

Департамент образования и науки города Севастополя
Государственно бюджетное образовательное учреждение
«Центр дополнительного образования
«Малая академия наук»

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ Г. СЕВАСТОПОЛЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИДИИ
*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS***

Работу выполнила:

Пасеин Екатерина Сергеевна,
учащаяся творческого объединения
«Экотоксикология» ГБОУ
ЦДО «Малая академия наук»,
ГБОУ СОШ №54, 8 класс;

Научный руководитель:

Скуратовская Екатерина Николаевна,
педагог дополнительного образования,
руководитель творческого объединения
«Экотоксикология» ГБОУ ЦДО «Малая
академия наук», к.б.н., вед.н.с. ФИЦ
ИнБЮМ

Севастополь
2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	5
РАЗДЕЛ 2. РАЙОНЫ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	7
2.1 Характеристика районов исследований	7
2.2 Объект и методы исследований	8
2.3 Статистическая обработка данных	9
РАЗДЕЛ 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	9
ВЫВОДЫ	12
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	13

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Активная эксплуатация прибрежных районов в комплексе с техногенным загрязнением неизбежно приводит к истощению биологических ресурсов и ухудшению их состояния. В результате хозяйственной деятельности человека в море попадают сточные воды, содержащие отходы производства и коммунального хозяйства, сливы с сельскохозяйственных угодий и морского транспорта. Все это приводит к аккумуляции токсических веществ в донных отложениях, изменению физико-химических свойств воды и грунтов, что негативно влияет на биоту. Одним из таких районов является акватория г. Севастополя, которая служит коллектором различных загрязнителей. В её водные массы поступают неочищенные или условно-чистые промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды. Как следствие, в прибрежных районах сформировались зоны с высокими концентрациями токсикантов в донных осадках: тяжёлых металлов, хлор- и фосфорорганических соединений, нефтяных углеводородов, радионуклидов. Поллютанты поглощаются и накапливаются гидробионтами, вызывая реорганизацию обменных процессов, интоксикацию [4,8,9].

В связи со сложившейся ситуацией контроль загрязнения водной среды и биоты остаются основными задачами экологического мониторинга. Поэтому в настоящее время для комплексной оценки экологического состояния прибрежных акваторий, наряду с традиционными физико-химическими методами, широко применяются методы биоиндикации, наиболее полно отражающие качество окружающей природной среды и реакцию гидробионтов на весь комплекс негативного влияния среды в целом. Применение данного подхода требует подбора биоиндикаторных видов и информативных показателей (биомаркеров), по которым можно оценить состояние гидробионтов и среды их обитания в условиях интенсивного антропогенного воздействия [1,9,12].

Бентосные организмы в наибольшей степени подвержены влиянию химического загрязнения, так как они обитают непосредственно в придонной части, где оседают и накапливаются различные токсиканты. В объектах питания бентосных организмов содержание токсических веществ повышено вследствие их поступления из придонных слоев воды и грунта. Доминирующим видом в сообществах макрозообентоса севастопольских бухт являются мидия *Mytilus galloprovincialis*. Благодаря значительной аккумуляции загрязняющих веществ в организме при относительно низкой их концентрации в морской воде, мидии часто используются в качестве биоиндикаторов загрязненности морской воды тяжелыми металлами, нефтяными углеводородами, пестицидами [1,5,9].

Цель и задачи исследования. Цель работы – оценить экологическое состояние прибрежных акваторий г. Севастополя с использованием морфофизиологических показателей мидии *Mytilus galloprovincialis*.

Задачи исследования:

1. Изучить морфофизиологические показатели черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* из акваторий г. Севастополя с разным уровнем загрязнения.
2. Выявить параметры, наиболее чувствительные к условиям среды обитания.

Объект исследований - черноморская мидия *Mytilus galloprovincialis*.

Предмет исследований – изменение морфофизиологических показателей черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* в разных условиях обитания.

Методы исследований – малакологические методы, статистический анализ.

Научная новизна полученных результатов. Впервые исследован комплекс морфофизиологических показателей черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* из акваторий г. Севастополя с разным уровнем загрязнения. Выявлены параметры, наиболее чувствительные к загрязнению среды обитания.

Практическое значение. Учитывая тот факт, что прибрежные акватории города Севастополя характеризуются высоким уровнем загрязнения, анализ их состояния с помощью показателей гидробионтов представляет несомненный интерес.

РАЗДЕЛ 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Применяемые в настоящее время методы физико-химического анализа качества морской среды не позволяют оценить состояние прибрежных экосистем, так как отражают ситуацию непосредственно в период взятия проб и не дают возможности определять все известные и искать неизвестные виды загрязнителей водной среды. Поэтому для комплексной оценки экологического состояния водоемов, водотоков и их водосборов, находящихся под воздействием целого комплекса разнообразных антропогенных воздействий, совершенно необходимо использование методов биологического анализа, наиболее полно отражающих качество окружающей природной среды. В комплексном экологическом мониторинге состояния окружающей среды гидробиологический мониторинг водных объектов является важной составляющей. В основе гидробиологического мониторинга лежат исследования по биоиндикации с целью наблюдений, оценки и прогноза состояния водных экосистем в условиях все усиливающегося антропогенного пресса [1,5,9,12].

Аналитическими индикаторами в биологических методах являются различные живые организмы, их органы и ткани, физиологические функции, биохимические реакции и т.д. Донные беспозвоночные и их сообщества являются чувствительными индикаторами загрязнения биогенными и токсическими веществами, закисления и эвтрофикации водных объектов. Структурные и функциональные характеристики зообентоса являются перспективным элементом системы мониторинга загрязнения поверхностных вод и позволяют определить экологическое состояние и трофический статус водных объектов; оценить качество поверхностных вод как среды обитания организмов; определить совокупный эффект комбинированного действия загрязняющих веществ; локализовать источник загрязнения; установить тип загрязнителей и возникновение вторичного загрязнения вод [1,5,9].

Зообентос - один из важнейших элементов экосистем континентальных водоемов и водотоков. В состав зообентоса входят наиболее долгоживущие группы гидробионтов моллюски и олигохеты, продолжительность жизни которых достигает 6 лет, причем на их долю приходится большая доля биомассы зообентоса на многих водоемах и водотоках. Такие долгоживущие компоненты биоты являются хорошими индикаторами хронического загрязнения и устойчивости экосистемы [1].

Зообентос в наибольшей степени подвержен влиянию химического загрязнения, так как обитает непосредственно в придонной части, где оседают и накапливаются различные токсиканты. В объектах питания бентосных организмов содержание токсических веществ повышено вследствие их поступления из придонных слоёв воды и грунта [1].

Доминирующим видом в сообществах макрозообентоса севастопольских бухт является мидия *Mytilus galloprovincialis*. За счет высокой фильтрационной

активности бентосные организмы обладают повышенной способностью к накоплению токсикантов. Ряд авторов отмечают положительную корреляцию между содержанием УВ в бентосных организмах и местах их обитания - донных осадках. Поэтому довольно часто предлагается использовать различные бентосные организмы (в частности двустворчатые моллюски) в качестве тест-объектов при мониторинге загрязнения морской среды [5]. Морфофизиологические и биохимические показатели мидий наиболее полно отражают качество водной среды и их реакцию на весь комплекс негативного влияния в целом [9].

РАЗДЕЛ 2 РАЙОНЫ, ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Характеристика районов исследования

Исследования проводили в 4-х акваториях г. Севастополя с разным уровнем загрязнения в июне 2020 г. - Любимовка, б. Стрелецкая, б. Казачья, б. Балаклавская) (рис. 1).



Рис. 1.1 Районы исследований

Стрелецкая бухта является одной из наиболее подверженных антропогенному прессу акваторий г. Севастополя. Вдоль восточного побережья базируются корабли Черноморского флота. Западное побережье занято городскими жилыми застройками. В последние десятилетия наблюдается изменение «качества» антропогенной нагрузки в данной акватории, в частности за счет интенсивной застройки береговой полосы коммунальными и гостинично-туристическими комплексами, расширения сети причалов для судов малого (прогулочного) флота [7,10]. Для осадков Стрелецкой бухты характерны заиленные ракушняки, пески и черные илы. Рыхлые грунты б. Стрелецкой обладают наибольшей аккумулирующей способностью, в связи с чем бухта характеризуется высоким загрязнением донных осадков хлорорганическими соединениями и нефтяными углеводородами [4,9,10].

Казачья бухта расположена в 15 км от центра города и является одной из наиболее чистых в системе севастопольских бухт. Донные отложения Казачьей бухты представлены в основном заиленными ракушняками и песками. Такие крупнозернистые осадки характеризуются хорошей промываемостью и малой сорбционной емкостью загрязняющих веществ [4].

Балаклавская бухта длительное время использовалась исключительно в качестве военно-морской базы и подвергалась сильному техногенному

воздействию. Кроме того, непосредственно в акваторию бухты или сопредельную часть моря практически без очистки сбрасываются сточные воды: хозяйственно-бытовые стоки, сток шламовых вод Балаклавского рудокомбината, сток ливневых вод. Все эти факторы при ограниченности водообмена с прибрежной частью моря и отсутствии должных природоохранных мероприятий привело к повсеместному загрязнению морской среды [6].

Акватория микрорайона Любимовка – открытая, отдаленная от центра города прибрежная зона, имеет свободный водообмен с шельфовой зоной Крыма. Донные отложения представлены в основном песками, слабо накапливающие загрязняющие вещества, концентрация различных токсикантов здесь низкая. Данная акватория является наиболее чистой среди исследуемых районов [4].

Таким образом, уровень загрязнения тестируемых акваторий существенно различается, что особенно выражено для грунтов, с которыми тесно контактируют объект исследований.

1.2. Объект и методы исследований

Объектом исследования служила черноморская мидия *Mytilus galloprovincialis*. Отбирали одноразмерных мидий (со средней длиной 50 мм), проводили их полный биологический анализ. Определяли размер (длину, ширину, высоту), массу (P) целого моллюска, массу всех мягких тканей, гепатопанкреаса, жабр, массу левой и правой створок. Рассчитывали следующие морфофизиологические показатели [2,11]:

- Индекс упитанности (Упит, %)

$$\text{Упит} = (P_{\text{сырой ткани}} * 100) / L^3, \text{ где } L \text{ – длина мидии;}$$

- Выход мяса (ВМ, %)

$$\text{ВМ} = (P_{\text{сырой ткани}} * 100) / P_{\text{целой мидии}};$$

- Индекс жабр (ИЖ, %)

$$\text{ИЖ} = (P_{\text{жабр}} / P_{\text{целой мидии}}) * 100;$$

- Индекс гепатопанкреаса (ИГП, %)

$$\text{ИГП} = (P_{\text{гепатоп-са}} / P_{\text{целой мидии}}) * 100;$$

- Показатель флуктуирующей асимметрии массы створок (ПА)

$$\text{ПА} = |P_{\text{пр. створки}} - P_{\text{лев. створки}}| / |P_{\text{пр. створки}} + P_{\text{лев. створки}}|$$

1.3. Статистическая обработка данных

Статистическую обработку данных проводили по Лакину (1990) [3]. Вычисляли среднее арифметическое (M), стандартное отклонение (σ), ошибку среднего арифметического (m). Сравнительный анализ данных осуществляли с использованием t-критерия Стьюдента. Различия между сравниваемыми рядами считали достоверными и статистически значимыми при $p \geq 0,05$.

РАЗДЕЛ 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс упитанности и выход мяса мидий из районов исследования изменялись неоднозначно, принимая максимальные значения в более загрязненных б. Балаклавской и б. Стрелецкой. Это может быть связано с поступлением в акватории со сточными водами большого количества биогенов, стимулирующих рост численности фитопланктона – основного кормового ресурса мидий [11] (рис. 2.2, 2.3).

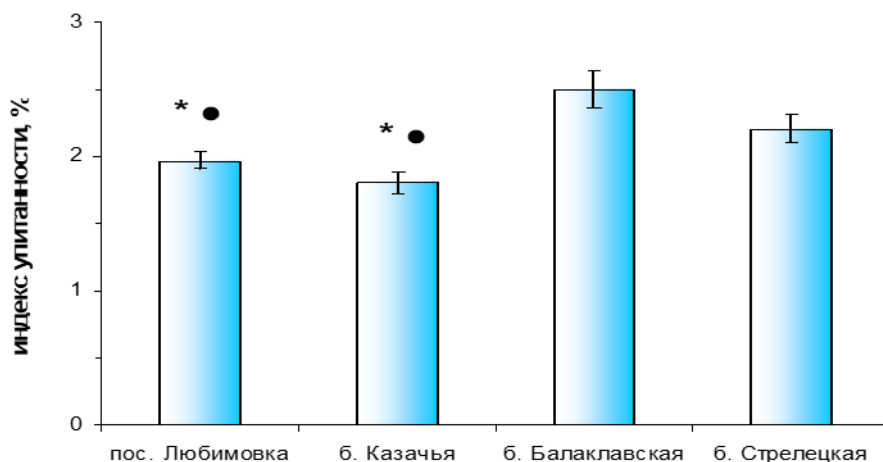


Рис. 2. 2 Индекс упитанности мидий

*- различия достоверны по сравнению со значениями мидий из б. Стрелецкой; • - то же по сравнению со значениями мидий из б. Балаклавской.

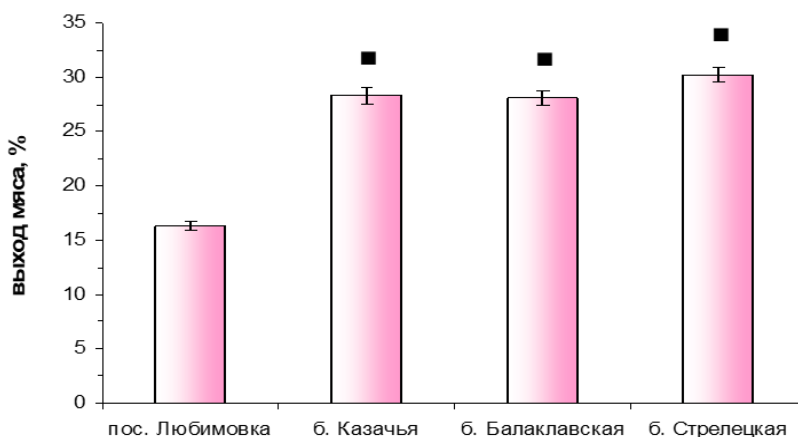


Рис. 2.3. Выход мяса мидий

■ - различия достоверны по сравнению со значениями мидий из акватории с. Любимовкой

Значения индекса жабр и индекса гепатопанкреаса увеличивались в ряду Любимовка → Казачья → б. Балаклавская → б. Стрелецкая, принимая максимальные значения в наиболее загрязненных акваториях (Рис. 2.4, 2.5), что, вероятно, обусловлено интенсификацией обменных процессов, необходимой для адаптации моллюсков к неблагоприятным условиям обитания.

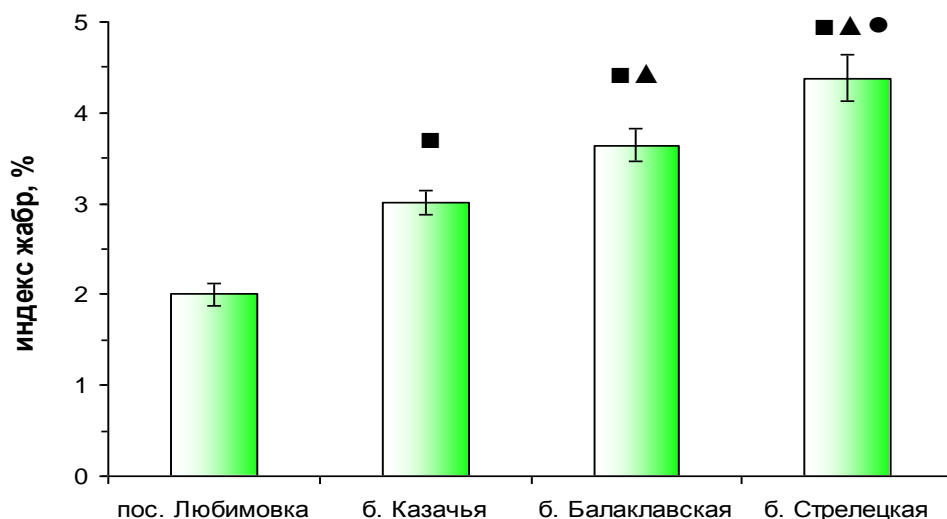


Рис.2.4. Индекс жабр мидий

● – различия достоверны по сравнению со значениями мидий из б. Балаклавской; ■ - то же по сравнению со значениями мидий из акватории с. Любимовка; ▲ - то же по сравнению со значениями мидий из б. Казачьей.

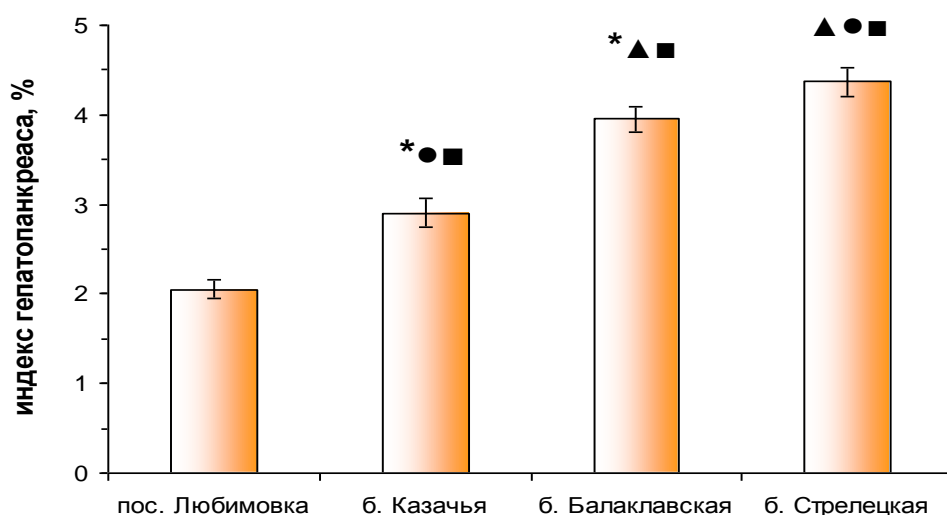


Рис.2.5. Индекс гепатопанкреаса мидий

*- различия достоверны по сравнению со значениями мидий из б. Стрелецкой; ● - то же по сравнению со значениями мидий из б. Балаклавской; ■ - то же по сравнению со значениями мидий из акватории с. Любимовка; ▲ - то же по сравнению со значениями мидий из б. Казачьей.

Аналогичная тенденция отмечена для показателя флуктуирующей асимметрии массы створок. Значения ПА увеличивались в ряду Любимовка → Казачья → б. Балаклавская → б. Стрелецкая (Рис. 2.6). Высокие значения показателя флуктуирующей асимметрии массы створок из Стрелецкой бухты свидетельствуют о менее стабильных условиях развития мидий в данной акватории по сравнению с другими исследуемыми районами [2].

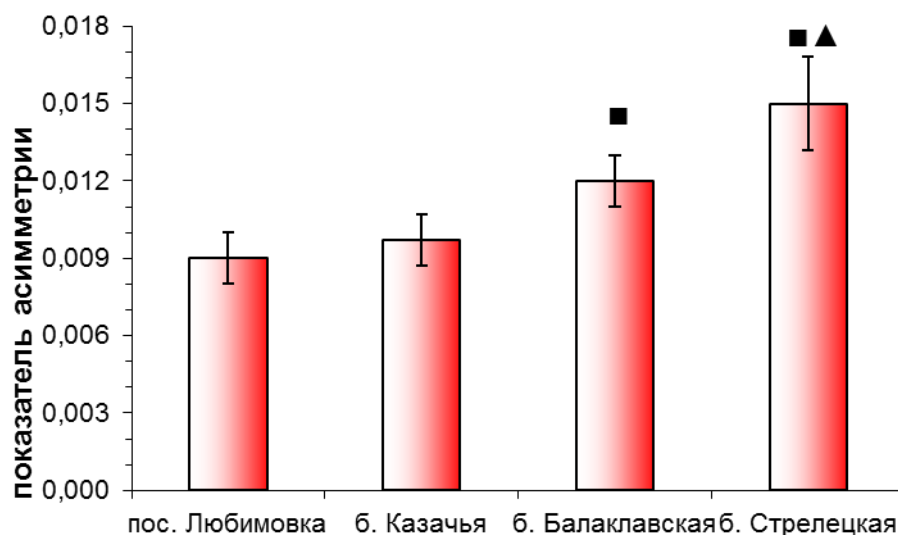


Рис.2.6. Показатель флуктуирующей асимметрии массы створок мидий

■ - различия достоверны по сравнению со значениями мидий из акватории с. Любимовка; ▲ - то же по сравнению со значениями мидий из б. Казачьей.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о менее благоприятных условиях обитания мидий в Стрелецкой бухте по сравнению с другими тестируемыми районами. ИЖ, ИГП, ПА массы створок являются чувствительными к загрязнению морских акваторий, в связи с чем их можно использовать в мониторинговых исследованиях для оценки состояния поселений мидий и среды их обитания.

ВЫВОДЫ

1. Индекс упитанности и выход мяса мидий из районов исследования изменялись неоднозначно, принимая максимальные значения в б. Балаклавской и б. Стрелецкой, и зависели от обеспеченности моллюсков пищей.
2. Значения ИЖ, ИГП, ПА массы створок увеличивались в ряду Любимовка → Казачья → б. Балаклавская → б. Стрелецкая и зависели от уровня загрязнения исследуемых районов.
3. Полученные результаты свидетельствуют о менее благоприятных условиях обитания мидий в Стрелецкой бухте по сравнению с другими районами.
4. ИЖ, ИГП, ПА массы створок являются чувствительными к загрязнению морских акваторий, в связи с чем их можно использовать в мониторинговых исследованиях для оценки состояния поселений мидий и среды их обитания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безматерных Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири: аналит. обзор / Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Институт вод. и экол. проблем. Новосибирск, 2007, 87 с. (Сер. Экология. Вып. 85).
2. Захаров В.М. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию существ. – М., 2003. - 25 с.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк. 1990. 352 с.
4. Малахова Л.В., Скуратовская Е. Н., Малахова Т. В., Болтачев А.Р., Лобко В.В. Хлорорганические соединения в ерше *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 в акватории Севастополя (Чёрное море): пространственное распределение и биологический отклик на уровень накопления загрязнителей. 2018, Т. 3, № 4. с. 51-63.
5. Миронов О.Г. Мидии как элемент гидробиологической очистки загрязненных морских вод. Водные ресурсы, 1988, № 5, с. 104-111.
6. Овсяный Е.И., Котельянец Е.А., Орехова Н.А. Мышьяк и тяжелые металлы в донных отложениях Балаклавской бухты (Черное море). Морской гидрофизический журнал, 2009, № 4, с. 67-80.
7. Осадчая Т.С. Нефтяные углеводороды в донных осадках прибрежных акваторий г. Севастополя (Чёрное море). Scientific research and their practical application. Modern state and ways of development 2013. URL: <https://sworld.education/index.php/biology-313/ecology-and-biotechnology-313/18546-313-0419>.
8. Санитарно-биологические исследования прибрежных акваторий юго-западного Крыма в начале XXI века / Под ред.: О.Г. Миронова, С.В. Алёмова; Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН.- Симферополь: ИТ "АРИАЛ", 2018, 276 с.
9. Скуратовская Е. Н., Дорошенко Ю. В., Алёмова А. С., Ковалева М. А. Биоиндикационная оценка экологического состояния прибрежных акваторий г. Севастополя // Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2020. Т. 5, № 3. С. 514-522.
10. Тихонова Е.А., Котельянец Е.А., Волков Н.Г. Характеристика загрязнения донных отложений прибрежной акватории Севастополя на примере Стрелецкой бухты (Чёрное море). Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря, 2018, № 1, с. 74-80.
11. Chelyadina N. S., Pospelova N. V., Popov M. A. Comparative Characteristics of Indices to Assess the Quality of Mussel Production by an Example of Cultivated *Mytilus galloprovincialis* (Crimea, the Black Sea) // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2019. Vol. 19, no. 9. P. 719-726.
12. Chesnokova I.I., Sigacheva T.B., Skuratovskaya E.N. Comparative Analysis of Hepatic Biomarkers of Black Scorpionfish *Scorpaena porcus* Linnaeus,

1758 from Sevastopol Water Areas (the Black Sea) with Different Pollution Levels // Water Resources. 2020. Vol. 47, iss. 3. P. 486-490.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и г. Севастополя в рамках научного проекта № 18-34-50005 («Наставник»).