

УДК 597.5.591.11

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-64-74

**ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО
СТРЕССА И СОДЕРЖАНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ В ПЕЧЕНИ МОРСКОГО
ЕРША *SCORPAENA PORCUS* L. (SCORPAENIDAE) В ПРИБРЕЖНЫХ
ВОДАХ БОЛЬШОГО КАВКАЗА**

Залевская И. Н.¹, Руднева И. И.², Селюков А. Г.³, Щерба А. В.²

¹*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

²*ФИЦ Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия*

³*Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия*

E-mail: inz3@mail.ru

Сравнительный анализ размерно-массовых характеристик, показателей перекисного окисления липидов (ПОЛ) и содержания антиоксидантов в печени морского ерша, отловленного у кавказского побережья в районе пос. Шепси, показал наличие половых различий. Размерно-массовые параметры самок превышали значения самцов ($p < 0,05$), тогда как упитанность и высота рыб обоих полов не различалась. Индекс печени (ИП) и гонадосоматический индекс (ГСИ) были выше у самок по сравнению с самцами. Содержание диеновых конъюгатов и ТБК-реактивных продуктов преобладало в липидах печени самок. Концентрация витамина А и каротиноидов в печени самок была достоверно выше показателей самцов. Половые различия размерно-массовых характеристик, морфофизиологических индексов, содержания продуктов ПОЛ и антиоксидантов у разнополых рыб могут отражать специфичность метаболических процессов в печени самцов и самок морского ерша, обусловленные гормональными особенностями, что необходимо учитывать при проведении мониторинговых исследований, ответных реакций рыб на действие токсикантов и при оценке экологического состояния морских акваторий.

Ключевые слова: Черное море, кавказское побережье, морской ерш *Scorpaena porcus*, размерно-массовые характеристики, морфофизиологические индексы, печень, перекисное окисление липидов, антиоксиданты.

ВВЕДЕНИЕ

Рыбы являются признанными индикаторами состояния водной среды. Их различные характеристики, относящиеся к разным уровням организации (молекулярные, клеточные, морфологические, тканевые, организменные) широко используются для мониторинговых и диагностических целей [1–5]. В то же время оценка состояния рыб природных популяций является непростой задачей, так как нет каких-либо критериев и референсных значений биохимических показателей, определяющих их здоровье.

В связи с этим представляет интерес изучение таких биохимических параметров, которые могут служить определенными маркерами статуса организма.

Накопление этих данных для рыб, обитающих в разных географических районах одного бассейна, позволит установить определенные пределы значений, характеризующих состояние организма в зависимости от условий среды обитания, а их изменение оценить влияние тех или иных факторов на гомеостаз. Это особенно важно в настоящее время в связи с глобальными изменениями природной среды, обусловленными как климатическими флуктуациями, так и антропогенной деятельностью [6]. В этих условиях организм испытывает стресс, важнейшими составляющими которого является усиление свободнорадикальных процессов (СРО) и накопление в клетках и тканях продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), обладающих повреждающим действием, [7]. В связи с этим показатели перекисного окисления липидов широко применяются в качестве биомаркеров, для оценки жизнедеятельности организма в нормальных и неблагоприятных жизненных условиях [7, 8]. В наших предыдущих работах на черноморском ерше как биомониторном виде были показаны особенности содержания продуктов ПОЛ в тканях рыб разного возраста, пола, а также изменения этих показателей у особей, отловленных в бухтах Севастополя с разным уровнем антропогенного воздействия [2]. В то же время информативными характеристиками, определяющими способность организма противостоять развитию окислительного стресса, является содержание в тканях антиоксидантов, к которым относятся низкомолекулярные жирорастворимые витамины Е, А и каротиноиды.

В настоящее время в связи с усилением исследований механизмов стресса у разных таксономических групп морских организмов и факторов, их вызывающих, особое внимание уделяется поиску биоиндикаторов, характеризующих нарушение гомеостаза и реакции организма на разных уровнях биологической организации [9]. При этом авторы рассматривают данные механизмы и процессы на видовом уровне, без учета половых и возрастных особенностей. Исследования последних лет показали, что половой диморфизм проявляется не только фенотипически, но и в способности противостоять стрессовым факторам разной природы. Стрессовые реакции у самцов и самок могут различаться, что зависит от разного гормонального статуса. Если тестостерон действует как иммуносупрессор, то эстрогены, наоборот, стимулируют иммунную систему [10]. В связи с этим изучение факторов, характеризующих стресс, включая окислительный, у рыб разного пола из природных популяций имеет важное значение, так как позволяет выявить эволюционные процессы, лежащие в основе формирования защитных реакций низших позвоночных на изменение условий существования, в том числе связанных с глобальными климатическими флуктуациями и антропогенной деятельностью.

Рыбы, в частности, морской ерш, из прибрежных вод кавказского побережья исследованы в меньшей степени по сравнению с ихтиофауной крымского побережья. В то же время географическая разобщенность также может оказывать существенное влияние на показатели гомеостаза рыб, включая параметры ПОЛ и содержание антиоксидантов. Актуальность проблемы заключалась в оценке ключевых биомаркеров окислительного стресса у рыб в прибрежных морских районах Кавказа вблизи крупного нефтяного терминала и грузового порта Туапсе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рыб отлавливали в прибрежных водах Черного моря в районе курортного поселка Шепси Туапсинского района, расположенного в 9 км юго-восточнее Туапсе в устье реки Шепси.

Проводили полный биологический анализ рыб (10 самцов и 7 самок, стадия зрелости гонад II, возраст 3–4 года), измеряли общую (TL, см) и стандартную (SL, см) длину, массу тела и массу тела без внутренностей, а также определяли индекс печени (ИП) как отношение массы печени к массе рыбы без внутренностей (в %). Гонадосоматический индекс (ГСИ) вычисляли как отношение массы гонад к массе рыбы без внутренностей (в %). Упитанность рыб вычисляли по Фультону как отношение массы рыб к длине в кубе, а также по Кларк как отношение массы рыбы без внутренних органов к длине в кубе [11, 12].

Печень рыб извлекали, взвешивали, перфузировали холодным физиологическим раствором на холоду и заливали 96 %-ным спиртом. Образцы хранили в холодильнике перед определением параметров перекисного окисления липидов. Затем ткань гомогенизировали в растворе гексан: изопропанол в соотношении 2:1, перемешивали и определяли содержание продуктов ПОЛ в пределах длин волн 215–273 нм, рассчитывали индекс окисленности липидов как отношение показателей экстинкции при 232 нм к 215 нм, содержание диеновых конъюгатов, используя молярный коэффициент экстинкции для сопряженных диенов, равный $2.2 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ [13], результаты выражали в мкмоль mg^{-1} липидов и в мкмоль g^{-1} ткани. Относительное содержание кетодиенов определяли по отношению показателей экстинкции при 270 нм к 215 нм. При определении реактивных продуктов тиобарбитуровой кислоты (ТБК-реактивных продуктов) 0.1 мл липидного экстракта в гексане смешивали с 0.5 мл 0,8 %-ного раствора 2-тиобарбитуровой кислоты и 5 %-ным раствором трихлоруксусной кислоты, кипятили 10 минут. Показатели экстинкции анализировали при длине волны 532 нм, расчет вели с использованием молярного коэффициента экстинкции, который для триметинового комплекса, образуемого малоновым диальдегидом с 2-ТБК, равен $1,56 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Результаты выражали в нмоль mg^{-1} липидов и нмоль mg^{-1} ткани [14].

Содержание каротиноидов определяли в липидных экстрактах ткани печени рыб спектрофотометрически при длине волны 450 нм, витамина А – при длине волны 325 нм [15].

Статистический анализ результатов проводили общепринятыми методами, вычисляли среднее значение, ошибку средней, сравнение результатов осуществляли по критерию Стьюдента при $p < 0.05$ [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований позволили установить определенные различия размерно-массовых характеристик самцов и самок морского ерша (табл.). Из приведенных данных можно видеть, что общая и стандартная длина, а также общая масса тела и масса тела без внутренностей самок существенно превышали

соответствующие показатели самцов ($p < 0,05$), тогда как высота рыб обоих полов не различались.

Таблица
Размерно-массовые характеристики и морфо-физиологические индексы
морского ерша, отловленного в прибрежных водах Кавказа

Параметр	Самцы (n=10)	Самки (n=7)
Общая длина TL, см	$\frac{11,4 - 21,3}{15,62 \pm 0,58}$	$\frac{16,6 - 20,2}{18,36 \pm 0,21}$
Стандартная длина SL, см	$\frac{9,3 - 16,9}{12,41 \pm 0,48}$	$\frac{13,2 - 16,1}{14,61 \pm 0,17}$
Общая масса М г	$\frac{16,9 - 117,46}{51,16 \pm 5,63}$	$\frac{53 - 108,2}{79,29 \pm 2,91}$
Масса рыбы без внутренностей, г	$\frac{22,3 - 100,4}{45,56 \pm 5,63}$	$\frac{40,45 - 85,6}{60,90 \pm 2,35}$
Высота рыбы, см	$\frac{3,3 - 10,46}{5,49 \pm 0,44}$	$\frac{4,61 - 9,83}{6,72 \pm 0,29}$
Масса печени, г	$\frac{0,4 - 4,38}{1,46 \pm 0,25}$	$\frac{1,2 - 5,0}{2,6 \pm 0,21}$
Масса гонад, г	$\frac{0,13 - 0,84}{0,34 \pm 0,04}$	$\frac{0,22 - 4,84}{1,83 \pm 0,29}$
Упитанность рыбы по Фультону	$\frac{1,95 - 3,38}{2,48 \pm 0,09}$	$\frac{2,30 - 2,81}{2,5 \pm 0,03}$
Упитанность рыбы по Кларк	$\frac{1,83 - 3,43}{2,27 \pm 0,10}$	$\frac{1,73 - 2,05}{1,91 \pm 0,02}$
Индекс печени ИП	$\frac{1,73 - 4,45}{2,77 \pm 0,17}$	$\frac{1,69 - 5,93}{4,18 \pm 0,24}$
Гонадосоматический индекс ГСИ	$\frac{0,30 - 1,42}{0,79 \pm 0,07}$	$\frac{0,41 - 7,50}{2,80 \pm 0,40}$

На основании полученных данных можно заключить, что упитанность самок и самцов не имела существенных различий, однако индекс печени был почти в 1,5 раза выше у самок по сравнению с самцами. Масса гонад самок также превышала

этот показатель у самцов более, чем в 5 раз, ГСИ и коэффициент зрелости женских особей более, чем в 3 раза преобладал над данными параметрами мужских особей.

Показатели ПОЛ в печени самок и самцов рыб также различались (рис. 1). Индекс окисленности липидов и относительное содержание кетодиенов были достоверно выше в печени самцов по сравнению с соответствующими параметрами самок, тогда как концентрация диеновых конъюгатов в липидах преобладала в печени самок. Однако, в пересчете на г ткани наблюдалась противоположная зависимость. Содержание ТБК-реактивных продуктов в липидах печени самок почти в 4 раза превышало соответствующие значения самцов, но при пересчете на массу ткани достоверных различий не обнаружено.

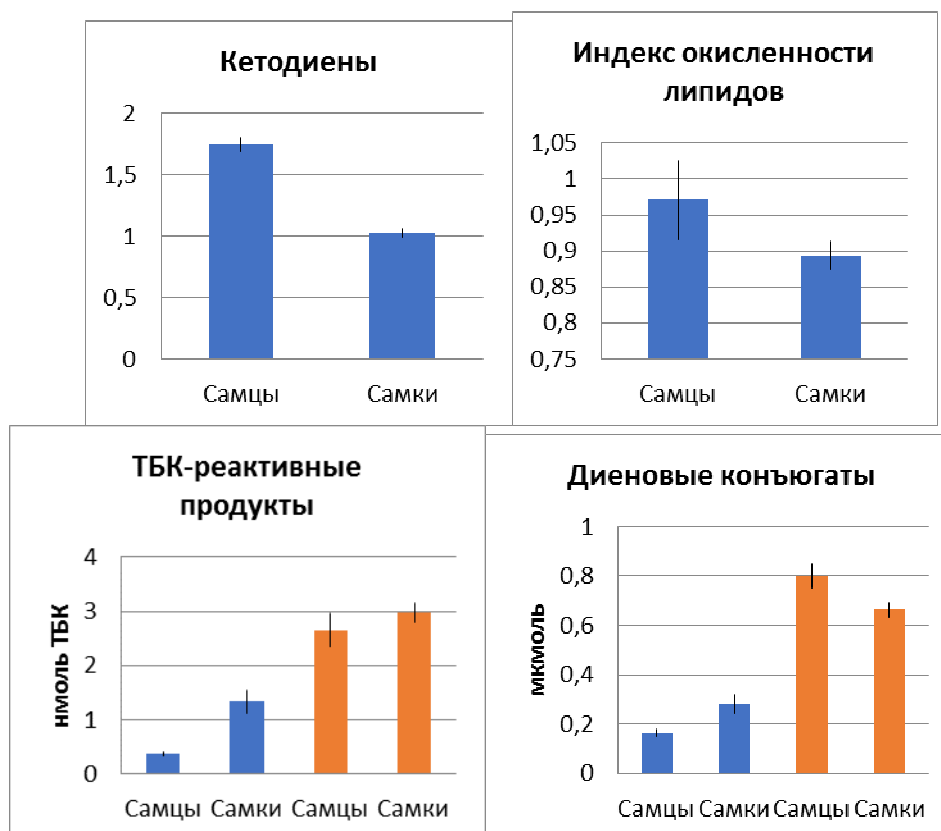


Рис. 1. Содержание продуктов ПОЛ в печени морского ерша из прибрежных вод Кавказа у пос. Шепси. (■ – на мг липидов ■ – на г ткани)

Содержание витамина А и каротиноидов было существенно выше в липидах печени самок по сравнению с этими показателями у самцов (рис. 2), однако в пересчете на г ткани такие различия не были выявлены.

Таким образом, результаты исследований позволили обнаружить определенные половые различия размерно-массовых параметров, морфофизиологических

индексов, содержания продуктов ПОЛ и антиоксидантов в печени морского ерша в Черном море у кавказского побережья.

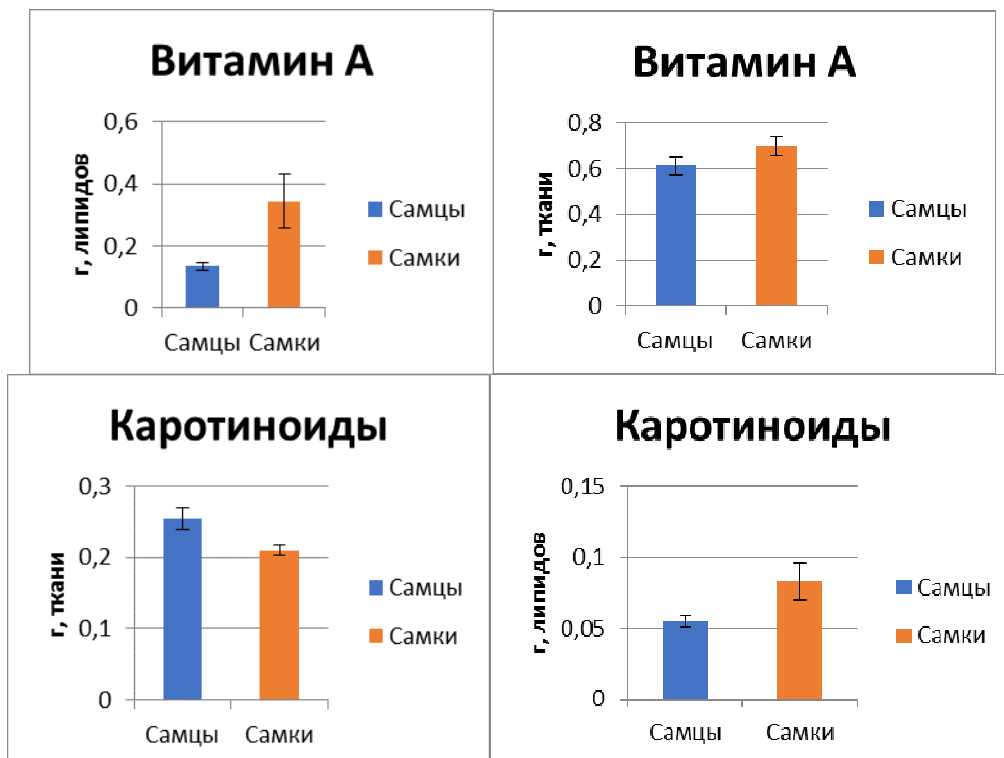


Рис. 2. Содержание антиоксидантов в печени морского ерша из прибрежных вод Кавказа у пос. Шепси.

Размерно-массовые показатели рыб являются важными характеристиками их состояния, поскольку могут быть подвержены влиянию различных внешних факторов, включая биотические, абиотические и антропогенные. Несмотря на то, что самки и самцы рыб живут в одном биотопе, влияние среды обитания может по-разному сказываться на разнополых особях, что отражается на их размерно-массовых характеристиках, морфофизиологических индексах, поведении, использовании пищевых ресурсов и метаболических тратах [17]. Нами показано, что размеры и масса самок морского ерша из прибрежных вод Кавказа, значительно превышает соответствующие показатели самцов. Аналогичная закономерность была установлена для разнополых рыб, выловленных в бухтах Севастополя [2]. Индекс упитанности и ИП зависят от физиологического состояния рыб, активности, периода репродуктивного цикла, а также от степени комфортности среды обитания и тем самым являются индикаторами, которые широко используются в мониторинговых и диагностических целях [18]. Если упитанность самок и самцов морского ерша существенно не различалась, то масса печени и ИП были в 1,8 раза и

1,5 раза выше у самок по сравнению с самцами. Печень является многофункциональным органом, где происходят процессы синтеза и детоксикации ксенобиотиков, энергетическим источником для обеспечения многих физиологических процессов в организме, включая репродукцию. В печени синтезируются вителлогенин и компоненты, необходимые для образования трофических ресурсов будущего зародыша. Очевидно, что увеличение ИП у самок связано с интенсивным синтезом как пластических, так и энергетических компонентов, необходимых для формирования ооцитов. Учитывая тот факт, что масса гонад самок и ГСИ существенно выше соответствующих значений у самцов (в 5,4 и 3,5 раз соответственно) можно предположить, что и метаболическая активность печени женских особей требует больших затрат и увеличения количества клеток печени – гепатоцитов.

Повышение метаболической активности сопровождается усилением процессов СРО [19]. Это подтверждается нашими данными о содержании компонентов ПОЛ в печени самок и самцов черноморской скорпены, когда уровень промежуточных продуктов ПОЛ – ТБК-реактивных соединений в липидах печени самок в 4 раза превосходит этот показатель в липидах печени самцов, а уровень диеновых конъюгатов – почти вдвое. Поскольку липиды печени активно включаются в синтез специфического белка икры – вителлогенина, увеличение концентрации эстрогенов [20] может сдвигать прооксидантно-антиоксидантный баланс в печени [21]. В то же время в пересчете на г ткани таких различий не отмечено, и это свидетельствует о том, что ТБК-реактивные продукты являются неспецифическими соединениями, которые могут образовываться при метаболизме других веществ, в частности, углеводов. Различия, обнаруженные в содержании других соединений ПОЛ, могут свидетельствовать о специфических процессах, происходящих в печени самок и самцов рыб, связанных, прежде всего, с различием их гормонального статуса и синтезом соответствующих половых продуктов (яйцеклеток и сперматозоидов, а также половых гормонов). При расчете соотношений продуктов ПОЛ, где за 1 принят индекс окисленности липидов в печени самцов и самок рыб, также установлены различия: у мужских особей это соотношение составило 1:0,16:1,8:0,4, тогда как у женских – 1:0,32:1,1:1,5. Увеличение относительной доли диеновых конъюгатов и ТБК-реактивных продуктов в печени самцов по сравнению с их количеством в печени самок может быть подтверждением специфичности процессов ПОЛ и активности антиоксидантной системы у рыб разного пола, что было отмечено нами для ряда черноморских видов [22] и другими исследователями [23].

В то же время преобладание содержания антиоксидантов витамина А и каротиноидов в печени самок по сравнению с самцами также указывает на специфичность прооксидантных и антиоксидантных процессов в печени разнополых особей. Антиоксиданты участвуют в формировании ооцитов, которые содержат большое количество этих компонентов, являющихся важными составляющими в оогенезе и необходимых для последующего развития зародышей и их защиты от действия неблагоприятных факторов, включая окислительный стресс [24]. Помимо этого, было показано, что самцы рыб, имеющие низкую

концентрацию каротиноидов в печени, в большей степени подвержены стрессу, чем самки [25].

Таким образом, обнаруженные половые различия размерно-массовых и морфофизиологических характеристик, показателей ПОЛ и содержания антиоксидантов в печени рыб могут отражать особенности метаболических процессов в печени самцов и самок морского ерша, что необходимо учитывать при проведении мониторинговых исследований и оценке экологического состояния морских акваторий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что размерно-массовые параметры самок морского ерша превышали значения самцов ($p < 0,05$), тогда как упитанность и высота рыб обоих полов не различалась. Индекс печени (ИП) и гонадосоматический индекс (ГСИ) были выше у самок по сравнению с самцами.
2. Содержание компонентов ПОЛ – диеновых конъюгатов и ТБК-реактивных продуктов, концентрация витамина А и каротиноидов в печени самок была достоверно выше показателей самцов.
3. Установленные половые различия у разнополых рыб могут отражать специфичность метаболических процессов в печени самцов и самок морского ерша, обусловленные гормональными особенностями, что необходимо учитывать при проведении мониторинговых исследований, ответных реакций рыб на действие токсикантов и при оценке экологического состояния морских акваторий.

Работа выполнена по теме государственного задания ФГБУН ИМБИ «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом», номер гос. Регистрации АААА-А18-118021490093-4.

Список литературы

1. Селюков А. Г. Морфофункциональное состояние сиговых рыб (Coregonidae) в устье Оби как интегральная оценка условий их обитания / А. Г. Селюков, Т. И. Моисеенко, Л. А. Шуман, И. С. Некрасов // Вестник Тюменского государственного университета. Экология. – 2012. – № 12. – С. 135–147.
2. Экотоксикологические исследования прибрежной черноморской ихтиофауны в районе Севастополя. / ред Руднева И. И. – М.: ГЕОС, 2016. – 360 с.
3. Louiz I. Liver histopathology and biochemical biomarkers in *Gobius niger* and *Zosterisessor ophiocephalus* from polluted and non-polluted Tunisian lagoons (Southern Mediterranean Sea) / I. Louiz, O. Palluelc, M. Ben-Attiaa, S. Ait-Aïssac, O. Ben Hassineb // Marine Pollution Bulletin. – 2018. – Vol. 128. – P. 248–258.
4. Selyukov A. G. Morphofunctional transformations in fishes of the Middle and Lower Ob' basin under increasing anthropogenic influence / A. G. Selyukov // Journal of Ichthyology. – 2012. – Vol. 52, № 8. – P. 547–565.
5. Selyukov A. G. Morphofunctional features of Coregonids (Coregonidae) in the mouth of the Ob river as integral estimation of their habitat conditions / A. G. Selyukov, T. I. Moiseenko, L. A. Schuman, I. S. Necrasov // Tyumen State University Herald. – 2012. – № 12. – P. 123–138.

6. Martinez-Crego B. Biotic indices for assessing the status of coastal waters: a review of strengths and weaknesses. / B. Martinez-Crego, T. Alcoverro, J. Romero // J. Environ. Monit. – 2010. – Vol. 12. – P. 1013–1028.
7. Vinagre C. Effect of increasing temperature in the different activity of oxidative stress biomarkers in various tissues of the rock goby, *Gobius paganellus* / C. Vinagre., D. Madeira, V. Mendonca., M. Dias, J. Roma, M. Diniz // Marine Environ. Res. – 2014 – Vol. 97. – P. 10–14.
8. Van Der Oost R. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review / R. Van Der Oost, J. Beyer, N. P. E. Vermeulen // Environ. Toxicol. Pharmacol. – 2003. – Vol. 3. – P. 57–149.
9. Balasch J. C. Netting the stress responses in fish / J. C. Balasch, L. Tort // Frontiers in Endocrinology. – 2019. – Vol. 10. – Article 62.
10. Foo Y. Z. The effects of sex hormones on immune functions: a meta-analysis / Y. Z. Foo, S. Nakagawa, G. Rhodes., L. W. Simmons // Biol. Rev. Camb. Philos. Soc. – 2017. – V. 180. – P. 15–24.
11. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. / И. Ф. Правдин – М.: Пищ. Промышленность, 1966. – 376 с.
12. Ricker W. E. .Computation and interpretation of biological statistics of fish populations / W. E. Ricker // Bull. Fish. Res. Board Can. – 1975. – Vol. 191. – P. 1–382.
13. Стальная И. Д. Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот/ И. Д. Стальная // Современные методы в биохимии. – М.: Медицина, 1977. – С. 62–64.
14. Стальная И. Д. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты / И. Д. Стальная, Т. Г. Гаришвили // Современные методы в биохимии. – М.: Медицина, 1977. – С. 66–68.
15. Карнаухов В. Н. Методы определения содержания каротиноидов и витамина А в тканях животных. / В. Н. Карнаухов, Г. Г. Федоров. // Методические рекомендации. – Пушкино, 1982. – С.15–18.
16. Лакин Г. Ф. Биометрия. / Г. Ф. Лакин – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
17. Ito M. H. Sex differences in intrasexual aggression among sex-role-reversed, cooperatively breeding cichlid fish *Julidochromis reani* / M. H. Ito, M. Yamaguchi, N. Kutsukake // J. Ethol. – 2017. – Vol. 35. – P. 137–144.
18. Traven L. The responses of the hepatosomatic index (HSI), 7-ethoxyresorufin-O-deethylase (EROD) activity and glutathione-S-transferase (GST) activity in sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus 1758). caged at a polluted site: implications for their use in environmental risk assessment / L. Traven, V. Mićović, D. Vukić, T. Smital // Environ. Monit. Assess. – 2013. – Vol. 185, № 11. – P. 9009–9018.
19. Hernandez-Aguilar S. B. Temporal variation in oxidative stress indicators in liver of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) Perciformes: Sciaenidae / S. B. Hernandez-Aguilar, T. Zenteno-Savin, J. A. De-Ando-Montanez, L. C. Mendez-Rodriguez // J. Marine Bio. Ass. United Kingdom. –2018. –Vol. 98, № 4. – P. 833–844.
20. Lowerre-Barbier S. K. Reproductive timing in marine fishes: variability, temporal scales, and methods / S. K. Lowerre- Barbier, K. Ganias, F. Saborido-Rey, H. Murua, J. R. Hunter // Marine and Coastal Fisheries. – 2011. – Vol. 3. – P. 71–91.
21. Tocher D. R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. / D. R. Tocher // Reviews in Fish Science. – 2003. – Vol. 11. – P. 107–184.
22. Rudneva I. I. Gender peculiarities of blood antioxidant enzyme activity of some Black Sea coastal fish species / I. I. Rudneva, E. N. Skuratovskaya // J. Ichthyol. – 2009. – Vol. 49, № 1. – P. 119–122.
23. Vega-López A. Gender related differences in the oxidative stress response to PCB exposure in an endangered gobeid fish (*Girardinichthys viviparus*) / A. Vega-López, M. Galar-Martínez, F. A. Jimenez-Orozco, E. Garcia-Latorre, M. L. Dominguez- López // Comparative Biochemistry and Physiology Part A. – 2007. – Vol. 146. – P. 672–678.
24. Rudneva I. I. Biomarkers for stress in fish embryos and larvae. / I. I. Rudneva. – CRC Press: Taylor & Francis Group, 2014. – 206 p.
25. Pike T. Carotenoids, oxidative stress and female mating preference for longer lived males / T. Pike, J. Blount, B. Bjerkeng, J. Lindström, N. Metcalfe // Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Science. – 2007. – Vol. 274. – P. 1591–1596.

GENDER PECULIARITIES OF THE OXIDATIVE STRESS PARAMETERS AND ANTIOXIDANTS CONTENT IN THE LIVER OF SCORPION FISH *SCORPAENA PORCUS* L. (SCORPAENIDAE), FROM THE COASTAL WATERS OF THE BOLSHOI CAUCASUS

Zalevskaya I. N.¹, Rudneva I. I.², Selyukov A. G.³, Scherba A. V.²

¹V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia Federation

²A. O. Kovalevskiy Institute of the Biology of the southern Seas RAS, Sevastopol, Russian Federation

³Tyumen State University, Tyumen, Russian Federation

E-mail: inz3@mail.ru

Comparative study of size and weight characteristics, lipid peroxidation (LPO) parameters and antioxidants content in the liver of marine scorpion fish *Scorpaena porcus* caught in the coastal waters of the Caucasus at the region of Shepsy village demonstrated gender differences. Size and weight parameters of the female were greater than the values of male ($p < 0,05$), while condition index and the height of fish were the similar. Liver index (LSI) and gonadosomatic index (GSI) were higher in female as compared with male. Concentration of dien conjugates and TBA-reactive components were greater in hepatic lipids of female. Concentration of vitamin A and carotenoids was higher in the liver of female than in male. The differences of LPO parameters and antioxidants content were more clearly in the hepatic lipids than in tissues. Gender differences of size, weight, morphological and physiological indices, lipid peroxidation parameters and antioxidants content in fish reflect the specificity of metabolic processes in the liver of scorpion fish male and female, caused the hormonal peculiarities. High LSI and liver weight of female as compared with male are connected with high metabolic rate of the organ caused egg components (vitellogenin) and energetic substances synthesis, used in reproduction. Increase of metabolic rate is accompanied with the elevate of reactive oxygen species production and lipid peroxidation. Therefore, TBA-reactive products concentration in the liver was in 4-fold greater in female as compared with male. Additionally, the ratio of studied LPO components was also differed in female and male liver (1:0,32:1,1:1,5 in female and 1:0,16:1,8:0,4), which revealed the differences between metabolic processes in male and female liver. This is important to take into account at the case of monitoring studies for the fish responses on the environmental stress and at the evaluation of the ecological status of marine waters.

Keywords: Black Sea, Caucasus coastal waters, scorpion fish *Scorpaena porcus*, size and weight characteristics, morphological and physiological indices, liver, lipid peroxidation, antioxidants.

References

1. Selyukov A. G., Moiseenko T. I., Shuman L. A., Nekrasov I. S. Morfofunctional state of Coregonidae fish in the Ob river as integral parameter of their habitats. *Tyumen State University Herald*. **12**, 123 (2012).
2. Ecotoxicological; studies the Black Sea coastal ichthyofauna at Sevastopol region (Rudneva I.I. ed) 360 p. (Moscow, GEOS, 2016) (*in Russ*)

3. Louiz I., Palluelc O., Ben-Attiaa M., Aït-Aïssac S., Ben Hassineb O. Liver histopathology and biochemical biomarkers in *Gobius niger* and *Zosterisessor ophiocephalus* from polluted and non-polluted Tunisian lagoons (Southern Mediterranean Sea), *Marine Pollution Bulletin*, **128**, 248 (2018).
4. Selyukov A. G. Morphofunctional transformations in fishes of the Middle and Lower Ob' basin under increasing anthropogenic influence. *J. Ichthyology*, **52** (8), 547 (2012) (in Russ)
5. Selyukov A. G., Moiseenko T. I., Schuman L. A., Necrasov I. S. Morphofunctional features of *Coregonids* (Coregonidae) in the mouth of the Ob river as integral estimation of their habitat conditions. *Tyumen State University Herald*. **12**, 123 (2012).
6. Martinez-Crego B. Alcoverro T., Romero J. Biotic indices for assessing the status of coastal waters: a review of strengths and weaknesses, *J. Environ. Monit.* **12**, 1013 (2010).
7. Vinagre C., Madeira D., Mendonca V., Dias M., Roma J., Diniz M. Effect of increasing temperature in the different activity of oxidative stress biomarkers in various tissues of the rock goby, *Gobius paganellus* *Marine Environ. Res.* **97**, 10 (2014).
8. Van Der Oost R., Beyer J., Vermeulen N. P. E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review, *Environ. Toxicol. Pharmacol.* **3**, 57 (2003).
9. Balasch J. C., Tort. Netting the stress responses in fish, *Frontiers in Endocrinology*, **10**, Article 62 (2019)
10. Foo Y. Z., Nakagawa S., Rhodes G., Simmons L. W. The effects of sex hormones on immune functions: a meta-analysis, *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.*, **180**, 15 (2017).
11. Pravdin I. F. *Manual Book for fish study*, 376 p. (Moscow, Pishevaya promyshlennost, 1966) (in Russ)
12. Ricker W. E. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations, *Bull. Fish. Res. Board Can.* **191**, 1 (1975)
13. Stalnaya I. D. Method of the determination of dien conjugation of unsaturated fatty acids, *Current methods in biochemistry*, 62 (Moscow, Medicina, 1977) (in Russ)
14. Stalnaya I. D., Garishvili T. G. Method of th determination of malonic aldehyde used tiobarbituric acid *Current methods in biochemistry*, 66 (Moscow, Medicina, 1977) (in Russ)
15. Karnauhov V. N., Fedorov G. G. *Methods of the determination of carotenoids content and vitamin A in the animals tissues*. Methodological recommendations, 15 (Pushino, 1982) (in Russ)
16. Lakin G. F. *Biometry*, 352 p. (Moscow, Vysshaya shkola, 1990) (in Russ)
17. Ito M. H., Yamaguchi M., Kutsukake N. Sex differences in intrasexual aggression among sex-role-reversed, cooperatively breeding cichlod fish *Julidochromis reani*, *J. Ethol.*, **35**, 137 (2017).
18. Traven L., Mićović V., Vukić Lušić D., Smital T. The responses of the hepatosomatic index (HSI), 7-ethoxyresorufin-O-deethylase (EROD) activity and glutathione-S-transferase (GST) activity in sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus 1758). caged at a polluted site: implications for their use in environmental risk assessment, *Environ. Monit. Assess.*, **185** (11), 9009 (2013).
19. Hernandez-Aguilar S. B., Zenteno-Savin T., De-Ando-Montanez J. A., Mendez-Rodriguez L. C. Temporal variation in oxidative stress indicators in liver of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) Perciformes: Sciaenidae, *Marine |Bio. Ass. United Kingdom*, **98** (4), 833(2018).
20. Lowerre-Barbier S. K. Ganius K., Saborido-Rey F., Murua H., Hunter J. R. Reproductive timing in marine fishes: variability, temporal scales, and methods, *Marine and Coastal Fisheries*, **3**, 71 (2011).
21. Tocher D. R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish, *Reviews in Fish Science*. **11**, 107 (2003).
22. Rudneva I. I., Skuratovskaya E. N. Gender peculiarities of blood antioxidant enzyme activity of some Black Sea coastal fish species, *J. Ichthyology*, **49** (1), 119 (2009)
23. Vega-López A., Galar-Martínez M., Jimenez-Orozco F. A., Garcia-Latorre E., Dominguez- López M. L. Gender related differences in the oxidative stress response to PCB exposure in an endangered goobeid fish (*Girardinichthys viviparus*), *Comp. Biochem. Physiol. Part A.*, **146**, 672 (2007).
24. Rudneva I. I. Biomarkers for stress in fish embryos and larvae, 206 p. (CRC Press: Taylor & Francis Group, 2014).
25. Pike T., Blount B., Bjerkgeng J., Lindström J., Metcalfe N. Carotenoids, oxidative stress and female mating preference for longer lived males. Proceedings of the Royal Society of London B: *Biological Science*, **274**, 1591 (2007).