauchnyy tsentr RAN [Kola Science Centre of the RAS] Publ., 2001, 413 p. (In Russian).
2. Matishov G.G., Povazhnyy V.V., Berdnikov S.V., Moses W.J., Gitelson A.A. Otsenki kontsentratsii khlorofilla  $\alpha$  i pervichnoy produktsii v Azovskom more s ispol'zovaniem sputnikovykh dannykh [Satellite estimation of chlorophyll- $\alpha$  concentration and phytoplankton primary production in the Sea of Azov]. *Doklady akademii nauk [Reports of the Russian Academy of Sciences]*, 2010, vol. 432, no. 4, pp. 563–566. (In Russian).
  3. Moses W.J., Gitelson A.A., Berdnikov S.V., Povazhnyy V.V. Estimation of chlorophyll- $\alpha$  concentration in case II waters using MODIS and MERIS data—successes and challenges. *Environmental Research Letters*, 2009, vol. 4, no. 4, pp. 1–8. doi: 10.1088/1748-9326/4/4/045005.
  4. Moses W.J., Gitelson A.A., Berdnikov S.V., Povazhnyy V.V. Satellite estimation of chlorophyll- $\alpha$  concentration using the red and NIR bands of MERIS—The Azov Sea case study. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 2009, vol. 6, issue 4, pp. 845–849. doi: 10.1109/LGRS.2009.2026657.
  5. Berdnikov S.V., Saprygin V.V., Kulygin V.V. Prostranstvennoe raspredelenie i sezonnaya dinamika kontsentratsii khlorofilla  $\alpha$  v 2002–2012 gg. (po dannym sputnikovykh snimkov skanera MERIS) [Spatial distribution and seasonal dynamics of the chlorophyll  $\alpha$  concentration in 2002–2012 (based on MERIS satellite images)]. In: *Geoinformatsionnye tekhnologii i kosmicheskii monitoring : materialy Vserossiyskoy ob"edinennoy konferentsii "Ekologiya. Ekonomika. Informatika" (g. Rostov-na-Donu, 7–12 sentyabrya 2014 g.) [Geoinformation technologies and space monitoring. Proceedings of the All-Russian Joint Conference "Ecology. Economy. Informatics" (Rostov-on-Don, 7–12 September, 2014)]*. Rostov-on-Don: Yuzhnyy federal'nyy universitet [Southern Federal University] Publ., 2014, vol. 2, pp. 39–45. (In Russian).
  6. Shavykin A.A., Berdnikov S.V., Saprygin V.V., Verbitskiy R.E. Nepreryvnye izmereniya okeanologicheskikh parametrov v pripoverkhnostnom sloe Taganrogskogo zaliva. 1. Opredelenie khlorofilla  $\alpha$  fluorimetricheskim metodom [Continuous measurements of oceanological parameters in near-surface layer of the Taganrog Bay. 1. Chlorophyll  $\alpha$  determination using fluorometric method]. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN [SSC RAS Bulletin]*, 2010, vol. 6, no. 3, pp. 39–48. (In Russian).
  7. Plyaka P.S., Povazhnyy V.V., Valov G.V. Avtonomnye fluorimetricheskie komplekсы kontrolya parametrov vodnoy sredy [Autonomous fluorimetric kits for aquatic environmental control]. In: *Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy — 2017 : tezisy dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (g. Sevastopol', 6–9 noyabrya 2017 g.) [Monitoring systems of environment — 2017. Proceedings of the International Research and Technical Conference (Sevastopol, 6–9 November, 2017)]*. Sevastopol: Institut prirodno-tekhnicheskikh sistem [Institute of Natural and Technical Systems] Publ., 2017, pp. 29. (In Russian).
  8. Gitelson A.A., Gao B.-C., Li R.-R., Berdnikov S.V., Saprygin V.V. Estimation of chlorophyll- $\alpha$  concentration in productive turbid waters using a Hyperspectral Imager for the Coastal Ocean — the Azov Sea case study. *Environmental Research Letters*, 2011, vol. 6, issue 2, 024023. doi: 10.1088/1748-9326/6/2/024023.
  9. Moses W.J., Gitelson A.A., Berdnikov S.V., Bowles J.H., Povazhnyy V.V., Saprygin V.V., Wagner E.J., Patterson K.W. HICO-based NIR-red models for estimating chlorophyll- $\alpha$  concentration in productive coastal waters. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 2014, vol. 11, issue 6, pp. 1111–1115. doi: 10.1109/LGRS.2013.2287458.
  10. Moses W.J., Saprygin V.V., Gerasyuk V.S., Povazhnyy V.V., Berdnikov S.V., Gitelson A.A. OLCI-based NIR-red models for estimating chlorophyll- $\alpha$  concentration in productive coastal waters — a preliminary evaluation. *Environmental Research Letters*, 2019, vol. 1, 011002. doi: 10.1088/2515-7620/aaf53c.
  11. Rukovodstvo po metodam biologicheskogo analiza morskikh vod i donnykh otlozheniy [Manual of methods of biological analysis of sea water and sediments]. A.V. Tsyban'. (Ed.). Leningrad: Gidrometeoizdat [Hydrometeorological Publishing House], 1980, 191 p. (In Russian).
  12. Berdnikov S.V., Dashkevich L.V., Kulygin V.V., Povazhnyy V.V. Otsenka pervichnoy produktsii Azovskogo morya po dannym distantsionnogo zondirovaniya [Assessments of primary productivity in the Sea of Azov based on remote sensing data]. *Nauka Yuga Rossii [Science in the South of Russia]*, 2018, vol. 14, no. 2, pp. 55–65. doi: 10.23885/2500-0640-2018-14-2-55-65. (In Russian).
  13. Dashkevich L.V., Nemtseva L.D., Berdnikov S.V. Otsenka ledovitosti Azovskogo morya v XXI veke po sputnikovym snimkam Terra/Aqua MODIS i rezul'tatam matematicheskogo modelirovaniya [Assessment of the Sea of Azov ice cover in the XXI century using Terra/Aqua MODIS images and numerical modelling]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space]*, 2016, vol. 13, no. 5, pp. 91–100. (In Russian).
  14. Saprygin V.V., Berdnikov S.V., Kulygin V.V., Dashkevich L.V., Mestetskiy L.M. Prostranstvennoe raspredelenie i sezonnaya dinamika kontsentratsii khlorofilla "a" v Azovskom more po dannym sputnikovykh snimkov spektrometra MERIS [Spatial distribution and seasonal dynamics of chlorophyll- $\alpha$  concentration in the Sea of Azov based on satellite images by MERIS spectrometer]. *Okeanologiya [Oceanology]*,

- 2018, vol. 58, no. 5, pp. 751–762. doi: 10.1134/S0030157418050131. (In Russian).
15. Studenikina E.I., Aldakimova A.Ya., Gubina G.S. Fitoplankton Azovskogo morya v usloviyakh antropogennykh vozdeystviy [Phytoplankton of the Sea of Azov under anthropogenic impact]. E.V. Makarov. (Ed.). Rostov-on-Don: Everest, 1999, 175 p. (In Russian).
  16. Kovaleva G.V. Fitoplankton Azovskogo morya i prilgayushchikh vodoemov [Phytoplankton of the Sea of Azov and adjacent reservoirs]. In: *Azovskoe more v kontse XX – nachale XXI vekov: geomorfologiya, osadkonakoplenie, pelagicheskie soobshchestva. T. 10 [The Sea of Azov in the end of XX and beginning of XXI centuries: geomorphology, sedimentation, and pelagic communities. Vol. 10]*. G.G. Matishov. (Ed.). Apatity: Kol'skiy nauchnyy tsentr RAN [Kola Science Centre of the RAS] Publ., 2008, pp. 134–224. (In Russian).
  17. Teren'ko G.V., Grandova M.A. Sovremennoe sostoyanie fitoplanktonnogo soobshchestva Ukrainского sektora Azovskogo morya v dekabre 2009 g. [Contemporary state of phytoplankton community of the Ukrainian sector of Sea of Azov in December, 2009]. *Naukovi zapiski Ternopil's'kogo natsional'nogo pedagogichnogo universitetu imeni V. Gnatyuka. Seriya: Biologiya [Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology]*, 2010, no. 3 (44), pp. 275–277. (In Russian).
  18. Ginzburg A.I., Kostyanoy A.G., Sheremet N.A. Chernoe i Azovskoe morya: sravnitel'nyy analiz izmenchivosti temperatury poverkhnosti (1982–2009 gg., sputnikovaya informatsiya) [The Black and Azov Seas: a comparative analysis of the sea surface temperature variability (1982–2009, satellite information)]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space]*, 2011, vol. 8, no. 4, pp. 209–218. (In Russian).
  19. Aleksandrova Z.V. Zakonomernosti izmeneniya khimicheskikh osnov bioproduktivnosti Azovskogo morya v 2008–2009 gg. [Regularities of changes in the chemical basis of the bioproductivity of the Azov Sea in 2008–2009]. In: *Osnovnye problemy rybnogo khozyaystva i okhrany rybokhozyaystvennykh vodoemov Azovo-Chernomorskogo basseyna : sbornik nauchnykh trudov (2008–2009 gg.) AzNIIRKH [The main problems of fisheries and protection of waterbodies with fisheries in the Azov and Black Sea Basin. Collection of research papers of AzNIIRKH (2008–2009)]*. Rostov-on-Don: AzNIIRKH Publ., 2011, pp. 11–28. (In Russian).
  20. Aleksandrova Z.V. Mnogoletnyaya izmenchivost' kislorodnogo rezhima i sodержaniya biogennykh veshchestv v Azovskom more [Long-term variability of the oxygen regime and nutrient content in the Azov Sea]. In: *Osnovnye problemy rybnogo khozyaystva i okhrany rybokhozyaystvennykh vodoemov Azovo-Chernomorskogo basseyna : sbornik nauchnykh trudov (2010–2011 gg.) AzNIIRKH [The main problems of fisheries and protection of waterbodies with fisheries in the Azov and Black Sea Basin. Collection of research papers of AzNIIRKH (2010–2011)]*. Rostov-on-Don: AzNIIRKH Publ., 2012, pp. 18–35. (In Russian).
  21. Aleksandrova Z.V., Baskakova T.E., Shevtsova E.A., Dolzhenko S.V. Osnovnye zakonomernosti razvitiya gipoksii v pridonnom sloe Azovskogo morya i ee ekologicheskie posledstviya dlya gidrobiontov [Common factors of hypoxia development in the near-bottom layer of the Azov Sea and its ecological effects for the hydrobionts]. In: *Osnovnye problemy rybnogo khozyaystva i okhrany rybokhozyaystvennykh vodoemov Azovo-Chernomorskogo basseyna : sbornik nauchnykh trudov (2012–2013 gg.) AzNIIRKH [The main problems of fisheries and protection of waterbodies with fisheries in the Azov and Black Sea Basin. Collection of research papers of AzNIIRKH (2012–2013)]*. Rostov-on-Don: AzNIIRKH Publ., 2014, pp. 11–32. (In Russian).
  22. Aleksandrova Z.V., Romova M.G., Baskakova T.E. Vliyanie klimaticheskikh faktorov na izmenenie khimicheskikh osnov bioproduktivnosti Azovskogo morya v 2006–2007 gg. [Effect of climate factors on changes in the chemical basis of the bioproductivity of the Azov Sea in 2006–2007]. In: *Osnovnye problemy rybnogo khozyaystva i okhrany rybokhozyaystvennykh vodoemov Azovo-Chernomorskogo basseyna : sbornik nauchnykh trudov (2006–2007 gg.) AzNIIRKH [The main problems of fisheries and protection of waterbodies with fisheries in the Azov and Black Sea Basin. Collection of research papers of AzNIIRKH (2006–2007)]*. Rostov-on-Don: AzNIIRKH Publ., 2008, pp. 82–91. (In Russian).
  23. Kovaleva G.V. Mikrovdorosli bentosa, perifitona i planktona pribrezhnoy chasti Azovskogo morya : avtoref. dis. kand. biol. nauk [Microalgae of benthos, periphyton and plankton of the coastal part of the Sea of Azov. Extended abstract of Candidate's (Biology) Thesis]. Saint-Petersburg: Sankt-Peterburzhskiy gosudarstvennyy universitet [Saint Petersburg State University] Publ., 2006, 18 p. (In Russian).
  24. Safronova L.M. Osnovnye tendentsii razvitiya fitoplanktona Azovskogo morya v usloviyakh sovremennogo osoloneniya [Main trends of phytoplankton development in the Azov Sea under present-day salinization conditions]. In: *Osnovnye problemy rybnogo khozyaystva i okhrany rybokhozyaystvennykh vodoemov Azovo-Chernomorskogo basseyna : sbornik nauchnykh trudov (2012–2013 gg.) AzNIIRKH [The main problems of fisheries and protection of waterbodies with fisheries in the Azov and Black Sea Basin. Collection of research papers of AzNIIRKH (2012–2013)]*. Rostov-on-Don: AzNIIRKH Publ., 2015, pp. 216–228. (In Russian).
  25. Studenikina E.I., Mirzoyan Z.A., Safronova L.M., Frolenko L.N., Martynyuk M.L., Marushko E.A., Tolokonnikova L.I. Kharakteristika biologicheskikh soobshchestv Azovskogo morya po rezul'tatam issledovaniy 2010–2011 gg. [Characteristics of the

- biological communities of the Sea of Azov, based on the results of 2010–2011 research studies]. In: *Osnovnye problemy rybnogo khozyaystva i okhrany rybokhozyaystvennykh vodoemov Azovo-Chernomorskogo basseyna : sbornik nauchnykh trudov (2010–2011 gg.) AzNIIRKH* [The main problems of fisheries and protection of waterbodies with fisheries in the Azov and Black Sea Basin. Collection of research papers of AzNIIRKH (2010–2011)]. Rostov-on-Don: AzNIIRKH Publ., 2012, pp. 253–271. (In Russian).
26. Luzhnyak O.L., Glushchenko G. Yu. Sezonnaya dinamika fitoplanktona Taganrogskego zaliva v 2010 g. [Phytoplankton seasonal dynamics in the Taganrog Bay in 2010]. In: *Ekosistemnye issledovaniya sredi i bioty Azovskogo basseyna* [Ecosystem Studies of the environment and biota of the Azov Basin]. D.G. Matishov. (Ed.). Rostov-on-Don: Yuzhnyy nauchnyy tsentr RAN [Southern Scientific Centre of the RAS] Publ., 2012, pp. 124–131. (In Russian).
  27. Matishov G.G., Kovaleva G.V., Yasakova O.N. Anomal'noe osolonenie v Taganrogske estuarii i del'te Dona [Anomalous high salinity in the Taganrog Bay estuary and the Don delta]. *Nauka Yuga Rossii* [Science in the South of Russia], 2016, vol. 12, no. 1, pp. 43–50. (In Russian).
  28. Ekologicheskiy atlas Azovskogo morya [Ecological atlas of the Sea of Azov]. G.G. Matishov, N.I. Golubeva, V.V. Sorokina. (Eds). Rostov-on-Don: Yuzhnyy nauchnyy tsentr RAN [Southern Scientific Centre of the RAS] Publ., 2011, 328 p. (In Russian).
  29. Makarevich P.R., Larionov V.V. Sezonnaya suksessiya fitoplanktonnogo soobshchestva Taganrogskego zaliva [Seasonal succession of the phytoplankton community of the Taganrog Bay]. In: *Kompleksnyy monitoring sredi i bioty Azovskogo basseyna. T. 6* [Complex monitoring of the environment and biota of the Azov Basin. Vol. 6]. G.G. Matishov. (Ed.). Apatity: Kol'skiy nauchnyy tsentr RAN [Kola Science Centre of the RAS] Publ., 2004, pp. 106–128. (In Russian).
  30. Makarevich P.R., Larionov V.V., Kreneva K.V. Fitoplanktonnoe soobshchestvo Taganrogskego zaliva Azovskogo morya v zimniy period [The phytoplankton community of the Taganrog Bay of Azov Sea during the winter period]. *Ekologiya morya* [Ecology of the Sea], 2006, issue 71, pp. 73–78. (In Russian).
  31. Kovaleva G.V., Zolotareva A.E. "Tsvetenie" l'da v Taganrogske zalive (Azovskoe more) v rezul'tate razvitiya diatomovoy vodorosli *Stephanodiscus hantzschii* Grunow ["Blooming" of ice in the Taganrog Bay (the Sea of Azov) as a result of mass development of the diatom alga *Stephanodiscus hantzschii* Grunow]. In: *Geoinformatsionnye tekhnologii i kosmicheskiy monitoring : materialy Vserossiyskoy ob"edinennoy konferentsii "Ekologiya. Ekonomika. Informatika" (g. Rostov-na-Donu, 7–12 sentyabrya 2014 g.)* [Geoinformation technologies and space monitoring. Proceedings of the All-Russian Joint Conference "Ecology. Economy. Informatics" (Rostov-on-Don, 7–12 September, 2014)]. Rostov-on-Don: Yuzhnyy federal'nyy universitet [Southern Federal University] Publ., 2014, vol. 2, pp. 93–101. (In Russian).
  32. Kovaleva G.V., Povazhnyy V.V., Zolotareva A.E., Makarevich P.R., Matishov D.G. Ledovoe soobshchestvo mikrovodorosley v Taganrogske zalive Azovskogo morya [Temporary ice microalgae community in Taganrog Bay of the Azov Sea]. *Okeanologiya* [Oceanology], 2014, vol. 54, no. 5, pp. 659–664. (In Russian).
  33. Matishov G.G., Matishov D.G., Stepan'yan O.V., Lebedeva N.V., Inzhebeykin Yu.I., Povazhnyy V.V., Kreneva K.V., Kovaleva G.V., Soyev V.G., Savitskiy R.M., Kalinkin B.D., Lipkovich A.D. Kompleksnye ekosistemnye issledovaniya Azovskogo morya v zimniy period (2003–2006 gg.) [Comprehensive ecosystem studies in the Sea of Azov in the winter period, 2003–2006]. In: *Ledokol'nye ekspeditsii i beregovye nablyudeniya* [Observations aboard icebreakers and from the coast]. Rostov-on-Don: Yuzhnyy nauchnyy tsentr RAN [Southern Scientific Centre of the RAS] Publ., 2006, 100 p. (In Russian).
  34. Matishov G.G., Stepan'yan O.V., Povazhnyy V.V., Kovaleva G.V., Kreneva K.V. Funktsionirovanie ekosistemy Azovskogo morya v zimniy period [Functioning of the ecosystem in the Sea of Azov during winter]. *Doklady Akademii nauk* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences], 2007, vol. 413, no. 1, pp. 112–115. (In Russian).
  35. Matishov G.G., Stepan'yan O.V., Kovaleva G.V., Povazhnyy V.V., Kreneva K.V. Osobennosti struktury pelagicheskogo soobshchestva Azovskogo morya v usloviyakh anomal'no kholodnoy zimy 2005–2006 gg. [Specific structural features of the Sea of Azov pelagic community during the abnormally cold winter of 2005–2006]. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN* [SSC RAS Bulletin], 2012, vol. 8, no. 4, pp. 66–75. (In Russian).
  36. Luzhnyak O.L. Razvitie fitoplanktona Taganrogskego zaliva v vesenne-letniy period posle isklyuchitel'no teploy zimy 2006/2007 gg. [Phytoplankton development of the Taganrog Gulf at spring-summer period consequence exclusively warm-winter 2006/2007]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Estestvennye nauki* [University News. North-Caucasian Region. Natural Sciences Series], 2011, no. 1 (161), pp. 67–71. (In Russian).
  37. Atlas klimaticheskikh izmeneniy v bol'shikh morskikh ekosistemakh Severnogo polushariya (1878–2013) [Atlas of climatic changes in large marine ecosystems of the northern hemisphere (1878–2013)]. G.G. Matishov, S.V. Berdnikov, A.P. Zhichkin, P.R. Makarevich, S.L. Dzhenyuk, V.V. Kulygin, N.A. Yaitskaya, V.V. Povazhnyy, I.V. Sheverdyayev, I.A. Tret'yakova, A.E. Tsygankova. (Eds.). Rostov-on-Don: Yuzhnyy

- nauchnyy tsentr RAN [Southern Scientific Centre of the RAS] Publ., 2014, 256 p. (In Russian).
38. Mikheeva T.M. Problemy izucheniya fitoplanktona: nanofitoplankton (definititsiya, fraktsionirovanie i znachimost' v pervichnoy produkcii). Obzor [Problems of study of phytoplankton: nanophytoplankton (definition, fractioning, and role in primary production). Review]. *Gidrobiologicheskij zhurnal [Hydrobiological Journal]*, 1988, vol. 24, no. 4, pp. 3–21. (In Russian).
  39. Azam F., Fenchel T., Field J.G., Gray J.S., Meyer-Reil L.A., Thingstad F. The ecological role of water-column microbes in the sea. *Marine Ecology — Progress Series*, 1983, vol. 10, pp. 257–263.
  40. Glushchenko G.Yu. Kolichestvennye kharakteristiki ul'trafitoplanktona Azovskogo morya v sovremenny period [Quantitative characteristics of ultraphytoplankton of the Sea of Azov in the present period]. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN [SSC RAS Bulletin]*, 2012, vol. 8, no. 1, pp. 54–59. (In Russian).
  41. Glushchenko G.Yu., Luzhnyak O.L. Rol' vodorosley raznykh razmernykh fraktsiy v obshchey biomasse fitoplanktona Taganrogskogo zaliva [The role of algae of various size fractions in the total biomass of the Taganrog Bay phytoplankton]. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN [SSC RAS Bulletin]*, 2013, vol. 9, no. 1, pp. 42–52. (In Russian).
  42. Zaika V.E., Moryakova V.K., Ostrovskaya N.A., Tsalkina A.V. Raspredelenie morskogo mikrozooplanktona [Distribution of marine micro-zooplankton]. Kiev: Naukova dumka [Scientific Thought], 1976, 96 p. (In Russian).
  43. Lavrent'ev P.Ya. Soobshchestva infuzorii subarkticheskikh tundrovyykh ozer. Osobennosti struktury i razvitiya, rol' v ekosisteme i reaktsiya na antropogennoe vozdeystvie : avtoref. dis. kand. biol. nauk [Ciliate communities of subarctic tundra lakes. Characteristics of structure and development, role in the ecosystem, and response to anthropogenic impact. Extended abstract of Candidate's (Biology) Thesis]. Saint-Petersburg, 1991, 21 p. (In Russian).
  44. Kurilov A.V. Infuzorii planktona pribrezhnoy zony i limanov severo-zapadnoy chasti Chernogo morya : avtoref. dis. kand. biol. nauk [Planktonic ciliates from coastal waters and limans of the Northwest Black Sea. Extended abstract of Candidate's (Biology) Thesis]. Sevastopol, 2005, 23 p. (In Russian).
  45. Kreneva K.V. Kharakteristika soobshchestva mikrozooplanktona Azovskogo morya v zimniy period [Characteristics of the microzooplankton community of the Azov Sea in winter]. In: *Kompleksnyy monitoring sredy i bioty Azovskogo basseyna. T. 6 [Complex monitoring of the environment and biota of the Azov Basin. Vol. 6]*. G.G. Matishov. (Ed.). Apatity: Kol'skiy nauchnyy tsentr RAN [Kola Science Centre of the RAS] Publ., 2004, pp. 136–141. (In Russian).
  46. Kreneva K.V. Vliyanie solenosti na raspredelenie tintinnid Azovskogo morya [Effect of salinity on the distribution of tintinnids of the Sea of Azov]. In: *Kompleksnyye gidrobiologicheskie bazy dannykh: resursy, tekhnologii i ispol'zovanie : materialy IV Vserossiyskoy shkoly po morskoy biologii. Adaptatsii gidrobiontov : materialy mezhdunarodnoy nauchnoy shkoly (g. Azov, 10 oktyabrya 2005 g.) [Integrated hydrobiological databases: resources, technologies, and application. Proceedings of the 4<sup>th</sup> All-Russian School on Marine Biology. Adaptations of hydrobionts. Proceedings of the International Scientific School (Azov, 10 October, 2005)]*. G.G. Matishov. (Ed.). Rostov-on-Don: Yuzhnyy nauchnyy tsentr RAN [Southern Scientific Centre of the RAS] Publ., 2005, 252 p. (In Russian).
  47. Kreneva K.V. *Eutintinnus lususundae* (Entz, 1885) — vid rakovinnykh infuzoriy, novyy dlya fauny Azovskogo morya [New species of infusorian *Eutintinnus lususundae* (Entz, 1885) from the Azov Sea]. In: *Evolutsiya morskikh ekosistem pod vliyaniem vselentsev i iskusstvennoy smertnosti fauny : tezisy dokladov Mezhdunarodnoy konferentsii (g. Azov, 15–18 iyunya 2003 g.) [Evolution of marine ecosystems under the impact of invaders and artificial mortality of fauna. Abstracts of the International Conference (Azov, 15–18 June, 2003)]*. Rostov-on-Don: Murmanskii Morskoy Biologicheskii Institut Kol'skogo Nauchnogo Tsentra RAN [Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences] Publ., 2003, pp. 20–21. (In Russian).
  48. Semin V.L., Kovalenko E.P., Savikin A.I. *Aracia* sp. (Polychaeta: Sabellidae) iz del'ty r. Don [*Aracia* sp. (Polychaeta: Sabellidae) from the Don River estuary (the Sea of Azov Basin)]. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy [Russian Journal of Biological Invasions]*, 2014, vol. 7, no. 4, pp. 97–101. (In Russian).
  49. Boltacheva N.A., Lisitskaya E.V., Frolenko L.N., Kovalev E.A., Barabashin T.O. Obnaruzhenie polikhety *Laonome calida* Capa, 2007 (Annelida: Sabellidae) v yugo-vostochnoy chasti Azovskogo morya [The finding of *Laonome calida* Capa, 2007 (Annelida: Sabellidae) in the Southeast Sea of Azov]. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy [Russian Journal of Biological Invasions]*, 2017, vol. 10, no. 3, pp. 6–11. (In Russian).
  50. Bick A., Bastrop R., Kotta J., Meißner K., Meyer M., Syomin V. Description of a new species of Sabellidae (Polychaeta, Annelida) from fresh and brackish waters in Europe, with some remarks on the branchial crown of *Laonome*. *Zootaxa*, 2018, vol. 4483, issue 2, pp. 349–364. doi: 10.11646/zootaxa.4483.2.7.
  51. Semin V.L., Sikorskiy A.V., Kovalenko E.P., Bulysheva N.I. Vselenie roda *Marenzelleria* Mesnil (Polychaeta: Spionidae) v del'tu Dona i Taganrogskiy zaliv [Penetration of genus *Marenzelleria* (Polychaeta: Spionidae) into the Don River estuary and the Taganrog Bay]. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy*

- [*Russian Journal of Biological Invasions*], 2016, vol. 9, no. 1, pp. 109–120. (In Russian).
52. Syomin V., Sikorski A., Bastrop R., Köhler N., Stradomsky B., Fomina E., Matishov D. Invasion of the genus *Marenzelleria* (Polychaeta: Spionidae) into the Don River mouth and the Taganrog Bay: morphological and genetic study. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2017, vol. 97, special issue 5, pp. 975–984. doi: 10.1017/S0025315417001114.
53. Semin V.L., Sikorskiy A.V., Savikin A.I. *Streblospio* cf. *gynobranchiata* (Polychaeta, Spionidae) iz vostochnoy chasti Taganrogskego zaliva [*Streblospio* cf. *gynobranchiata* (Polychaeta, Spionidae) from the eastern part of Taganrog Bay]. *Zoologicheskij zhurnal* [*Russian Journal of Zoology*], 2017, vol. 96, no. 1, pp. 119–120. doi: 10.7868/S00 4 4513417010160. (In Russian).
54. Norkko J., Reed D.C., Timmermann K., Norkko A., Gustafsson B.G., Bonsdorff E., Slomp C.P., Carstensen J., Conley D.J. A welcome can of worms? Hypoxia mitigation by an invasive species. *Global Change Biology*, 2012, vol. 18, issue 2, pp. 422–434. doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02513.x.
55. Maksimov A.A., Eremina T.R., Lange E.K., Litvinchuk L.F., Maksimova O.B. Rezhimnaya perestroyka ekosistemy vostochnoy chasti Finskogo zaliva vsledstvie invazii polikhet *Marenzelleria arctia* [Regime shift in the ecosystem of the eastern Gulf of Finland caused by the invasion of the polychaete *Marenzelleria arctia*]. *Okeanologiya* [*Oceanology*], 2014, vol. 54, no. 1, pp. 52–59. doi: 10.7868/S0030157413060063. (In Russian).

Поступила 07.06.2019

Принята к печати 29.10.2019