

УДК 597. 582.6.574.3

Межгодовые колебания основных популяционных и морфофизиологических параметров султанки и ее объектов питания в прибрежной зоне города Севастополя

Кузьмина Н. С.^{1,2}, Алемов С. В.¹, Витер Т. В.¹, Новосельский В. И.²

¹ Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН
Севастополь, Россия
kunast@rambler.ru

² Севастопольский центр эколого-натуралистического творчества учащейся молодежи
Севастополь, Россия
sevcentum@mail.ru

Проведен анализ основных популяционных и морфофизиологических параметров черноморской султанки *Mullus barbatus ponticus*, отловленной в 2010–2018 годах в прибрежной зоне Севастополя. Параллельно были проанализированы численность и биомасса некоторых представителей макрозообентоса. Установлено, что размер рыб, а также величины индекса печени и гонад в нерестовый период зависят главным образом от наличия в среде основных и второстепенных (заменяющих) объектов питания. В 2013–2015 годы индекс печени, гонадосоматический индекс и упитанность у барабули, имели, в целом для популяции, максимальные величины, а поврежденность рисунка чешуи была минимальной. В этот период видовое разнообразие и численность макрозообентоса также были высокими, а концентрация ХЭВ и нефтяных углеводородов в донных отложениях районов отлова султанки снижена. К 2018 году в целом наблюдалось снижение численности и биомассы макрозообентоса (и, в частности, пищевых объектов *M. barbatus ponticus* – полихет и моллюсков), что наряду с увеличением резорбции чешуи барабули в 2017 году, позволяет предположить ухудшение условий обитания гидробионтов в указанные годы, связанное с высоким содержанием токсикантов. В 2016–2018 годах отмечено снижение размеров и морфофизиологических параметров рыб. Вместе с тем, в это же время установлено небольшое повышение веса султанки и упитанности, что может быть связано с тем, что у барабули на фоне увеличения численности моллюсков в 2015 году в исследованных бухтах, вероятно, первостепенным пищевым объектом были *Bivalvia* в этот (и возможно последующий) год, что в первые годы жизни (когда темп роста рыб максимальный) привело к наибольшему весовому росту особей.

Ключевые слова: черноморская султанка, макрозообентос, Севастополь, Чёрное море.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях развития Крыма, очевидно, что весомая доля антропогенной нагрузки ложится на прибрежную зону полуострова. По Федеральной целевой программе до 2020 года будет построено 19 единиц портовой инфраструктуры, произведена реконструкция и строительство канализационных очистных сооружений, проведено строительство и реконструкция сооружений инженерной защиты и берегоукрепления (Гуливатая, 2017). Проведение столь важных проектов требует параллельного мониторинга различных звеньев экосистемы, в том числе водных ресурсов.

Многие прибрежные черноморские виды рыб являются объектами массового или любительского лова. Оценка их функционального состояния, в том числе и с целью использования в качестве пищевых объектов, представляется важной и перспективной задачей ихтиологов. В этом отношении виды рыб Черного моря придонно-донной группы и/или виды, не совершающие больших миграций – наиболее информативные объекты-мониторы. Черноморская султанка (ее «жилая форма») как раз относится к таким видам, исследование различных параметров которой, отражает как влияние условий обитания в конкретных акваториях, так и долговременные изменения в черноморской экосистеме (Экотоксикологические исследования..., 2015). Значимость изучения данного вида определяется также его высоким промысловым значением. Так, по данным Росрыболовства, уловы этого вида пользователями Крымского полуострова в Черном море в 2018 году

составили 595,689 т, что позволяет на протяжении долгого времени барабуле находиться на четвертом месте (после хамсы, шпрота и ставриды) среди основных объектов промысла.

Цель настоящей работы – анализ долговременных флуктуаций популяционных и морфофизиологических параметров черноморской султанки из прибрежной зоны города Севастополя, а также динамики численности и биомассы некоторых представителей зообентоса в теплые периоды 2010–2018 годов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Размер и массу черноморской султанки *Mullus barbatus ponticus* Essipov, 1927 определяли у особей, отловленных в бухтах города Севастополя (б. Карантинная, б. Александровская, б. Стрелецкая) с помощью донных ловушек в мае – июле 2010–2018 годов. Биологический анализ рыб, включающий промеры общей и стандартной длин, определение массы рыбы, пола, стадий зрелости и возраста проводили по известным методам (Правдин, 1966). Морфофизиологические параметры: индекс печени (ИП), гонадо-соматический индекс (ГСИ), упитанность рассчитывали согласно (Правдин, 1966; Шварц, 1968). Возраст определяли на микроскопе при 16-ти кратном увеличении по чешуе. Степень резорбции чешуи была определена для боковой поверхности тела рыб. Расчёт процента резорбции чешуи (РЧ) проведён по формуле:

$$\text{Нрез} \times 100 / \text{Нобщ},$$

где: Нрез – количество особей с повреждённой чешуей (на 50 и более % от всего объёма просмотренной чешуи),

Нобщ – общее количество всех особей, просмотренных с боковой поверхности чешуи.

Результаты биологического и морфофизиологического анализов рыб обрабатывали статистически с помощью стандартной программы «EXCEL».

Анализ макрозообентоса также проводили в бухтах Стрелецкая, Карантинная и в районе молов Севастопольской бухты в летние периоды 2009–2018 годов во время проведения санитарно-биологических съемок севастопольских бухт согласно методам, описанным ранее (Санитарно-биологические исследования..., 2018). Сбор материала осуществлялся дночерпателем Петерсена ($S=0,038 \text{ м}^2$). Пробы промывали через сито с диаметром ячеек 1 мм, фиксировали 96 %-ным раствором этанола, их дальнейшую обработку проводили в лабораторных условиях. Определяли видовой состав, общую численность (экз./м²) и биомассу (г/м²) макрозообентоса. Номенклатуру видов приводили в соответствии с мировым реестром World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org>). Взвешивание двустворчатых моллюсков осуществляли после их вскрытия и удаления фиксирующего раствора из мантийной полости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для анализа межгодовых изменений были рассмотрены только возрастные группы рыб, в которых число особей было наибольшим.

Не установлено достоверных отличий в размерах черноморской султанки в возрасте 1 и 2 года из прибрежной зоны города Севастополя с 2010 по 2018 год, однако, слабая тенденция снижения величин длин султанки этих возрастов имеется (табл. 1). Для 3-х годовалых особей уменьшение общей и стандартной длин в изученный период является достоверным ($p \leq 0,05$). Вместе с тем, масса барабули этих возрастных групп увеличилась по сравнению как с периодом 2010–2012 годов, так и 2013–2014 годов. Достоверное повышение упитанности также отмечено для последнего исследованного временного периода. Интересно, что индекс печени (ИП) как у самок, так и у самцов наоборот достоверно снизился к 2016–2018 годам. У

2-х и 3-х летних экземпляров в 2013–2014 годах ИП имел максимальные величины (рис. 1) в 2013–2014 годах. Сходные результаты установлены и для параметра ГСИ.

Резорбция чешуи султанки в 2017 году была максимальной для представителей всех трех возрастных групп (рис. 2).

При сопоставлении полученных результатов по комплексу параметров можно выявить в исследованное время годы лучшего функционального состояния рыб – с 2013 по 2015 год.

Ранее мы сообщали, что в прибрежье Севастополя в период с 2003 по 2012 год размеры и масса султанки не различались по годам, и были близки к таковым султанки, обитавшей в акватории Севастополя в начале прошлого века (Данилевский, 1939; Экотоксикологические исследования..., 2015). Рыбы среднего возраста имели низкие значения длины и массы, в то время как молодые экземпляры стали крупнее. Следовательно, эта положительная тенденция по размерно-массовым параметрам в настоящее время не сохранилась.

Таблица 1

Популяционные параметры черноморской султанки в теплые периоды 2010–2018 годов

Пол	Параметр	2010–2012 гг.	2013–2014 гг.	2016–2018 гг.
1 год				
♀	Тl, см	12,91±0,11	12,80±0,1	12,19±0,08
		11,63±0,09	11,54±0,07	11,49±0,08
♂	Sl, см	10,26±0,09	10,19±0,08	9,83±0,06
		9,19±0,07	9,17±0,06	9,21±0,06
♀	масса, г	19,51±0,52	19,603±0,51	18,52±0,39
		13,78±0,33	13,34±0,25*	15,09±0,38
2 год				
♀	Тl, см	13,84±0,15	13,66±0,14	13,26±0,14
		11,75±0,15	11,56±0,11	11,44±0,11
♂	Sl, см	10,97±0,12	10,83±0,11	10,74±0,11
		9,29±0,12	9,15±0,09*	9,19±0,09
♀	масса, г	25,29±0,88	23,68±0,72	25,24±0,77
		14,54±0,58	13,57±0,43	15,06±0,44
3 год				
♀	Тl, см	15,15±0,19*	13,96±0,88	13,79±0,23
		12,75±0,29	11,88±5,39	12,16±0,27
♂	Sl, см	12,11±0,14	11,09±0,26	11,08±0,19
		10,07±0,24	9,53±0,29	9,84±0,21
♀	масса, г	32,45±1,29*	26,17±0,02	27,08±1,39
		18,71±1,55	15,46±0,02*	19,18±1,31

Примечание к таблице. Жирным шрифтом указаны величины, достоверно отличающиеся от таковых с последующим периодом, * – достоверные отличия указанных параметров с таковыми для периода 2016–2018 годов.

При анализе морфофизиологических критериев для более раннего периода, было отмечено, что с 2008–2009 годов до 2012 года ИП у барабули незначительно снижался, что продолжалось и до 2018 года включительно.

Аналогичная закономерность получена и для ГСИ: вплоть до 2016–2018 годов абсолютные величины коэффициента зрелости с мая до августа (время массового подхода барабули) уменьшались как у самок, так и у самцов. Однако, для месяцев разгара нереста (июнь – июль) эта картина меняется. В то время как в 2009–2010 годах величина ГСИ в целом в популяции для самок была 5,67±0,42 %, а у самцов – 3,82±0,32 %, для последующих лет эти значения были: в 2011–2012 годах – 5,89±0,36 у самок и 3,54±0,28 % у самцов, а в 2014–2018 годах – 5,96±0,17 и 4,07±0,06 % соответственно. Следовательно, некоторое снижение популяционных и морфофизиологических параметров рыб не является критичным для

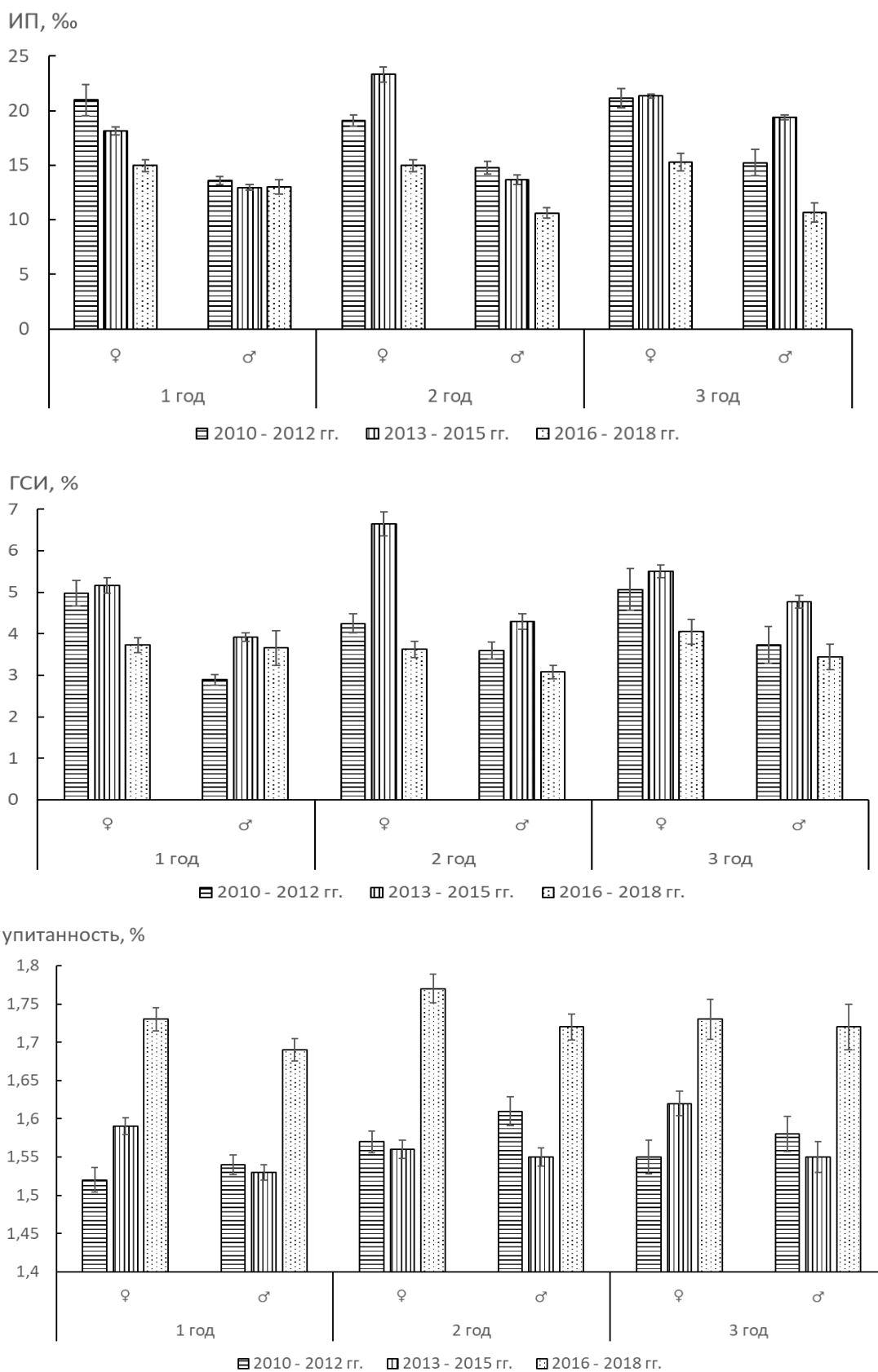


Рис. 1. Морфофизиологические параметры черноморской султанки в теплые периоды 2010–2017 годов

популяции, а, возможно, обусловлено колебаниями внешних факторов (кормовая база и/или гидрохимический статус акватории).

Как было сказано выше, резорбция чешуи барабули в 2017 году была высокой, что, вероятно, свидетельствует о высоком содержании токсикантов в среде. Так, известно, что при экспериментальном воздействии сублетальных концентраций сточных вод городской канализации на лабео *Labeo rohita*, изменения в морфологии чешуек (повреждение в передней и задней частях чешуек в виде разрывов и выкорчевывания, разрушения у основания кругов и радиалий, наряду с полной структурной потерей в фокальной области) наступают уже через 15 дней (Kaur, Dua, 2015). Достаточно высокая чувствительность показателя поврежденности (резорбции) чешуи была обсуждена и при влиянии комплексного загрязнения акваторий как у черноморских представителей ихтиофауны (*Spicara flexuosa*), так и пресноводных видов (*Stenopharyngodon idella*, *Gymnocephalus cernua*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Hypophthalmichthys nobilis*, *Leuciscus idus*, *Perca fluviatilis*, *Sander lucioperca*) (Экотоксикологические исследования..., 2016; Rutkayová et al., 2016).

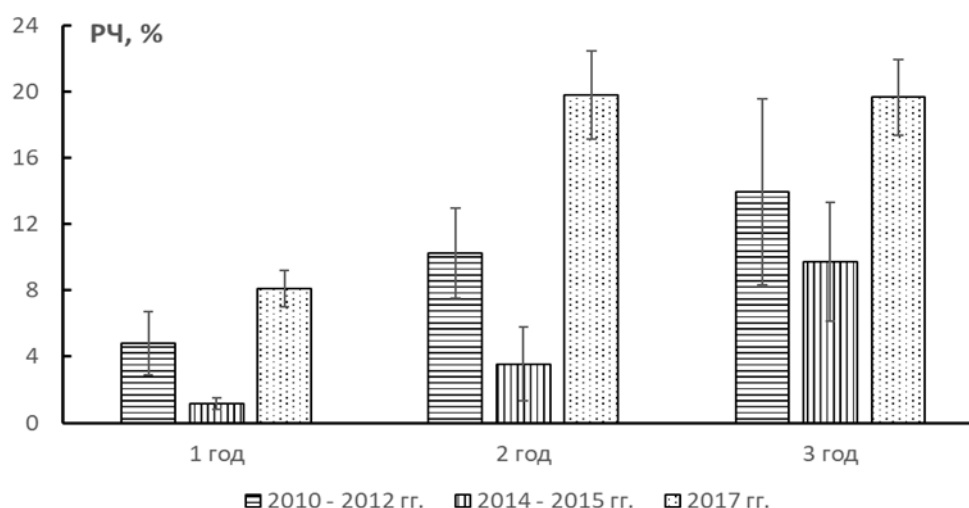


Рис. 2. Резорбция чешуи черноморской султанки в 2010–2017 годы

Согласно нашим результатам по динамике изменения морфофизиологических параметров в 2013–2015 годах ИП, ГСИ и упитанность у барабули, ведущей придонный образ жизни (Данилевский, 1939), имеют, в целом для популяции, максимальные величины, а поврежденность рисунка чешуи минимальна (см. табл. 1 и рис. 1 и 2). Это согласуется и с имеющейся информацией о том, что концентрация ХЭВ и нефтяных углеводородов в донных отложениях районов отлова султанки также снижалась к 2015 году (Санитарно-биологические исследования..., 2018).

Известно, что в 2013–2015 годах в бухте Песочная (расположена между бухтами Карантинной и Стрелецкой – точками отлова барабули) было отмечено высокое видовое разнообразие и численность макрозообентоса (Алемов и др., 2015), что справедливо и для других акваторий Севастополя (Ревков и др., 2014). Так, в частности, высокие показатели численности полихет и моллюсков, являющихся основным рационом барабули (Данилевский, 1939), в том числе и в районе Севастополя (Андрияшев, 1944) и могли отразиться на значениях индексах печени и упитанности.

Следует отметить однако, что детальный анализ численности и биомассы макрозообентоса в районах отлова барабули показал снижение с 2012 по 2018 год доли полихет *Glycera convoluta*, моллюсков *Loripes lucinalis*, *Rissoa membranacea*, *Rissoa parva*,

Abra nitida, *Abra segmentum* и некоторых мелких ракообразных из отряда Cumacea, входящих в пищевую рацион султанки.

Более общий анализ динамики численности и биомассы крупных таксономических групп бентосных организмов в указанных бухтах представлен на рисунке 3.

В исследованных бухтах отмечалось повышение численности моллюсков и ракообразных в 2012–2015 годах, что согласуется с данными, полученными для близлежащей Песочной бухты (Алемов и др., 2015), а также с информацией о снижении содержания ХЭВ и НУ в донных отложениях исследуемых акваторий в указанный период (Санитарно-биологические исследования..., 2018). К 2018 году в целом наблюдалось снижение численности и биомассы макрозообентоса, что наряду с увеличением резорбции чешуи барабули в 2017 году позволяет предположить ухудшение условий обитания гидробионтов в указанные годы, в частности высокое содержание токсикантов. Известно, что ранее (2006–2007 гг.) и в эпифитоне травы zostера, произрастающей в бухте Казачья, также биомасса и численность моллюсков сократилась в 5 и 25 раз соответственно по сравнению с 1970–1971 годами (Макаров, 2018).

Некоторое увеличение численности и биомассы полихет в 2018 году происходило в основном за счет мелкой полихеты *Heteromastus filiformis*, которая по данным (Миронов и др., 2003) относится к видам, устойчивым к нефтяному загрязнению донных осадков.

Тот факт, что основные пищевые объекты барабули (полихеты и моллюски), имели низкие величины численности в 2018 году, как раз и могли повлиять на снижение размеров и морфофизиологических параметров *Mullus barbatus ponticus* в 2016–2018 годах.

Небольшое повышение веса рыб и упитанности в 2016–2018 годах, может быть связано с тем, что у султанки на фоне увеличения численности моллюсков в 2015 году в исследованных бухтах, вероятно, первостепенным пищевым объектом были *Bivalvia* в этот (и возможно последующий) год, что отмечалось в других акваториях Мирового океана (Arslan, İşmen, 2014). Кроме того, калорийность моллюсков превышает таковую полихет на порядок (Александров, 2001а, 2001б), что в первые годы жизни (когда темп роста рыб максимальный), в нашем случае это 2015–2016 годы, и привело к наибольшему росту веса барабули.

В 2015 году, когда стертость рисунка радиалий на чешуйках была минимальна (и см. выше – уровень ХЭВ ниже) у представителей всех возрастных групп рыб, доля *Bivalvia* была максимальной (рис. 2 и 3).



Рис. 3. Численность и биомасса макрозообентоса в районах отлова султанки

Уменьшение численности и биомассы двустворчатых моллюсков в 2018 году объясняет косвенно и повышение резорбции чешуи, по причине уменьшения самоочистительной способности акваторий Севастополя. Так, ранее было показано, что в Севастопольской бухте при увеличении содержания НУ в донных осадках уменьшается количество двустворчатых моллюсков ($r=-0,6$; $P < 0,05$). При этом, авторы также выделили виды макрозообентоса, для

которых прослеживается прямая отрицательная корреляционная зависимость с уровнем ХЭВ в донных осадках указанной акватории (Тихонова, Соловьёва, 2006). Среди них имеются и пищевые объекты султанки: представители *Cumasea*, а также *Rissoa parva*, что подтверждает наше предположение об увеличении концентрации токсикантов в бухтах Стрелецкая, Карантинная и Севастопольская в 2018 году.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного многолетнего анализа состояния черноморской барабули и некоторых представителей макрозообентоса можно заключить, что размер рыб, а также величины индекса печени и гонад в нерестовый период зависят главным образом от наличия в среде основных и второстепенных (заменяющих) объектов питания. Резорбция чешуи султанки была высокой в те годы, когда численность двустворчатых моллюсков в изученных бухтах Севастополя имела низкие показатели.

Благодарности. Авторы выражают благодарность рыбакам малого флота ФИЦ ИНБЮМ, а также рыбколхоза «Путь Ильича» за предоставленный материал.

Работа выполнена: по государственной бюджетной теме «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (№ 0828-2019-0006) (регистрационный номер НИОКТР: АААА-А18-118020890090-2).

Список литературы

- Александров Б. Г. Калорийность беспозвоночных Черного моря. I. Зоопланктон и мейобентос // Экология моря. – 2001а. – Вып. 55. – С. 5–10.
- Александров Б. Г. Калорийность беспозвоночных Черного моря. II. Макрозообентос // Экология моря. – 2001б. – Вып. 56. – С. 71–76.
- Андрияшев А. П. Способы отыскания пищи у султанки (*Mullus barbatus ponticus* Essipov) // Журнал общей биологии. – 1944. – Т. V, № 3. – С. 193–196.
- Алёмов С. В., Гусева Е. В., Соловьёва О. В., Тихонова Е. А., Бурдиян Н. В., Дорошенко Ю. В. Результаты комплексных санитарно-биологических исследований бухты Песочная (регион Севастополя) // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского Серия «Биология, химия». – 2015. – Том 1 (67). – № 2. – С. 3–17.
- Гуливатая И. Как изменится Крым к 2020 году. – «Крымская газета» (22.09.2017 г.). Режим доступа: <https://gazetacrimea.ru/news/> – © 2000–2019.
- Данилевский Н. Н. Биология черноморской султанки // Труды научной рыбохозяйственной и биологической станции Грузии. – 1939. – Т. 2. – С. 77–151.
- Макаров М. В. Таксоцен Mollusca в эпифитоне морской травы *Zostera* sp. в акватории бухты Казачья (Черное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2018. – Вып. 3. – С. 92–97.
- Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Алёмов С. В. Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 185 с.
- Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: изд. Пищ. пром., 1966. – 376 с.
- Ревков Н. К., Тимофеев В. А., Лисицкая Е. В. Состав и сезонная динамика макрозообентоса локального биотического комплекса *Chamelea gallina* (западный Крым, Черное море) // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2014. – Вып. 11. – С. 247–259.
- Санитарно-биологические исследования прибрежных акваторий юго-западного Крыма в начале XXI века // [Под ред.: О. Г. Миронова и С. В. Алёмова]. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – 276 с.
- Световидов А. Н. Рыбы Черного моря. – Наука, М., 1964. – 550 с.
- Тихонова Е. А., Соловьёва О. В. Использование макрозообентоса для экологических исследований портовых акваторий (на примере Севастопольской бухты, Чёрное море) // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». – 2015. – Том 1 (67). – № 1. – С. 135–144.
- Шварц С. С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных // Труды Института экологии растений и животных. – 1968. – Вып. 58. – 386 с.
- Экотоксикологические исследования прибрежной черноморской ихтиофауны в районе Севастополя. – М.: изд. ГЕОС, 2016. – 360 с.
- Arslan M., İşmen A. Age, growth, reproduction and feeding of *Mullus barbatus* in Saros Bay (North Aegean Sea) // Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment. – 2014. – Vol. 20, N 3. – P. 184–199.

Kaur R., Dua A. Scales of freshwater fish *Labeo rohita* as bioindicators of water pollution in Tung Dhab Drain, Amritsar, Punjab, India // Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A. – 2015. – Vol. 78, Iss. 6. – P. 388–396.
Rutkayová J., Jawad L., Nebesárová J., Benes K., Petrásková E. et al. First records of scale deformities in seven freshwater fish species (Actinopterygii: Percidae and Cyprinidae) collected from three ponds in the Czech republic // Acta Ichthyologica et Piscatoria; Szczecin. – 2016. – Vol. 46, Iss. 3. – P. 225 – 238.

World register of marine species. [Электронный ресурс]. – 2008. Режим доступа: <http://www.marinespecies.org>.

Kuzminova N. S., Alemov S. V., Viter T. V., Novoselsky V. I. Inter-annual variations of the basic population and morphophysiological parameters of the red mullet and its food objects in the coastal zone of the Sevastopol // Ekosistemy. 2019. Iss. 20. P. 117–124.

The analysis of the main population and morphophysiological parameters of the Black Sea red mullet *Mullus barbatus ponticus*, caught in 2010–2018 in the coastal zone of Sevastopol, is carried out. In addition, the abundance and biomass of some representatives of macrozoobenthos were studied. It has been found that the size of fish, as well as the indexes of gonad and liver at the spawning, depend mainly on the presence in the environment of primary and secondary (substitute) food objects. In 2013–2015, the hepatosomatic and gonadosomatic index and condition factor of the red mullet, had, on the whole, the maximum values for the population, and the disturbance of the scale was minimal. During this period, the biodiversity and abundance of macrozoobenthos were also high, and the concentration of organochlorine and petroleum hydrocarbons in the bottom sediments, where *M. barbatus ponticus* inhabits, were reduced. A decrease in the abundance and biomass of macrozoobenthos (and, in particular, red mullet's food objects – polychaetes and mollusks) was observed to 2018 as well as increase of the resorption of fish scales in 2017. This suggests a decrease in the living conditions of aquatic organisms in these years, associated with high toxicants level. A reduction of size and morphophysiological parameters of fish was noted for 2016–2018. However, at the same time, an increase of weight and condition factor was found, which may be due to the fact that main food object of red mullet in 2015 (and possibly next year) were Bivalvia (because of an increase in the number of mollusks in the studied bays), that led to the greatest weight growth of individuals at first years of life, when the fish growth rate is maximum.

Key words: Black Sea red mullet, macrozoobenthos, Sevastopol, Black Sea.

Поступила в редакцию 15.08.19