


Оригинальная статья / Original article  
УДК 574.583+574.587  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-16-27

## Состояние морской экосистемы в районе устья реки Агой (Черное море)

Жанна П. Селифонова<sup>1,2</sup> , Валерий К. Часовников<sup>3</sup>, Эрнест З. Самышев<sup>2</sup>, Павел Р. Макаревич<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Государственный морской университет им. адмирала Ф.Ф. Ушакова, Новороссийск, Россия

<sup>2</sup>Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

<sup>3</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

<sup>4</sup>Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

### Контактное лицо

Жанна П. Селифонова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Российской академии наук, Севастополь, Россия; профессор Государственного морского университета им. адм. Ф.Ф. Ушакова; 353918 Россия, Новороссийск, пр. Ленина, 93.

Тел. +7(8617)717525

Email [Selifa@mail.ru](mailto:Selifa@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4924-815X>

### Формат цитирования

Селифонова Ж.П., Часовников В.К., Самышев Э.З., Макаревич П.Р. Состояние морской экосистемы в районе устья реки Агой (Черное море) // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 1. С. 16-27. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-16-27

Получена 13 июня 2019 г.

Прошла рецензирование 16 сентября 2019 г.

Принята 2 октября 2019 г.

### Резюме

**Цель.** Изучить состояние морских экосистем рекреационно-туристической зоны Кавказа на примере пляжа, расположенного вблизи устья реки Агой.

**Материал и методы.** Фитопланктон, гетеротрофный бактериопланктон, инфузории, голопланктон, меропланктон, ихтиопланктон, зообентос рыхлых грунтов и гидрохимию воды и донных осадков собирали в июне 2012 г. на трех разрезах от устья реки Агой до берегового стока (глубины 2,5-7,5 м). Определение видов планктона и зообентоса, содержания химических параметров в воде и грунтах выполняли по стандартным методикам.


**Результаты.** Выявлено удовлетворительное состояние большей части пляжной зоны, где располагались псаммофильные биоценозы *Lucinella divaricata*, *Chamelea gallina* (Bivalvia). Отмечено возрастание плотности редкого вида в конце 1990-х гг. *Lucinella divaricata*. На участке берегового стока обнаружено появление цианобактерий и угнетение зообентоса, которое выражалось замещением биоценозов моллюсков биоценозом многощетинковых червей *Capitella capitata* с биомассой на два порядка ниже средней по району. Высокие показатели численности гетеротрофного бактериопланктона (4,5 млн кл/мл) и инфузорий (64 млн экз./м<sup>3</sup>) могли свидетельствовать о микробном загрязнении этого района. Негативное влияние сточных вод на планктон проявлялось в снижении численности популяции сетного зоопланктона, его аномальном развитии и возрастании роли микрогетеротрофов.

**Выводы.** Полученные результаты дают представление о состоянии морских прибрежных экосистем рекреационно-туристических и охраняемых зон Кавказа и могут быть полезны для дальнейшего мониторинга этого района.

### Ключевые слова

Гидрохимия, планктон, бентос, устье реки Агой, кавказский сектор Черного моря.

# State of the Marine Ecosystem Near the Mouth of the Agoy River (Black Sea)

Zhanna P. Selifonova<sup>1,2</sup> , Valery K. Chasovnikov<sup>3</sup>, Ernest Z. Samyshev<sup>2</sup> and Pavel R. Makarevich<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Admiral Ushakov State Maritime University, Novorossiysk, Russia

<sup>2</sup>A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia

<sup>3</sup>Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>4</sup>Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Centre, Royal Academy of Sciences, Murmansk, Russia

## Principal Contact

Zhanna P. Selifonova, Dr Biol. Sci., Principal Researcher, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia; Professor, Admiral Ushakov State Maritime University; 93 Prospekt Lenina, Novorossiysk, 353918 Russia.

Tel. +7(8617)717525

Email [Selifa@mail.ru](mailto:Selifa@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4924-815X>

## How to cite this article

Selifonova Zh.P., Chasovnikov V.K., Samyshev E.Z., Makarevich P.R. State of marine ecosystem near the mouth of the Agoy River (Black Sea). *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 1, pp. 16-27. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-16-27

Received 13 June 2019

Revised 16 September 2019

Accepted 2 October 2019

## Abstract

**Aim.** To study the state of the marine ecosystem of the recreational-tourist zone of the Caucasian sector of the Black Sea through the example of a beach near the mouth of the Agoy River.

**Material and Methods.** Phytoplankton, heterotrophic bacterioplankton, infusoria, holoplankton, meroplankton, ichthyoplankton, zoobenthos of loose bottom sediments and hydrochemistry samples of the water and bottom sediments were collected in June 2012 on three sections from the mouth of the Agoy River to the coastal runoff zone (depths 2.5–7.5 m). The identification of species of plankton and of the zoobenthos and of the chemical parameters of water and sediments was carried out according to standard methods.

**Results.** It was revealed that most of the beach area, where psammophilic biocenoses of *Lucinella divaricate* and *Chamelea gallina* (Bivalvia) were located, was in satisfactory condition. An increase in the density of *Lucinella divaricate*, a rare species in the late 1990s, was noted. In the runoff zone, there was observed the appearance of cyanobacteria and the suppression of zoobenthos, expressed through the replacement of mollusc biocenoses by the biocenosis of the polychaete, *Capitella capitata*, with a biomass two orders of magnitude lower than the average for the area. High numbers of heterotrophic bacterioplankton (4.5 million cell/ml) and infusoria (64 million ind./m<sup>3</sup>) could indicate bacterial contamination of this zone. The negative impact of waste water on plankton is manifested in a decrease in the population of netted zooplankton, their abnormal development, and the increasing role of microheterotrophs.

**Conclusions.** The results obtained give an image of the state of marine coastal ecosystems of recreational-tourist and cordoned areas of the Caucasus and can be useful for the further monitoring of this region.

## Key Words

Hydrochemistry, plankton, benthos, Agoy River mouth, Caucasian sector of the Black Sea.

## ВВЕДЕНИЕ

Кавказско-Черноморский регион Краснодарского края знаменит своими рекреационными ресурсами. Это один из главных курортов россиян. Существующие работы [1; 2] освещают различные аспекты структурно-функциональной организации экосистем заливов и бухт северо-восточной части Черного моря, где расположены известные климатические и бальнеологические здравницы России, мощные перевалочные центры сухопутно-морских перевозок и базируется черноморский флот. Вместе с тем, открытые прибрежные экосистемы рекреационно-туристических зон Кавказа, которые имеют большую связь с основным бассейном Черного моря и испытывают значительную рекреационную нагрузку, изучены не достаточно. Вся густонаселенная береговая зона кавказского побережья от Геленджика до Туапсе имеет развитую рекреационную сеть. В пределах указанного района в Черное море впадает большое число малых и средних рек с площадью водосбора от 50 до 100 км<sup>2</sup> – Мезыб, Джубга, Ту, Небуг, Агой. Горные реки в незначительной степени подвержены антропогенным изменениям. Пос. Агой (пер. с адыг. «средняя река») считается одним из немногочисленных мест отдыха. В курортный сезон здесь отдыхает до 50 тысяч туристов. Поселок расположен в устье одноименной реки и граничит с портом Туапсе на юго-востоке и пос. Небуг на северо-западе. В долине горной реки размещается Агойский аэродром. Между устьем реки Агой и портом Туапсе находится уникальный памятник природы – скала имени живописца А. Киселева, которая входит в состав охраняемого лесопарка м. Кадош.

В последнее время опасность загрязнения прибрежных черноморских вод в устьевых районах горных рек, таких как Агой, возросла из-за частых проливных дождей, которые являются серьезной проблемой для

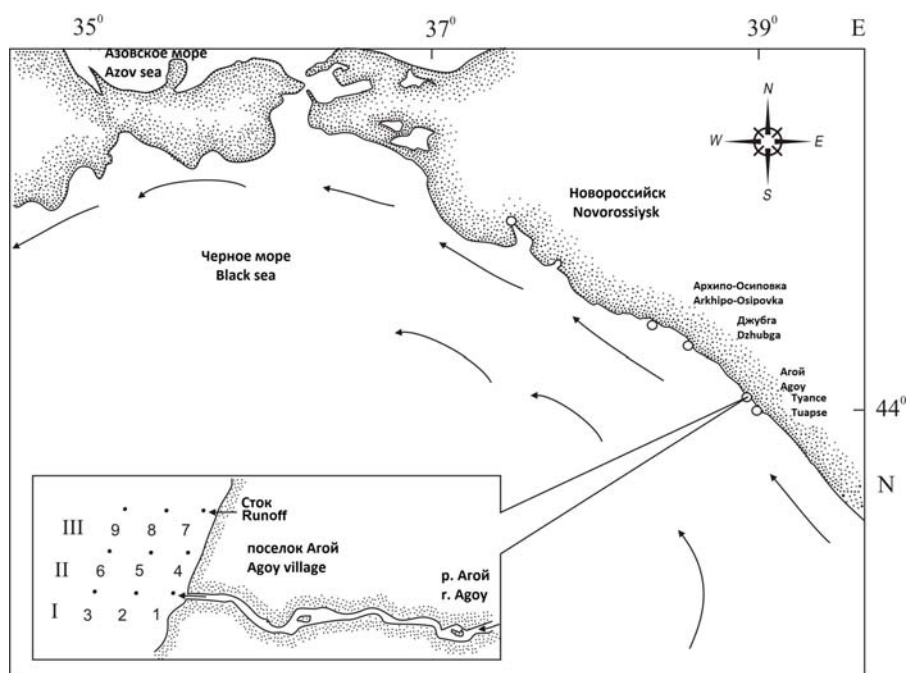
рекреационно-туристических зон Кавказа. Дожди приводят к значительному повышению уровня воды в реках, затоплению деревень, повреждению туристической инфраструктуры, автомобильных дорог, мостов, пляжей, сбросу мусора и сточных вод в реки. В большинстве небольших деревень и городов вдоль горных рек и прибрежной зоны канализационные системы полностью отсутствуют. Речные паводки ухудшают качество морской воды и санитарно-эпидемиологическую ситуацию на пляжах курортной зоны Краснодарского края, Республики Абхазии, Турции и других районов Черного моря [3-8]. Только в районе города-курорта Геленджик в 2012 г. катастрофические ливни привели к аномальному паводку и залповому выбросу в прибрежную морскую экосистему большого количества пресной воды с высоким содержанием азота, фосфора и кремния [4].

*Цель работы* – изучение состояния планктонных и бентосных сообществ, гидрохимии воды и донных осадков на трех разрезах рекреационной зоны, расположенной в районе устья реки Агой.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования послужили пробы воды и грунта, собранные в июне 2012 г. в экспедиции Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Исследование проводили в пляжной зоне в районе устья реки Агой на трех разрезах с глубинами от 2,5 до 7,5 м (от устья реки Агой до берегового стока) (рис. 1).

Определение содержания биогенных элементов в воде проводили по работе [9], загрязняющих веществ – в соответствии с методиками: нефтепродукты – ПНД Ф 14.1:2:4.128-98; фенол – ПНД Ф 14.1:2:4.182-02; детергенты – ПНДФ 14.1:2:4.158-2000; тяжелые металлы (Cu, Zn, Cd, Pb, Mn) – ПНД Ф 14.1:2:4.139-98.



**Рисунок 1.** Карта-схема станций отбора проб: 1-9 – станции отбора проб, I-III – разрезы  
**Figure 1.** Map of sampling stations: 1-9 – sampling stations I-III – profiles

Фитопланктон собирали с поверхностного слоя воды пластиковым ведром. Пробу (1-1,5 л) сгущали методом обратной мягкой фильтрации через ядерные фильтры с диаметром 1-2 мкм и фиксировали 1%-ным раствором нейтрального формальдегида. Клетки фитопланктона просматривали в счетной камере при увеличении  $\times 400$ . Биомассу водорослей оценивали объемным методом, используя оригинальные и литературные данные измерений объема клеток для каждого вида [10]. Доминирующими считали виды, численность и биомасса которых составляла не менее 20% от общего количества видов в фитопланктоне, субдоминантными видами – не менее 10% соответственно [11]. Гетеротрофный бактериопланктон учитывали методом эпифлюоресцентной микроскопии с применением флюорохрома акридинового оранжевого и примулина [12]. Планктонных инфузорий подсчитывали в свежих пробах воды в камере типа пенал под бинокулярным микроскопом (без предварительной концентрации и фиксации) по методике [13]. Организмы идентифицировали *in vivo*, во временных препаратах и препаратах, импрегнированных протарголом и карбонатом серебра. Сырую биомассу определяли по среднему объему и численности в каждой размерной группе. Голопланктон и меропланктон – ракообразные, личинки донных животных, крупные коловратки и прочие организмы размером  $>200$ – $500$  мкм собирали средней сетью Джеди (диаметр входного отверстия 25 см, размер ячеек 120 мкм) методом тотальных ловов. Пробы фиксировали 2-4%-ным раствором нейтрального формальдегида и обрабатывали в лабораторных условиях по стандартной методике. Сбор икринок и личинок рыб (ихтиопланктон) осуществляли вертикальными ловами сетью Богорова-Расса (Б-Р 80/114 см, ячейка 500 мкм, площадь входного отверстия  $0,5$  м<sup>2</sup>) и горизонтальными тралениями мальково-нейстонным тралом (МНТ). Пробы рыхлых грунтов на зообентос отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата  $0,04$  м<sup>2</sup>. Зообентос фильтровали через сито (размер ячеек 500 мкм), камеральную обработку проводили по работе [14]. Сырую биомассу *Bivalvia* определяли после удаления мантийной жидкости.

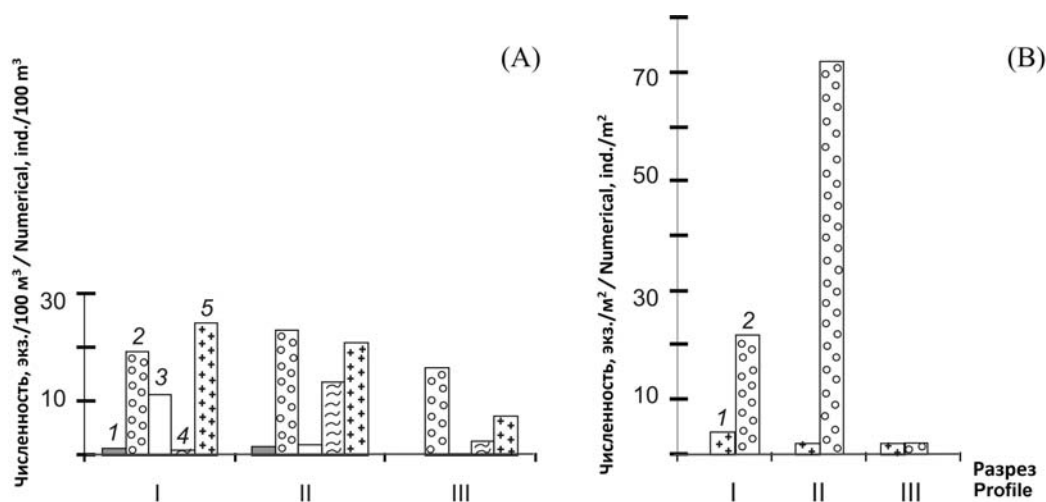
Для проверки гипотезы достоверности разницы средних значений при анализе количественных данных использовали параметрический метод Стьюдента при уровне значимости  $p=0,05$ . Выделение основных биоценотических комплексов зообентоса выполнено на лог-трансформированной матрице данных индекса функционального обилия видов (ИФО). Для оценки степени однородности фаунистического состава станций использованы биотические матрицы численности, сырой биомассы и  $ИФО=N^{0,25} \cdot B^{0,75}$ , где  $N$  – средняя численность вида, экз./м<sup>2</sup>,  $B$  – средняя биомасса вида, г/м<sup>2</sup>. Общие тенденции в распределении сообществ изучали с помощью метода многомерного шкалирования (MDS-анализ), индекса сходства Брея-Куртиса. Материал обрабатывали при помощи пакета прикладных программ для анализа данных MS Excel, PAST, PRIMER.

#### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

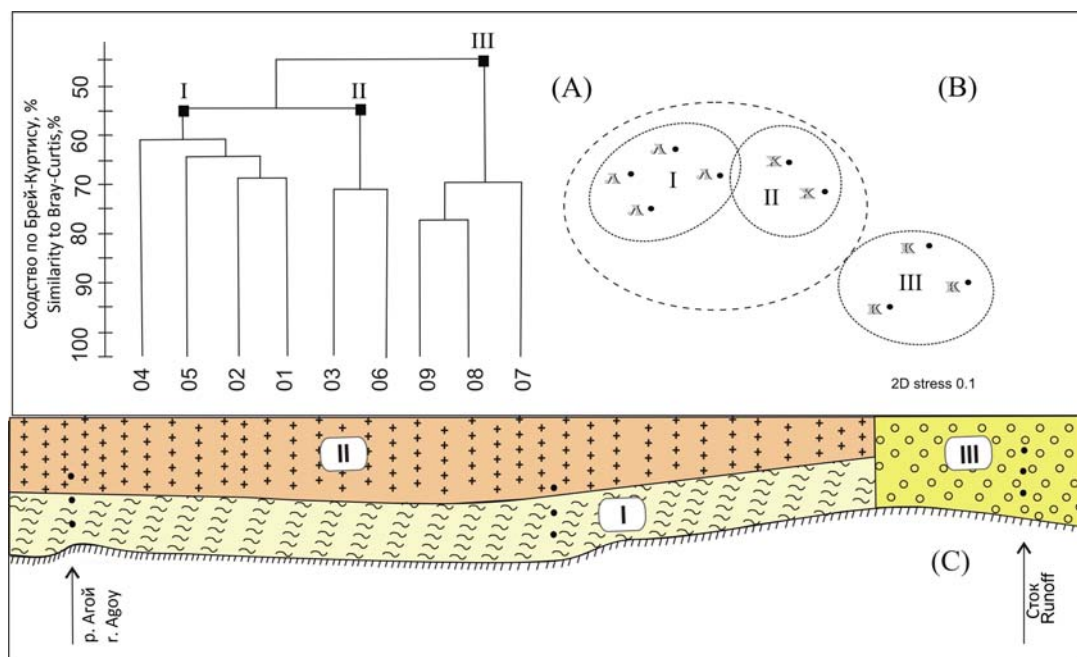
В июне 2012 г. над глубинами 2,5-7,5 м обнаружено 58 таксонов планктонных водорослей, относящихся к 7 отделам: Bacillariophyta – 19 таксонов, Dinophyta – 30, Cyanophyta – 3, Cryptophyta – 1, Euglenophyta – 3, Flagellatae – 1, Chrysophyta – 1. Средняя численность фито-

планктона составляла  $290 \pm 45$  млн кл./м<sup>3</sup>, биомасса –  $201,7 \pm 13$  мг/м<sup>3</sup>. Высокие показатели обилия отмечены среди гетеротрофных бактерий – в среднем  $1,9 \pm 1,3$  млн кл./мл, биомасса  $364,6 \pm 174,3$  мг/м<sup>3</sup> и инфузорий –  $25,1 \pm 20,7$  млн экз./м<sup>3</sup> и  $386 \pm 329$  мг/м<sup>3</sup> соответственно. Доминантный комплекс алорикатных форм инфузорий включал *Mesodinium rubrum* (Lohmann), *Strombidium conicum* (Lohmann), *S. vestitum* (Leegaard), *Litonotus* sp. В общей численности инфузорий доля тинтинид была  $\leq 0,5\%$ , бентических форм  $\sim 30\%$ . В составе голопланктона отмечено 12 таксонов: Dynophyceae – 1, Ctenophora – 1, Cladocera – 1, Copepoda – 7, Chaethognata – 1, Appendicularia – 14; в составе личинок донных беспозвоночных (меропланктон) – 19 таксонов: Polychaeta – 10, Cirripedia – 2, Mollusca – 6, Phoronida – 1. Численность голо- и меропланктона в среднем имела невысокие значения  $2,9 \pm 0,32$  тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса –  $25,9 \pm 10,7$  мг/м<sup>3</sup> и  $1,2 \pm 0,36$  тыс. экз./м<sup>3</sup>,  $9,8 \pm 2,6$  мг/м<sup>3</sup> соответственно, а их распределение носило мозаичные характер. Ноктилюка *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy составляла 17,5% общей численности голопланктона и 40% от биомассы. На долю Cladocera *Pleopsis polyphemoides* (Leuckart) приходилось 13-14%, Copepoda, Calanoida *Acartia tonsa* Dana – 17-34,5%, *Paracalanus parvus* (Claus) – 7-9%, Copepoda, Cyclopoida *Oithona davisae* Ferrari F.D. & Orsi – 7-17% соответственно. Вклад меропланктона в общую численность зоопланктона составил 29,4%. В его составе наиболее многочисленными были личинки многощетинкового червя сем. Spionidae *Malacoceros fuliginosus* (Claparède) и усонного рака *Amphibalanus improvisus* (Darwin). В меропланктоне идентифицированы личинки (Polychaeta) *Capitella capitata* (Fabricius), *Polydora* sp., *M. fuliginosus*, *Microspio meznikowianus* (Claparède), *Prionospio* sp., *Nereis zonata* Malmgren, *Platynereis dumerilii* (Audouin & Milne Edwards), *Alitta succinea* (Leuckart), *Lysidice ninetta* Audouin & H Milne Edwards, *Harmothoe* sp., личинки (Cirripedia) *Amphibalanus improvisus*, *Verruca spengleri* Darwin, личинки (*Bivalvia*) *Spisula* sp., *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, *Cardiidae* gen sp., личинки (Gastropoda) *Parthenina terebellum* (Philippi), *Caecum trachea* (Montagu), *Gibbula* sp., личинки форонид *Phoronis euxincola* Selys-Longchamps. В составе ихтиопланктона обнаружено 5 таксонов икринок и личинок летнепереступающих видов рыб (хамса, султанка, морской карась, морской ерш, ставрида). Среди них доминировали два вида – султанка (40,6%) и морской карась (36%). Численность икринок и личинок рыб в вертикальных ловах колебалась от 2 до 72 экз./м<sup>2</sup> (в среднем  $14,6 \pm 24,1$  экз./м<sup>2</sup>), в горизонтальных от 26,7 до 61,4 экз./100 м<sup>3</sup> (в среднем  $48,5 \pm 18,9$  экз./100 м<sup>3</sup>) (рис. 2).

В составе зообентоса идентифицировано 19 таксонов: 1 – Porifera, 8 – Polychaeta, 1 – Cirripedia, 1 – Amphipoda, 2 – Gastropoda, 6 – Bivalvia. Плотность поселений донных животных в среднем составляла  $855 \pm 763$  экз./м<sup>2</sup>, биомасса  $45,8 \pm 59,9$  г/м<sup>2</sup>. В составе зообентоса рыхлых грунтов выделено три биоценоза с доминированием двустворчатых моллюсков *Chamelea gallina*, *Lucinella divaricata* и многощетинковых червей *Capitella capitata*. Наибольшие площади дна (66,5%) занимали обитатели песчаных биоценозов двустворчатые моллюски-фильтраторы. Однородность таксономического состава составляла 45% по коэффициенту Брея-Куртиса (рис. 3).



**Рисунок 2.** Численность иктиопланктона в горизонтальных ловах, экз./100 м<sup>3</sup> (А): 1 – хамса; 2 – султанка; 3 – ставрида; 4 – морской ерш; 5 – морской карась и в вертикальных ловах, экз./м<sup>2</sup> (В): 1 – глубина 5,5 м; 2 – глубина 7,5 м  
**Figure 2.** Numerical density of ichthyoplankton in horizontal catches, ind./100 m<sup>3</sup> (A): 1 – anchovy; 2 – mullet; 3 – horse mackerel; 4 – rockfish; 5 – sea bream and vertical catches, ind./m<sup>2</sup> (B): 1 – depth 5.5 m; 2 – depth 7.5 m



**Рисунок 3.** Иерархическая дендрограмма станций района исследования (А), их ординация (MDS) (В), рассчитанные на основе индекса функционального обилия; донные сообщества (С): I – *Lucinella divaricata*, II – *Chamelea gallina*, III – *Capitella capitata*  
**Figure 3.** Hierarchical dendrogram of stations in the study area (A), their ordination (MDS) (B), calculated on the basis of functional abundance index; bottom communities (C): I – *Lucinella divaricata*, II – *Chamelea gallina*, III – *Capitella capitata*

На изученном участке температура поверхностных вод колебалась в пределах 23,5-27,2°C, соленость – 11,84-17,45‰, достигая минимальных значений в устье реки Агой. Особенности распределение организмов планктона и бентоса и гидрохимических параметров в толще воды и донных отложениях на различных разрезах в пляжной зоне устья реки Агой представлены ниже.

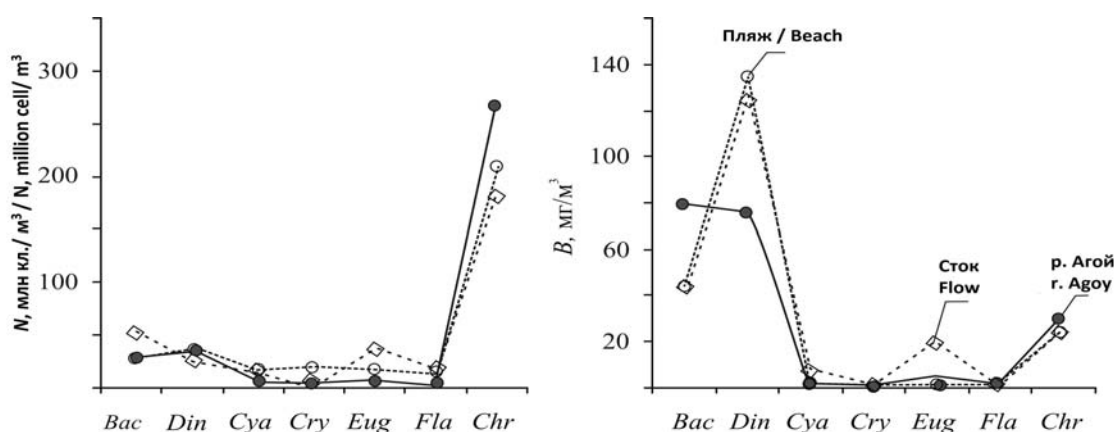
*Разрез I (устье реки Агой).* В воде этого участка максимальные концентрации растворенного кислорода

составляли 8,5 мг/л, фосфатов – 4 мкг/л, азота органического – 332 мкг/л, фенола – 1,2 мкг/л, цинка – 16,18 мкг/л, свинца – 17,7 мкг/л; в донных отложениях максимальные концентрации меди – 21,8 мкг/г, нефтепродуктов – 14,3 мг/кг (табл. 1).

Наибольший вклад в численность фитопланктона 80% (258,4 млн кл./м<sup>3</sup>) вносили приморские водоросли (Chrysophyta), в частности кокколитофида *Emiliana huxleyi* (Lohm.) Hay at Mohler (рис. 4).

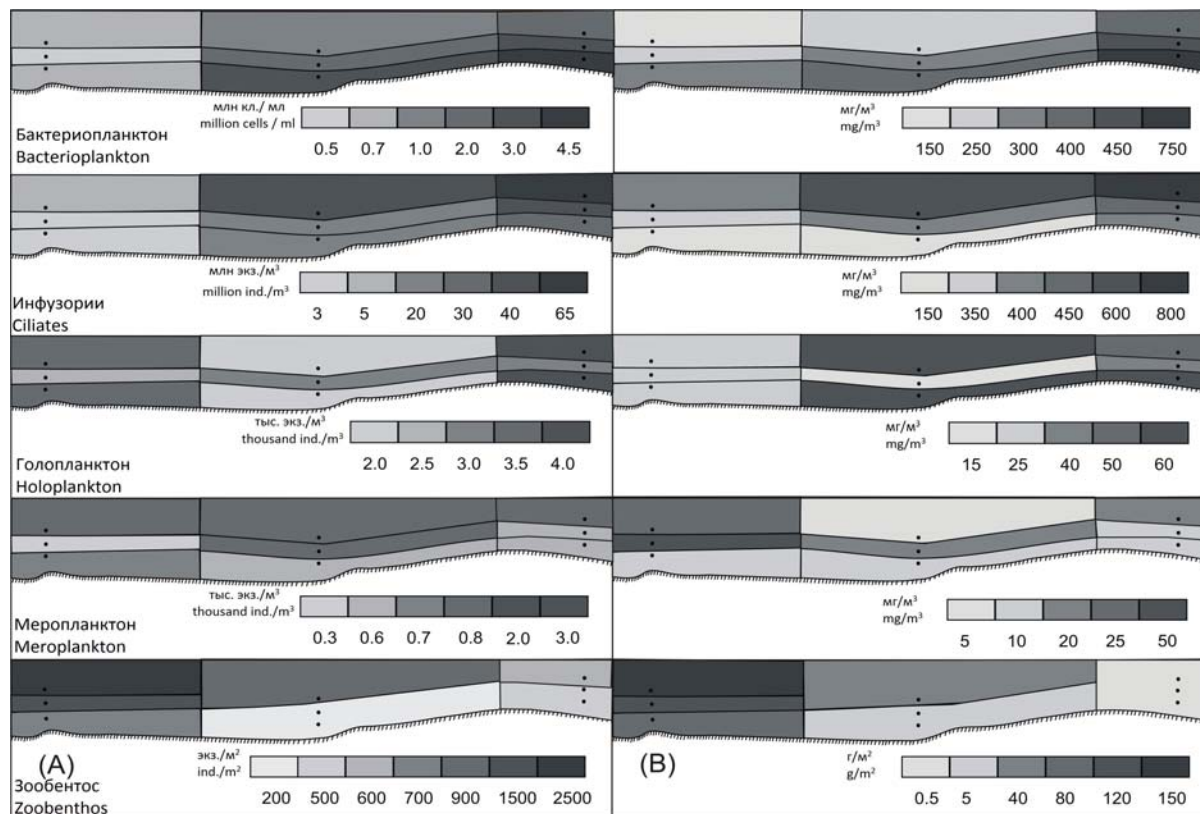
**Таблица 1.** Минимальные, максимальные и средние значения химических параметров в морской воде и донных отложениях исследуемого района**Table 1.** Minimum, maximum and average values of chemical parameters in sea water and bottom sediments of the study area

Параметр Index	Разрез I (реки Агой) Profile I (river Agoi)		Разрез II (пляж) Profile II (beach)		Разрез III (сток) Profile III (runoff)	
	min / max	среднее average	min / max	среднее average	min / max	среднее average
<b>Морская вода / Sea water</b>						
<b>Растворенный кислород, мг/л</b> Dissolved oxygen, mg/l	8,09/8,52	8,3±0,12	8,64/8,71	8,67±0,01	7,09/8,25	7,8±0,31
<b>Фосфаты, мкг/л</b> Phosphates, mkg/l	2,47/4	3,38±0,32	2,76/7,05	4,49±0,92	4,91/6,75	6,03±0,4
<b>Азот орг., мкг/л</b> Organic nitrogen, mkg/l	219/332	281,6±2,87	314/514	389,6±54,6	321/614	430±65,2
<b>Фенол, мкг/л</b> Phenol, mkg/l	0,5/1,2	0,7/0,21	0,5/2,2	1,5±0,44	1,9/2,6	2,3±0,18
<b>КПАВ, мг/л</b> Cationic surface-active agent, mg/l	0,002/0,002	0,002±0	0,002/0,002	0,002±0	0,002/0,11	0,04±0,03
<b>Марганец, мг/л</b> Manganese, mg/l	0,02/0,05	0,02±0,003	0,025/0,06	0,04±0,008	0,026/0,11	0,03±0,005
<b>Цинк, мкг/л</b> Zinc, mkg/l	0,3/16,18	8,72±9,99	15,8/49,4	32,9±6,85	5,14/50,1	23,9±9,54
<b>Свинец, мкг/л</b> Lead, mkg/l	2/17,7	8,93±4	2/12,9	5,69±3,14	6,42/23,15	15,5±4,23
<b>Кадмий, мкг/л</b> Cadmium, mkg/l	4,8/9	7,56±1,2	7,26/10,14	8,58±0,72	9,9/11,72	10,9±0,44
<b>Взвешенное вещество, мг/л</b> Suspended substance, mg/l	2/2,67	2,2±0,9	2/2	2±0	2,67/3,33	3,11±0,19
<b>Донные отложения / Bottom sediments</b>						
<b>Медь, мкг/г</b> Copper, mkg/g	16,8/21,8	18,7±1,55	22,5/36,5	24,6±8,0	16,3/39,1	28,2±7,32
<b>Нефтепродукты, мг/кг</b> Oil products, mg/kg	4,49/14,3	8,52±5,17	9,13/11,6	10,21±0,89	7/57	27,9±26,0

**Рисунок 4.** Средняя численность ( $N$ , млн кл./  $m^3$ ) и биомасса ( $B$ ,  $mg/m^3$ ) фитопланктона на разрезах в районе устья реки Агой в июне 2012 г. Обозначения: *Bac*, *Din*, *Cya*, *Cry*, *Eug*, *Fla*, *Chr* – Bacillariophyta, Dinophyta, Cyanophyta, Cryptophyta, Euglenophyta, Flagellatae и Chrysophyta соответственно**Figure 4.** Average abundance ( $N$ , million cell/  $m^3$ ) and biomass ( $B$ ,  $mg/m^3$ ) of phytoplankton in profiles near the mouth of the Agoi River in June 2012. Designations: *Bac*, *Din*, *Cya*, *Cry*, *Eug*, *Fla*, *Chr* – Bacillariophyta, Dinophyta, Cyanophyta, Cryptophyta, Euglenophyta, Flagellatae and Chrysophyta, respectively

Доля диатомовых и динофитовых водорослей была  $\leq 8-10\%$ . Динофитовые водоросли формировали 40% общей биомассы фитопланктона ( $75,16 \text{ мг/м}^3$ ), диатомовые водоросли – 42% ( $78,62 \text{ мг/м}^3$ ) соответственно. Средняя численность фитопланктона составляла  $324,7 \pm 189,5 \text{ млн кл./м}^3$ , биомасса –  $187,82 \pm 112,2 \text{ мг/м}^3$ .

Средняя численность гетеротрофных бактерий в районе устья реки Агой ( $0,63 \pm 0,05 \text{ млн кл./мл}$ , биомасса  $237 \pm 264 \text{ мг/м}^3$ ) была в три раза ниже в сравнении с пляжной зоной и в пять раз – с береговым стоком (рис. 5).



**Рисунок 5.** Распределение численности (А) и биомассы (В) основных компонентов морской экосистемы в районе устья реки Агой

**Figure 5.** Distribution of abundance (A) and biomass (B) of the main components of the marine ecosystem at the mouth of the Aгой River

В этом районе отмечены наименьшие показатели инфузорий (в среднем  $3,5 \pm 0,61 \text{ млн экз./м}^3$ ) при биомассе  $132 \pm 385$ ). Численность голопланктона колебалась от 2,3 до 3,3 тыс. экз./м<sup>3</sup>, при средних значениях  $3,1 \pm 0,32 \text{ тыс. экз./м}^3$ ; меропланктона – от 0,24 до 0,84 тыс. экз./м, при средних значениях  $0,67 \pm 0,09 \text{ тыс. экз./м}^3$ . На глубинах 5,5–7,5 м численность икринок и личинок летне-нерестующих видов рыб в вертикальных ловах составляла 13 экз./м<sup>2</sup>, в горизонтальных –  $57,3 \text{ экз./100 м}^3$ . Процент нежизнеспособных и с аномалиями в развитии икринок и личинок был минимальным – 8,3%. В ихтиопланктоне доминировала султанка (33,5%) и морской карась (52,5%). В эстуарной зоне реки Агой средняя плотность зообентоса рыхлых грунтов была максимальной  $1600 \pm 476 \text{ экз./м}^2$ , биомасса  $120 \pm 18,5 \text{ г/м}^2$ . В составе зообентоса на глубинах 2,5–5,5 м выделен биоценоз с доминированием двустворчатых моллюсков *Lucinella divaricata*, на глубине 7,5 м – *Chamelea gallina*. Эти биоценозы располагались в районе устья реки Агой (I разрез) и в пляжной зоне (II разрез) (см. рис. 3). Средняя плотность сообщества *Lucinella divaricata* (Linnaeus) составляла  $650 \pm 237,6 \text{ экз./м}^2$ , биомасса

$53,5 \pm 26 \text{ г/м}^2$ ; плотность доминирующего вида –  $457 \pm 198,5 \text{ экз./м}^2$  (70% от средней), биомасса –  $28,5 \pm 14,7 \text{ г/м}^2$  (53,8%). Фауна в пределах сообщества представлена двустворчатыми моллюсками (Bivalvia) *Donax trunculus* Linnaeus, *Spisula subtruncata* (Da Costa), *Pitar rudis* (Poli), *Chamelea gallina* (Linnaeus), усногими раками (Cirripedia) *Amphibalanus improvisus* (Darwin) и Porifera. Средняя плотность сообщества *Chamelea gallina* составляла  $1745 \pm 604,5 \text{ экз./м}^2$ , биомасса  $98,4 \pm 81,4 \text{ г/м}^2$ ; плотность доминирующего вида –  $978 \pm 334 \text{ экз./м}^2$  (56% от средней), биомасса –  $67,8 \pm 45,4 \text{ г/м}^2$  (69%). В биоценозе зарегистрировано 14 таксонов: (Bivalvia) *L. divaricata*, *P. rudis*, *S. subtruncata*, *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga), (Gastropoda) *Tritia reticulata* (Linnaeus), (Polychaeta) *Prionospio cirrifera* Wirén, *Alitta succinea* (Leuckart), (Grube), *Aricidea* (*Strelzovia*) *claudiae* Laubier, *Polydora* sp., *Malacoceros fuliginosus* (Claparède), (Cirripedia) *A. improvisus*, гаммариды и губки.

**Разрез II (пляжная зона).** В поверхностных водах пляжной зоны величины фосфатов составляли 7,05 мкг/л (в среднем  $4,49 \pm 0,92 \text{ мкг/л}$ ), органического азота – 514 мкг/л (в среднем  $389,6 \pm 54,6 \text{ мкг/л}$ ), фенола – 2,2

мкг/л (в среднем  $1,5 \pm 0,44$  мкг/л). В донных отложениях концентрации нефтепродуктов отмечены в пределах 9,13-11,6 мг/кг (в среднем  $10,21 \pm 0,89$  мг/кг), меди – 22,5-36,5 мкг/г (в среднем  $24,6 \pm 8,0$  мкг/г). По критерию Стьюдента достоверных отличий ( $p > 0,05$ ) по гидрохимическим показателям в сравнении с районом устья реки Агой не обнаружено.

В пляжной зоне, как и в районе устья реки Агой, в численности фитопланктона была заметна роль примнезиевых водорослей, главным образом кокколитофорида *E. huxleyi* – 79% (190 млн кл./м<sup>3</sup>). Наибольший вклад в биомассу вносили динофитовые (66%) и диатомовые водоросли (21%). Суммарное обилие фитопланктона было близко к наблюдаемому на первом разрезе  $239,1 \pm 5$  млн кл./м<sup>3</sup>, биомасса –  $203,6 \pm 2$  мг/м<sup>3</sup>. В районе пляжа среди плавающих людей численность и биомасса гетеротрофных бактерий ( $1,9 \pm 1,0$  млн кл./мл, биомасса  $254 \pm 325$  мг/м<sup>3</sup>) в среднем были 1,4-3 раза выше в сравнении с эстуарной зоной реки Агой и достигали максимальных значений на глубине 2,5 м – 3 млн кл./мл, биомасса 396 мг/м<sup>3</sup>. Численность и биомасса инфузорий в пляжной зоне в среднем возрастала в 7-2,5 раз соответственно. Максимум обилия инфузорий отмечен на глубине 7,5 м –  $37 \pm 25,7$  млн экз./м<sup>3</sup>, биомасса  $458 \pm 408$  мг/м<sup>3</sup>. На этой глубине была самой высокой по району исследования численность икринок и личинок рыб (в вертикальных ловах 72 экз./м<sup>2</sup>, при средних значениях 37 экз./м<sup>2</sup>, в горизонтальных – 61,4 экз./100 м<sup>3</sup>). В составе иктопланктона доминировала султанка (38,2%) и морской карась (34%). Однако процент нежизнеспособных икринок и личинок и с аномалиями в развитии (68%) в среднем был в 8 раз выше, чем на первом разрезе. Голо-, и мероопланктон в районе пляжа вод имели невысокие значения, а их распределение из-за сильного перемешивания вод носило мозаичный характер. Численность голопланктона колебалась от 1,9 до 2,8 тыс. экз./м<sup>3</sup> при средних значениях  $2,3 \pm 0,46$  тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса –  $15,7-41,5$  мг/м<sup>3</sup> при средних значениях  $26,5 \pm 13,2$  мг/м<sup>3</sup>; численность мероопланктона – от 0,45 до 0,8 тыс. экз./м<sup>3</sup> при средних значениях  $0,7 \pm 0,09$  тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса –  $5-21,5$  мг/м<sup>3</sup> при средних значениях  $5 \pm 2,6$  мг/м<sup>3</sup>. В составе зообентоса рыхлых грунтов выделен биоценоз с доминированием двустворчатых моллюсков *Lucinella divaricata* (глубина 2,5-5,5 м) и биоценоз *Chamelea gallina* (глубина 7,5 м). Выше приведена характеристика этих биоценозов (см. разрез I). Однако в районе пляжа средняя плотность поселения донных животных и его биомасса ( $430 \pm 94,7$  экз./м<sup>2</sup> и  $16,9 \pm 8,4$  г/м<sup>2</sup>) были соответственно в 4 и 7 раз ниже, чем в эстуарной зоне реки Агой.

**Разрез III (береговой сток).** В поверхностных водах берегового стока минимальные величины растворенного кислорода составляли 7,09 мг/л (в среднем  $7,8 \pm 0,31$  мг/л), максимальные величины фосфатов – 6,75 мкг/л (в среднем  $6,03 \pm 0,4$  мкг/л), органического азота – 614 мкг/л (среднем  $430 \pm 65,2$  мкг/л), взвешенных веществ – 3,33 мг/л (в среднем  $3,11 \pm 0,19$  мг/л), фенола – 2,6 мкг/л (в среднем  $2,3 \pm 0,18$  мкг/л), детергентов (КПАВ) – 0,11 мг/л (в среднем  $0,04 \pm 0,03$  мг/л), марганца – 0,11 мг/л (в среднем  $0,03 \pm 0,005$  мг/л), цинка – 50,1 мкг/л (в среднем  $23,9 \pm 9,54$  мкг/л), свинца – 23,1 мкг/л (в среднем  $15,5 \pm 4,23$  мкг/л), кадмия – 11,72 мкг/л (в среднем  $10,9 \pm 0,44$  мкг/л) (табл. 2). В донных

отложениях максимальные концентрации нефтепродуктов отмечены на уровне 57 мг/кг (в среднем  $27,9 \pm 26,0$  мг/кг), меди – 39,1 мкг/г (в среднем  $24,6 \pm 8,09$  мкг/г). Однако статистические различия между гидрохимическими параметрами трех разрезов были не достоверны ( $p > 0,05$ ) и находились в пределах случайных колебаний этих показателей.

В районе берегового стока отмечено возрастание роли синезеленых и эвгленовых водорослей до 13,4% от общей численности фитопланктона (41,1 млн кл./м<sup>3</sup>), динофитовых – 16% (49,6 млн кл./м<sup>3</sup>) и снижение роли примнезиевых – 57,5% (175 млн кл./м<sup>3</sup>). Показательные для сапробных вод солоноватоводные поли- и мезосапробные синезеленые водоросли родов *Oscillatoria*, *Lyngbya* и эвгленовые водоросли родов *Eutreptia*, *Euglena* в сумме составляли 20% общей численности фитопланктона. Существенный вклад в биомассу вносили динофитовые – 59,2% ( $126,7$  мг/м<sup>3</sup>) и диатомовые водоросли – 20% ( $49,6$  мг/м<sup>3</sup>). В распределении суммарной численности фитопланктона в сравнении с другими участками существенных различий не найдено. В районе берегового стока на глубине 2,5 м количество гетеротрофной микрофлоры достигало очень высоких значений численности для открытых участков – 4,5 млн кл./мл при биомассе  $764$  мг/м<sup>3</sup> (в среднем  $3,1 \pm 0,5$  млн кл./мл и  $531 \pm 92,4$  мг/м<sup>3</sup> соответственно). Здесь же отмечены самые высокие количественные показатели инфузорий – 64 млн. экз./м<sup>3</sup>, биомасса  $782$  мг/м<sup>3</sup> (в среднем  $46 \pm 7,2$  млн. экз./м<sup>3</sup>,  $616 \pm 77,1$  мг/м<sup>3</sup> соответственно). Корреляционный анализ позволил выявить зависимость между численностью и биомассой гетеротрофных бактерий и инфузорий, представленных в планктоне исследуемого района ( $r = -0,95-0,99$ ). В распределении обилия голо- и мероопланктона существенных отличий в сравнении с другими разрезами не обнаружено. В то же время, численность иктопланктона в горизонтальных ловах была в два раза ниже в сравнении с I и II разрезами, в вертикальных ловах – в 6,5 и 18,5 раз соответственно. Доминировала султанка (61,4%) и морской карась (29,2%). Практически все икринки и личинки были с аномалиями в развитии. На разрезе у берегового стока средняя биомасса зообентоса была минимальной ( $0,5 \pm 0,05$  г/м<sup>2</sup>, плотность  $536 \pm 30$  экз./м<sup>2</sup>). Здесь располагался биоценоз многощетинкового червя *Capitella capitata* (Fabricius). Плотность доминирующего вида была  $388 \pm 29,2$  экз./м<sup>2</sup> (72,5% от средней), биомасса –  $0,3 \pm 0,05$  г/м<sup>2</sup> (62,6%). Биоценоз представлен (Polychaeta) *Polydora* sp., *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, *Scolecopsis fuliginosa*, *Heteromastus filiformis* (Claparède), (Bivalvia) *C. gallina*, *A. kagoshimensis*, (Gastropoda) *Bittium reticulatum* (da Costa), (Cirripedia) *A. improvisus*.

Выполненные комплексные гидробиологические и гидрохимические исследования позволили провести анализ экологического состояния черноморского прибрежного мелководья Кавказа в районе устья реки Агой. Полученные результаты свидетельствовали об удовлетворительном состоянии большей части пляжной зоны на глубинах 2,5-7,5 м, где располагались псаммофильные биоценозы двустворчатых моллюсков *Lucinella divaricata* и *Chamelea gallina*. Пространственная гетерогенность планктона и зообентоса была обу-



словлена комплексом факторов, которые определяли специфику видового состава, обилие и структуру сообществ. Известно, что основным фактором, оказывающим влияние на уровень количественного развития кокколитофориды *E. huxleyi* на северо-восточном шельфе Черного моря, является концентрация фосфора и гидрофизические факторы [15; 16]. Замещение этих водорослей миксотрофами в районе берегового стока связано со способностью последних использовать минеральные и органические формы биогенных элементов, а в случае с цианобактериями – азотфиксацию и хемосинтез [17]. Развитие солоновато-водных поли-, мезосапробных синезеленых и эвгленовых водорослей в районе берегового стока, а также высокие показатели обилия гетеротрофного бактериопланктона согласно работе [17] определяли трофический статус вод как мезотрофно-эвтрофных. Средняя численность гетеротрофных бактерий в районе берегового стока была в три раза выше в сравнении с пляжной зоной и в пять раз – с устьем реки Агой. Аналогичная тенденция наблюдалась и в распределении инфузорий. В среднем, численность и биомасса гетеротрофных бактерий и инфузорий (микроретротрофов) в пляжной зоне района устья реки Агой, испытывающей рекреационную нагрузку, были сопоставимы с таковыми открытых частей бухт и портов северо-восточной части Черного моря [18]. Известно, что в результате активной деструкции многочисленные микроретротрофы (бактерии и инфузории) справляются с поступающим в водоем аллохтонным органическим веществом [1; 2]. Обилие голопланктона и меропланктона открытого прибрежного мелководья района устья реки Агой в сравнении с заливами и бухтами северо-восточного шельфа Черного моря было низким [1; 2; 19]. Голопланктон состоял главным образом из неритических организмов – мелких ракообразных *P. polyphemoides*, *A. tonsa*, *O. davisae*. Меропланктон также имел свои особенности, которые связаны со сроками нереста, составом донных биоценозов и другими, в том числе антропогенными факторами. Он характеризовался низким видовым разнообразием и обилием, а в его структуре значительную роль играли личинки спионид и усонюгих раков. Наиболее вероятная причина слабого количественного развития ихтиопланктона и бедности его таксономического состава – ухудшение условий обитания для нерестовых популяций рыб в зоне рекреации. В районе стока и пляжа икра была главным образом с патологией в развитии (68-100%), а показатели численности ихтиопланктона близки к таковым, отмеченным в загрязненных портах северо-восточной части Черного моря [20]. Ведущая роль в формировании пространственной структуры зообентосных сообществ принадлежит типу и характеру загрязненности осадков [21]. Различия в геохимическом фоне морских прибрежных вод и гистопатологическом состоянии донных моллюсков выявлены в четырех районах северо-восточного шельфа Черного моря [22]. Площадь дна пляжной и эстуарной зоны реки Агой занимали псаммофильные сообщества двустворчатых моллюсков *S. gallina* и *L. divaricata*. В 1960-1980-х гг. в Туапсинском районе *S. gallina* составляла основу “венусового биоценоза” на глубинах 20-30 м [23]. Двустворчатый моллюск *L. divaricata* был постоянным компонентом этого сообщества. В конце 1990-х гг.

отмечено полное отсутствие *L. divaricata* в районе между Геленджиком и Туапсе [24]. По работе [25] в 2007 и 2008 гг. биоценозы *S. gallina* и *L. divaricata* в кавказском секторе Черного моря были представлены слабо. В результате заиления отмечено сужение зоны, занимаемой сообществом *S. gallina*, до глубин 10-25 м [26]. В тоже время, на крымском побережье *L. divaricata* имела наибольшую плотность среди моллюсков (446 экз./м<sup>2</sup>) [27]. Такую же плотность вида (457 экз./м<sup>2</sup>) мы отмечали на глубине 2,5-5,5 м в эстуарной зоне реки Агой в июне 2012 г. На участке Джубга – Хоста в 2013 г. на глубине 10-25 м в биоценозе *Chamelea gallina* – *Pitar rudis* плотность поселения этого вида составляла 80 экз./м<sup>2</sup> [28]. Структурные характеристики зообентоса, отражающие хронические изменения в морской экосистеме, свидетельствуют о наличии в районе берегового стока факторов, тормозящих развитие планктонных и донных сообществ. На участке берегового стока по сравнению с устьем реки Агой и пляжной зоной обнаружено появление цианобактерий и явное угнетение зообентоса, выражающееся в сукцессии биоценоза двустворчатых моллюсков в биоценоз многощетинковых червей *Capitella capitata* (Fabricius). Биомасса биоценоза многощетинкового червя *C. capitata* у выпуска берегового стока была на два порядка ниже средней по исследуемому району. Общеизвестно, что *C. capitata* – вид толерантный к органическому загрязнению и сероводородному заражению донных осадков. Замещение биоценоза двустворчатых моллюсков биоценозом многощетинковых червей могло произойти в результате значительного антропогенного преобразования биотопа и заиления. Статистические различия между гидрохимическими параметрами трех разрезов были не достоверны и находились в пределах случайных колебаний этих показателей. Такие компоненты загрязнения, как битум, фенол, углеводороды, тяжелые металлы, лишь сопутствуют органическому загрязнению, результатом которого является сульфатредукция и накопление действительно токсичных для фауны сульфидов [29]. На структуру, распространение зообентоса и роль доминирующих видов в биоценозе в антропогенных зонах значительно большее воздействие оказывает уровень сероводородного заражения грунтов, чем загрязнители, традиционно учитываемые в санитарной гидробиологии [29]. Также следует учитывать, что на открытых участках морей существенную роль в формировании гидрохимической структуры вод и количественных показателей планктона играет эффект разбавления вод. Даже пришедшие с паводком воды могут значительно повышать концентрацию элементов питания планктона лишь на короткое время, при этом, существенно не изменяя структуру биологических сообществ [4].

## ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов позволил выявить различия в распределении планктона и зообентоса между разрезами рекреационной зоны, обусловленные разным отношением организмов к комплексу факторов, наиболее важными из которых являются состав грунта, содержание в воде и осадках загрязняющих веществ и рекреационная нагрузка. Полученные результаты свидетельствовали об удовлетворительном состоянии

большей части пляжной зоны в районе устья реки Агой на глубинах 2,5-7,5 м, где располагались псаммофильные биоценозы двусторчатых моллюсков *Lucinella divaricata* и *Chamelea gallina*. Отмечено возрастание плотности редких в конце 1990-х гг. видов *L. divaricata*. Негативное влияние загрязняющих веществ на планктон проявлялось в снижении численности популяции сетного зоопланктона и возрастании микрогетеротрофов. Численность и биомасса гетеротрофных бактерий и инфузорий были сопоставимы с таковыми открытых частей бухт и портов северо-восточной части Черного моря. Их высокие показатели и развитие солоноватоводных поли-, мезосапробных синезеленых и эвгленовых водорослей в районе берегового стока определяли трофический статус вод как мезотрофно-эвтрофных. Слабое развитие ихтиопланктона, голо-, меропланктона, высокая доля нежизнеспособных и с аномалиями в развитии икринок и личинок рыб свидетельствовали о неблагоприятных условиях для эмбрионального и постэмбрионального развития рыб. На участке берегового стока по сравнению с устьем реки Агой и пляжной зоной обнаружено появление цианобактерий и явное угнетение зообентоса, выражающееся в сукцессии биоценоза двусторчатых моллюсков в биоценоз многощетинковых червей *C. capitata*. Биомасса биоценоза *C. capitata* в этом районе была почти на два порядка ниже средней по району. Однако статистически достоверных различий между изучаемыми гидрохимическими параметрами трех разрезов установить не удалось.

Полученные результаты дают представление о состоянии морских прибрежных экосистем рекреационно-туристических и охраняемых зон Кавказа и могут быть полезны для дальнейшего мониторинга этого района.

#### БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН по теме «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом» № АААА-А18-118021490093-4; государственного задания ФГБУН Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН по теме «Морские природные системы Черного и Азовского морей: эволюция и современная динамика гидрофизических, гидрохимических, биологических, береговых и литодинамических процессов» № 0149-2019-0014; государственного задания ФГБУН Мурманского морского биологического института КНЦ РАН № АААА-А17-117052310083-5.

#### ACKNOWLEDGEMENT

This work was undertaken through the support of the Russian Academy of Sciences: research grant № АААА-А18-118021490093-4 Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS on the subject «Functional, metabolic and toxicological aspects of the existence of hydrobionts and their populations in biotopes with different physical and chemical regime»; research grant № 0149-2019-0014 Shirshov Institute of Oceanology of RAS on the subject «Marine natural systems of the Black Sea and the Sea of Azov: evolution and modern dynamics of hydrophysical, hydrochemical, biological, coastal and lithodynamic pro-

cesses»; research grant № АААА-А17-117052310083-5 Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Centre of Russian Academy of Sciences.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Селифонова Ж.П. Экосистемы акваторий черноморских портов Новороссийска и Туапсе. СПб.: Наука, 2012. 228 с.
2. Селифонова Ж.П. Прибрежные экосистемы северо-восточного шельфа Черного моря и Азовского моря. Новороссийск: ГМУ им. адм. Ф.Ф.Ушакова, 2014. 170 с.
3. Kostianoy A.G., Lebedev S.A., Soloviev D.M., Tepe Ya. On river plumes along the Turkish coast of the Black Sea // *Ecologica Montenegrina*. 2019. V. 25. P. 1-16.
4. Паутова Л.А., Силкин В.А., Часовников В.К. Реакция фитопланктонного сообщества на катастрофическое наводнение (июль 2012 г.) // *Вопросы современной альгологии*. 2018. Т. 17. N 2. URL: <http://algology.ru/1295> (дата обращения: 21.07.2019)
5. Гицба Я.В., Экба Я.А. Влияние речного стока на загрязнение биогенными элементами и нефтепродуктами морской акватории Абхазии // *Известия Южного Федерального Университета. Технические науки*. 2017. Т. 193. N 8. С. 27-37. DOI: 10.23683/2311-3103-2017-8-27-37
6. Selifonova Zh.P., Makarevich P.R., Samyshev E.Z., Bartits L.M. Study of ecosystem of the Sukhum Bay with emphasis on anthropogenic impact, Abkhazian Black Sea coast // *Ecologica Montenegrina*. 2019. V. 22. P. 108-116.
7. Часовников В.К., Чжу В.П., Очередник О.А., Марьясова Е.С. Оценка уровня техногенных загрязнений в прибрежной зоне Черного моря в районе Геленджика // *Океанология*. 2016. Т. 56. N 1. С. 76-80. DOI: 10.7868/S0030157416010020
8. Samyshev E.Z., Minkina N.I., Orlova I.G. Integral assessment of pollution in bottom sediments of coastal and open sea areas of the Black Sea // *Морський екологічний журнал*. 2014. V.13, N. 4. P. 41-49.
9. Руководство по химическому анализу морских вод. РД 52.10.243\_02. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. 264 с.
10. Брянцева Ю.В., Лях А.М., Сергеева А.В. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря. Севастополь, 2005. 25 с.
11. Коновалова Г.В. Структура планктонного фитоценоза залива Восток Японского моря // *Биология моря*. 1984. N 1. С. 13-23.
12. Hobbie J.E., Dadey R.J., Jasper S. Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy // *Appl. Environ. Microbiologia*. 1977. V. 33. Iss. 5. P. 1225-1228.
13. Sorokin Yu.I. Aquatic microbial ecology. Leiden: Backhuys, 1999. 245 p.
14. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 239 с.
15. Силкин В.А., Паутова Л.А., Микаэлян А.С. Рост кокколитофориды *Emiliania huxleyi* (Lohm.) Hay et Mohl. в северо-восточной части Черного моря, лимитированный концентрацией фосфора // *Альгология*. 2009. Т. 19. N 2. С. 135-144.
16. Якубенко В.Г., Востоков С.В., Силкин В.А., Паутова Л.А., Востокова А.С. Гидрофизические факторы формирования интенсивного «цветения» кокколитофориды *Emiliania huxleyi* в Абхазском секторе Черного моря в конце мая 2013 г. // *Экология гидросферы*. 2019. Т. 3. N 1. С. 52-67. DOI: 10.33624/2587-9367-2019-1(3)-52-67
17. Сорокин Ю.И. Бактериопланктон // *Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения прикавказской зоны Черного моря*. М.: Недра, 1996. С. 266-276.

18. Селифонова Ж.П. Гетеротрофные бактерии, зоофлагелляты и инфузории прибрежных вод северо-восточного шельфа Черного моря // Биология внутренних вод. 2014. N 3. С. 45-53. DOI: 10.7868/S0320965214030176
19. Селифонова Ж.П. Голопланктон акваторий курортных городов северо-восточной части Черного моря // Бюллетень МОИП. Отд. Биол. 2014. Т. 119. Вып. 1. С. 39-50.
20. Селифонова Ж.П. Иктиопланктон прибрежных вод северо-восточного шельфа Черного моря и Керченского пролива // Вопросы иktiологии. 2012. Т. 52. N. 4. С. 423-431.
21. Самышев Э.З., Золотарев П.Н. Механизмы антропогенного воздействия на бенталь и структуру донных биоценозов северо-западной части Черного моря / Ин-т морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского. РАН. Севастополь: ООО «Колорит», 2018. 208 с.
22. Колючкина Г.А., Будько Д.Ф., Часовников В.К., Чжу В.П. Влияние характеристик донных осадков на локальную изменчивость гистопатологий двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* на северо-восточном побережье Черного моря // Океанология. 2017. Т. 57. N 6. P. 911-933. DOI: 10.7868/S0030157417060077
23. Заика В.Е., Киселева М.И., Михайлова Т.В., Маккаева Е.Б. и др. Многолетние изменения зообентоса Черного моря. Киев: Наукова думка, 1992. 248 с.
24. Кучерук Н.В., Басин А.Б., Котов А.В., Чикина М.В. Макрозообентос рылных грунтов северо-кавказского побережья Черного моря: многолетняя динамика сообществ // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. М.: Наука, 2002. С. 289-297.
25. Набоженко М.В. Современное распределение двустворчатых моллюсков (Mollusca: Bivalvia) северо-восточной части Чёрного моря // Вестник Южного научного центра РАН. 2011. Т. 7. N. 3. С. 79-86.
26. Chikina M.V., Kucheruk N.V. Long-term changes in the structure of coastal benthic communities in the north-eastern part of the Black Sea: influence of alien species // Oceanology. 2005. V. 45. N 1. P. 176-182.
27. Ревков Н.К. Макрозообентос украинского шельфа Черного моря // Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. С. 140-162.
28. Селифонова Ж.П., Часовников В.К. Экологическое состояние зообентоса прикавказской зоны Черного моря (район Джубга – Хоста) // Системы контроля окружающей среды. 2017. Т. 10. N 30. С. 119-128. DOI: 10.33075/2220-5861-2017-4-119-128
29. Sorokin Yu.I., Zakusina O.Yu. Acid-soluble sulfides in the upper layer of the bottom sediments on the north-eastern shelf of the Black Sea: relation to the pollution and environmental aftereffects // Oceanology. 2008. V. 48. N 2. P. 204-211.
- REFERENCES**
1. Selifonova Zh.P. *Ekosistemy akvatorii chernomorskikh portov Novorossiyska i Tuapse* [Marine Ecosystems of the Ports of Novorossiysk and Tuapse of the Black Sea]. St. Petersburg, Nauka Publ., 2012, 228 p. (In Russian)
2. Selifonova Zh.P. *Pribrzhnye ekosistemy severo-vostochnogo shel'fa Chernogo morya i Azovskogo morya* [Coastal ecosystems of the north-eastern Black Sea and the Sea of Azov]. Novorossiysk, State Maritime University named after Admiral F.F. Ushakov Publ., 2014, 170 p. (In Russian)
3. Kostianoy A.G., Lebedev S.A., Soloviev D.M., Tepe Ya. On river plumes along the Turkish coast of the Black Sea. *Ecologica Montenegrina*, 2019, vol. 25, pp. 1-16.
4. Pautova L.A., Silkin V.A., Chasovnikov V.K. [The response of the phytoplankton community to a catastrophic flood (July 2012)]. *Voprosy sovremennoi al'gologii*, 2018, vol. 17, no. 2 (In Russian) Available at: <http://algology.ru/1295> (accessed 21.07.2019)
5. Gitsba Ya.V., Ekba Ya.A. Influence of river runoff on pollution by nutrients and oil products in the marine area of Abkhazia. *Izvestiya SFedU. Engineering sciences*, 2017, vol. 193, no. 8, pp. 27-37. (In Russian) DOI: 10.23683/2311-3103-2017-8-27-37
6. Selifonova Zh.P., Makarevich P.R., Samyshev E.Z., Bart-sits L.M. Study of ecosystem of the Sukhum Bay with emphasis on anthropogenic impact, Abkhazian Black Sea coast. *Ecologica Montenegrina*, 2019, vol. 22, pp. 108-116.
7. Chasovnikov V.K., Chjoo V.P., Ocherednik O.A., Mar'yasova E.S. Evaluation of the level of technogenic pollution in the coastal zone of the Black Sea near Gelendzhik. *Oceanology*, 2016, vol. 56, no. 1, pp. 76-80. (In Russian) DOI: 10.7868/S003015 41 6010020
8. Samyshev E.Z., Minkina N.I., Orlova I.G. Integral assessment of pollution in bottom sediments of coastal and open-sea areas of the Black Sea. *Morskoi ekologicheskii zhurnal* [Marine ecological journal]. 2014, vol. 13, no. 4, pp. 41-49.
9. *Rukovodstvo po khimicheskoy analizu morskikh vod. RD 52.10.243\_02* [Guide for Chemical Analysis of Marine Waters. RD 52.10.243\_02]. SPb., Gidrometeoizdat Publ., 1993, 264 p. (In Russian)
10. Bryantseva Yu.V., Lyah A.M., Sergeeva A.V. *Raschet ob'emov i ploshchadei poverkhnosti odnokletochnykh vodoroslei Chernogo morya* [Calculation of Volumes and Surface Areas of Single-celled Algae of the Black Sea.]. Sevastopol', 2005, 25 p. (In Russian)
11. Konovalova G.V. Structure of the planktonic phytoecene of the East Sea of the Japan Bay. *Biologiya morya* [Russian journal of Marine Biology]. 1984, no. 1, pp. 13-23. (In Russian)
12. Hobbie J.E., Dadey R.J., Jasper S. Use of nuclepore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Appl. Environ. Microbiologia*, 1977, vol. 33, iss. 5, pp. 1225-1228.
13. Sorokin Yu.I. Aquatic microbial ecology. Leiden, Backhuys, 1999, 245 p.
14. *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhenii* [Guide to Methods for Hydrobiological Analysis of Surface Water and Bottom Sediments]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1983, 239 p. (In Russian)
15. Silkin V.A., Pautova L.A., Mikaelyan A.S. Growth of coccolithophorids *Emiliana huxleyi* (Lohm.) Hay et Mohl. in the north-eastern part of the Black Sea, limited by the concentration of phosphorus. *Al'gologiya* [Algologia]. 2009, vol. 19, no. 2, pp. 135-144. (In Russian)
16. Yakubenko V.G., Vostokov S.V., Silkin V.A., Pautova L.A., Vostokova A.S. Hydrophysical factors of coccolithophores *Emiliana huxleyi* intensive bloom formation in the Abkhazian sector of the Black Sea at the end of May 2013. *Hydro-sphere ecology*, 2019, vol. 3, no. 1, pp. 52-67. (In Russian) DOI: 10.33624/2587-9367-2019-1(3)
17. Sorokin Yu.I. [Bakterioplankton]. In: *Tekhnogennoe zagryaznenie i protsessy estestvennogo samoochishcheniya prikavkazskoi zony Chernogo morya* [Technogenic Pollution and Processes of Natural Self-purification of the Caucasian zone of the Black Sea]. Moscow, Nedra Publ., 1996, pp. 266-276. (In Russian)
18. Selifonova Zh.P. Heterotrophic bacteria, zooflagellates and infusoria of coastal waters of the north-eastern shelf of the Black Sea. *Inland Water Biology*, 2014, no. 3, pp. 45-53. (In Russian) DOI: 10.7868/S0320965214030176
19. Selifonova Zh.P. Holoplankton of the waters of resort towns in the north-eastern part of the Black Sea. *Byulleten' Moskovskogo obschestva ispytateley prirody. Otdelenie Biologicheskoe* [Bulletin of Moscow Society of Naturalists

Biological series]. 2014, vol. 119, iss. 1, pp. 39-50. (In Russian)

20. Selifonova Zh.P. Ichthyoplankton of coastal waters of the north-eastern shelf of the Black Sea and the Kerch Strait. *Voprosy ikhtologii* [Journal of Ichthyology]. 2012, vol. 52, no. 4, pp. 423-431. (In Russian)

21. Samyshev E.Z., Zolotarev P.N. *Mekhanizmy antropogen-nogo vozdeistviya na bental' i strukturu donnykh biotsenozov severo-zapadnoi chasti Chernogo morya* [Mechanisms of Anthropogenic Impact on Benthos and the Structure of Bottom Biocenoses in the North-western Part of the Black Sea]. Sevastopol, «Kolorit» Publ., 2018, 208 p. (In Russian)

22. Kolyuchkina G.A., Budko D.F., Chasovnikov V.K., Chzhu V.P. Influence of bottom sediment characteristics on local variability of histopathologies of the bivalve *Anadara kagoshimensis* on the north-eastern coast of the Black Sea. *Oceanology*, 2017, vol. 57, no. 6, pp. 911-933. (In Russian) DOI: 10.7868/S0030157417 06 00 77

23. Zaika V.E., Kiseleva M.I., Mikhailova T.V., Makkaveeva E.B. et al. *Mnogoletnie izmeneniya zoobentosa Chernogo morya* [Long-term Changes in the Zoobenthos of the Black Sea]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1992, 248 p. (In Russian)

24. Kucheruk N.V., Basin A.B., Kotov A.V., Chikina M.V. [Macrozoobenthos of bottom sediments of the North Caucasus coast of the Black Sea: long-term dynamics of communities]. In: *Kompleksnye issledovaniya severo-vostochnoi chasti Chernogo morya* [Complex Studies of the North-

Eastern Part of the Black Sea]. Moscow, Nauk Publ., 2002, pp. 289-297. (In Russian)

25. Nabozhenko M.V. Recent distribution of bivalve mollusks (Mollusca: Bivalvia) in the northeastern Black Sea. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo centra RAN* [Bulletin of the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences]. 2011, vol. 7, no. 3, pp. 79-86 (In Russian)

26. Chikina M.V., Kucheruk N.V. long-term changes in the structure of coastal benthic communities in the northeastern part of the Black Sea: influence of alien species. *Oceanology*, 2005, vol. 45, no. 1, pp. 176-182.

27. Revkov N.K. [Macrozoobenthos of the Ukrainian shelf of the Black Sea]. In: *Promyslovye bioresursy Chèrnogo i Azovskogo morei* [Commercial Bioresources of the Black and Azov Seas.]. Sevastopol', EKOSI-Gidrofizika Publ., 2011, pp. 140-162. (In Russian)

28. Selifonova Zh.P., Chasovnikov V.K. Ecological condition of zoobenthos on the Caucasus coast near Dzhubga – Khosta (the Black Sea). *Monitoring systems of environment*, 2017, vol. 10, no. 30, pp. 109-118. (In Russian) DOI: 10.33075/2220-5861-2017-4-119-128

29. Sorokin Yu.I., Zakuskina O.Yu. Acid-soluble sulfides in the upper layer of the bottom sediments on the north-eastern shelf of the Black Sea: relation to the pollution and environmental aftereffects. *Oceanology*, 2008, vol. 48, no. 2, pp. 204-211.

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Валерий К. Часовников выполнил отбор проб и гидрохимические измерения. Жанна П. Селифонова, Эрнест З. Самышев, Павел Р. Макаревич проанализировали данные и подготовили рукопись. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Valery K. Chasovnikov conducted sampling and hydrochemical measurements. Zhanna P. Selifonova, Ernest Z. Samyshev and Pavel R. Makarevich analyzed the data and prepared the manuscript. All authors participated equally in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism.

#### NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

#### ORCID

Жанна П. Селифонова / Zhanna P. Selifonova <https://orcid.org/0000-0002-4924-815X>

Валерий К. Часовников / Valery K. Chasovnikov <https://orcid.org/0000-0003-3713-5059>

Эрнест З. Самышев / Ernest Z. Samyshev <https://orcid.org/0000-0001-6979-6172>

Павел Р. Макаревич / Pavel R. Makarevich <https://orcid.org/0000-0002-7581-862X>