

И. И. Руднева, Н. С. Кузьмина, И. И. Дорохова

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА НЕКОТОРЫХ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЧЕРНОМОРСКОЙ СТАВРИДЫ *TRACHURUS MEDITERRANEUS*

В исследуемый период в прибрежных водах Севастополя преобладали рыбы в возрасте 1 + ... 2 года. Со временем отмечали увеличение размерно-массовых характеристик и индекса печени, которое сопровождалось уменьшением активности пероксидазы и каталазы в печени ($r=0,80$). Активность аминотрансфераз в печени снижалась у 1 + ... 2-летних рыб, но возрастала у 2 + ... 3-летних особей. Стабилизация соотношения АЛТ / АСТ в печени рыб старших возрастных групп способствует поддержанию постоянного уровня олигопептидов и препятствует развитию эндогенной интоксикации в органе. Библиогр. 28 назв. Ил. 5. Табл. 1.

Ключевые слова: черноморская ставрида, олигопептиды, антиоксидантные ферменты, аминотрансферазы.

AGE DYNAMICS OF SOME MORPHOPHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF BLACK SEA HORSE MACKEREL *TRACHURUS MEDITERRANEUS*

Rudneva I. I., Kuzminova N. S., Dorokhova I. I.

Kovalevsky Institute of the Biology of the Southern Seas, Nahimov av., 2, Sevastopol, 299011, Russian Federation; svg-41@mail.ru

In the examined period in the coastal area of Sevastopol fish at the age of 1 + ... 2 years were dominated. Size, weight and hepatosomatic index were increasing, while the activities of peroxidase and catalase in the liver were decreasing ($r=0,80$) in elder fish. Aminotransferase activity in the liver was decreased in the fish of 1 + ... 2 years of age, while in the age group of 2 + ... 3 years it was higher. The stabilization of the ratio of ALT / AST in the liver of fish in elder age groups plays a role to maintain a constant level of oligopeptides and prevents the development of endogenous intoxication in the organ. Refs 28. Figs 5. Tables 1.

Keywords: Black Sea horse mackerel, oligopeptides, antioxidant enzymes, aminotransferases.

Изучение возрастных изменений рыб представляет как теоретический интерес, так как необходимо для понимания механизмов роста, развития и старения у разных видов, в том числе у низших позвоночных с коротким жизненным циклом, так и практический, позволяя оценить структуру популяций, прогнозировать на этом основании объем промысла или реализации продукции при выращивании ее в аквакультуре.

В последнем случае в контролируемых условиях оценить возрастную динамику различных параметров рыб значительно проще, чем в природных популяциях, где сложно отловить достаточное количество особей, относящихся к одной возрастной группе. Вместе с тем рост и развитие рыб в природе и аквакультуре могут существенно различаться, что обусловлено разным температурным режимом, питанием, уровнем кислорода в воде и ее соленостью, а также социальными факторами, связанными с численностью особей на единицу площади, превышение которой может вызывать стресс [1]. Помимо этого, наличие в среде загрязнителей химической и биологической природы отрицательно влияет на обмен веществ, рост, развитие, воспроизводство и продолжительность жизни рыб [2–5]. Для оценки комфортности условий обитания

И. И. Руднева, Н. С. Кузьмина, И. И. Дорохова (svg-41@mail.ru): Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского, Российская Федерация, 299011, Севастополь, Нахимова проезд, 2.

используются различные морфофизиологические и биохимические показатели рыб, называемые биоиндикаторами и биомаркерами [6]. К последним относятся параметры, характеризующие состояние крови и печени рыб — функционально важных систем, участвующих в транспорте, утилизации и трансформации чужеродных веществ, находящихся во внешней среде и поступающих с водой и пищей в организм рыб, где они аккумулируются или подвергаются дальнейшим превращениям.

Ранее в крови массовых черноморских рыб нами были установлены три типа возрастных изменений активности антиоксидантных ферментов, защищающих организм от окислительного стресса, и показана их зависимость от экологии и биологии исследуемых видов [7]. Учитывая определяющую роль печени в синтезе белков и ферментов крови, интерес представляло изучение возрастных изменений ее функции с применением соответствующих индикаторов, к которым относятся аминотрансферазы (аланинаминотрансфераза и аспартатаминотрансфераза), осуществляющие реакции переаминирования. Увеличение активности этих ферментов в сыворотке крови свидетельствует о повреждении тканей, при этом аланинаминотрансфераза отражает состояние печени, в том числе ее патологий и инфекционных поражений [8]. Наши исследования также показали существенные изменения активности трансаминаз сыворотки крови морского ерша, содержащегося в среде с избыточной концентрацией меди [9].

Дополнительным критерием состояния печени рыб может служить уровень эндогенной интоксикации, зависящий от содержания средне- и низкомолекулярных пептидов — продуктов деградации белков, в том числе их поврежденных и окисленных форм, обладающих биологической активностью [10]. Согласно современным теориям старения, с возрастом в организме нарастает число повреждений, что приводит к нарушению обмена веществ и функционирования органов и тканей. Исследование этих процессов, происходящих у представителей естественных популяций рыб с относительно коротким жизненным циклом, позволит объяснить основные тенденции роста и развития и связь этих показателей с метаболизмом.

Одним из массовых промысловых объектов Черного моря является средиземноморская (черноморская) ставрида (*Trachurus mediterraneus* Staindachner, 1868) — пелагический вид с выраженной флуктуацией численности [11–13]. Длина черноморской ставриды не превышает 40 см (обычно мелче), а масса составляет в среднем 15–75 г. Ставрида обитает в пелагиали, совершает длительные миграции, всегда держится стаями, которые находятся в постоянном движении. Молодь летом находится как у берегов, так и в открытом море, в основном в поверхностных слоях на глубине от 4 до 8 м.

Ставрида нерестится с мая по август; плодовитость ее составляет для мелких особей — до 150–200 тыс., для крупных — от 69 до 2055 тыс. икринок. У ставриды смешанный тип питания, она предпочитает преимущественно зоопланктон [14].

Анализ ихтиопланктонных ловов в 2000–2001 гг. в районе Севастополя показал увеличение доли икры и личинок ставриды, повышение индекса потребления ими пищи [15]. Несмотря на доминирование *T. mediterraneus* в уловах взрослых рыб (19%) [16], стадо ставриды, по последним данным, все еще не восстановилось, что выражалось в его омоложении и продолжающемся падении уловов [12, 17].

Цель настоящей работы — исследование возрастной динамики размерно-массовых характеристик, морфофизиологических и биохимических параметров печени и крови черноморской ставриды *T. mediterraneus*.

Материал и методика исследования

Рыб отлавливали в прибрежных водах Севастополя с 2008 по 2010 г. с помощью донных ловушек. Проведен биологический анализ 700 экз. ставриды, среди которых — 348 самок и 282 самца. Определяли размеры рыб (TL, FL, SL), массу рыбы и массу тушки, пол, стадию зрелости и массу гонад, печени и селезенки. Гонадосома-тический индекс (ГСИ), индекс печени (ИП), индекс селезенки (ИС) и упитанность (Упит.) рассчитывали, используя массу сомы (масса тела без внутренностей). Возраст анализировали по отолитам. Биологический анализ и расчет морфофизиологических параметров проводили согласно общепринятым ихтиологическим методам [18, 19]. Поскольку половой диморфизм у ставриды не выражен, а целью работы являлось установление общей тенденции возрастных изменений исследуемых показателей рыб, проводили совместный анализ параметров самцов и самок. Ранее нами также было отмечено отсутствие различий активности антиоксидантных ферментов в крови самок и самцов этого вида [20].

Кровь рыб отбирали с помощью пастеровской пипетки, отстаивали в холодильнике, сыворотку отделяли. Полученные эритроциты трижды промывали холодным физраствором, затем осуществляли гемолиз путем добавления дистиллированной воды в соотношении объемов 1:5. Печень извлекали, взвешивали, перфузировали холодным физраствором на льду, экстрагировали, и полученный гомогенат центрифугировали при 5000 об./мин. В супернатанте определяли активность ферментов и уровень эндогенной интоксикации. Определение проводили на образцах, полученных от каждой рыбы. Вследствие малых размеров особей, относящихся к младшей возрастной группе (0+ ... 1), а также крайне редко встречающихся рыб в возрасте 4–5 лет, измерение активности ферментов в тканях этих групп не всегда представлялось возможным.

Активность антиоксидантных ферментов — каталазы (КАТ) и пероксидазы (ПЕР) определяли спектрофотометрически согласно методам, описанным нами ранее [21]. Активность аланинаминотрансферазы (АЛТ) и аспартатаминотрансферазы (АСТ) анализировали с помощью стандартного набора реагентов фирмы «Филисит» (Украина). К 0,04 мл гомогената добавляли 0,2 мл субстратно-буферного раствора и оставляли на один час при комнатной температуре, после этого приливали 0,2 мл стопреагента (2,4-динитрофенилгидразин) и инкубировали еще 20 мин. Затем добавляли 2 мл гидроокиси натрия 0,4 N. Через 10 мин измеряли оптическую плотность исследуемой пробы против холостой (индивидуальной для каждого образца) при длине волны 500–530 нм. Коэффициент де Ритиса рассчитывали как отношение активности АСТ к активности АЛТ [22].

Уровень эндогенной интоксикации (ЭИ) определяли по содержанию средних молекул (олигопептидов). К 0,5 мл пробы добавляли 0,25 мл 10%-ного раствора трихлоруксусной кислоты и центрифугировали 30 мин при 3000 об./мин, 0,3 мл супернатанта вносили в 3,7 мл 3%-ного NaOH, добавляли 0,2 мл реактива Бенедикта и инкубировали 15 мин, оптическую плотность измеряли при длине волны 330 нм. Содержание белка в пробах определяли по методу Лоури [23].

Результаты исследований обработаны статистически и выражены в форме $M \pm m$ (средняя величина \pm ошибка средней) [24]. Сравнительный анализ данных осуществляли с использованием *t*-критерия Стьюдента. Результаты считали достоверными

при $p \leq 0,05$. С целью выявления зависимости между исследуемыми параметрами рассчитывали коэффициент корреляции для каждой пары значений с помощью стандартной программы Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования показали, что в уловах встречались особи в возрасте от 0+ до 5 лет; преобладали двухлетки и двухгодовики (рис. 1). Размер ставриды в 2008–2010 гг. изменялся от 7,0 до 16,4 см, а масса от 4,78 до 57,77 г (таблица).

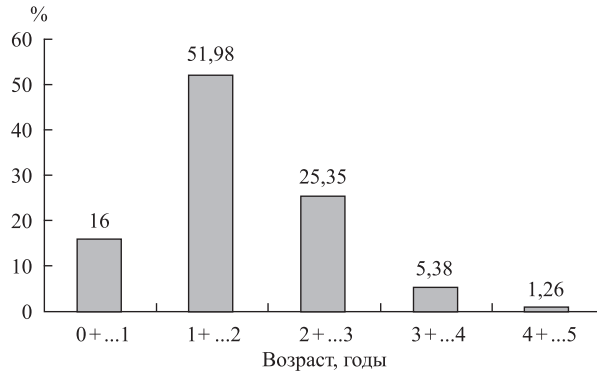


Рис. 1. Возрастной ряд черноморской ставриды, отловленной в прибрежной зоне г. Севастополя в 2008–2010 гг.

Цифрами над столбцами обозначены процентные соотношения рыб в уловах.

Размерно-массовые характеристики черноморской ставриды, отловленной в прибрежной зоне г. Севастополя в 2008–2010 гг.

Возраст, годы	Параметр	Длина (Sl), см	Масса, г
0+...1	Lim	7,0–12,1	4,78–23,68
	$M \pm m$	$9,8 \pm 0,1$	$12,62 \pm 0,37$
	N	100	101
1+...2	Lim	7,6–14,4	5,74–40,72
	$M \pm m$	$11,1 \pm 0,06$	$17,99 \pm 0,31$
	N	328	328
2+...3	Lim	8,4–14,9	8,83–41,14
	$M \pm m$	$12,3 \pm 0,08$	$24,84 \pm 0,49$
	N	160	159
3+...4	Lim	10,0–19,4	13,45–52,49
	$M \pm m$	$13,77 \pm 0,27$	$34,04 \pm 1,45$
	N	34	34
4+...5	lim	13,7–16,4	32,36–57,77
	$M \pm m$	$14,5 \pm 0,33$	$40,76 \pm 3,03$
	N	8	8

Примечание. Lim — пределы изменения длины/массы, $M \pm m$ — средняя величина \pm ошибка средней, N — количество анализированных образцов, Sl — длина от начала рыла до окончания позвоночного столба.

Изменение величин ИП и ИС с возрастом ставриды однотипно: минимальные значения отмечены у самых молодых рыб, у групп 1 + ... 2 и 2 + ... 3 года эти индексы почти не отличались, а к старости возрастали (рис. 2). Упитанность *T. mediterraneus* имела сходные значения у особей трех младших возрастных групп, а к четырем годам этот параметр незначительно увеличивался. ГСИ в популяции ставриды достоверно выше и достигает максимальных значений у рыб, находящихся главным образом в репродуктивном возрасте (1 + ... 2 года) (см. рис. 2). Таким образом, результаты исследований показали однотипное изменение всех основных морфофизиологических параметров ставриды с возрастом.

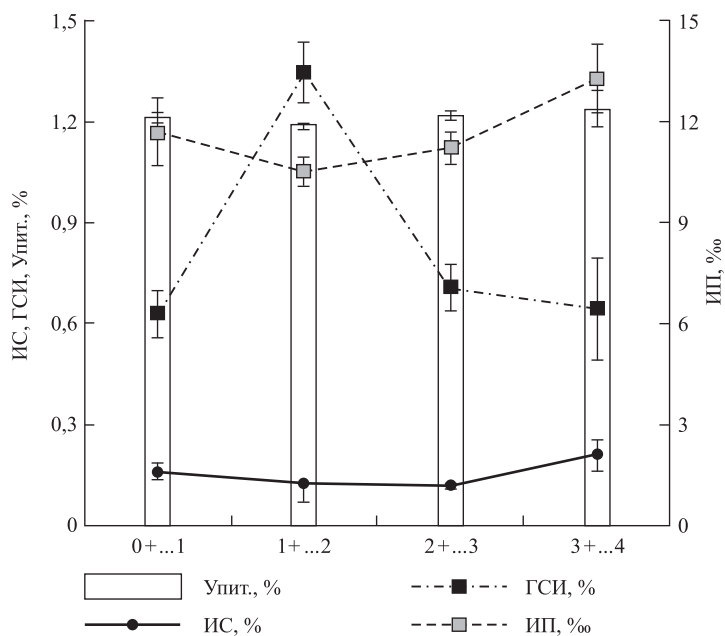


Рис. 2. Морфофизиологические параметры черноморской ставриды, отловленной в прибрежной зоне г. Севастополя в 2008–2010 гг. ($M \pm m$):

ИП — индекс печени; ИС — индекс селезенки; ГСИ — гонадосоматический индекс; Упит. — упитанность.

Динамика исследуемых биохимических параметров не была столь однозначна. Активность КАТ не изменялась в крови рыб, тогда как в печени можно отметить некоторую тенденцию снижения этого показателя с возрастом (рис. 3). Активность ПЕР в крови старших рыб повышалась, однако в печени установлена обратная тенденция.

Активность аминотрансфераз снижалась в печени рыб, относящихся к возрастной группе 1 + ... 2 ($p < 0,05$), но затем несколько возрастала (рис. 4). При этом коэффициент де Ритиса увеличивался в печени у 1 + ... 2-летних рыб и оставался таковым у более старших особей.

Как можно видеть на рис. 5, уровень ЭИ в печени превосходил соответствующие значения в крови и не изменялся с возрастом. В крови этот показатель снижался и становился существенно ниже у старших рыб по сравнению с молодыми особями ($p < 0,05$).

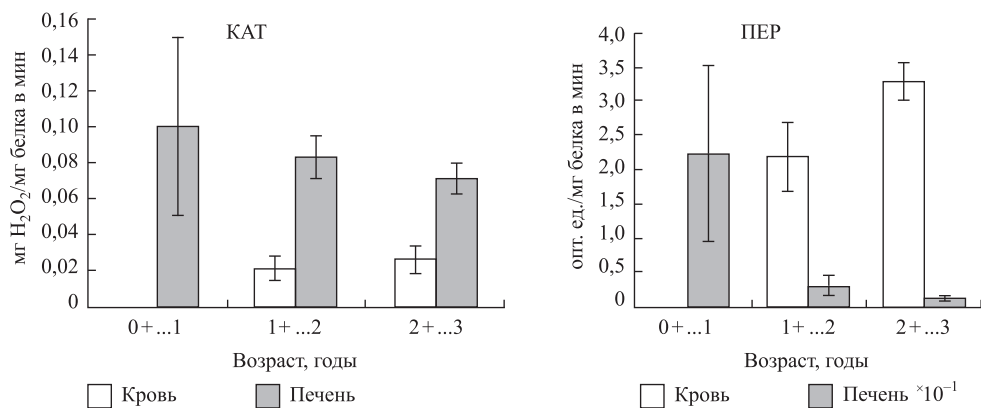


Рис. 3. Возрастная динамика антиоксидантных ферментов в крови и печени ставриды ($M \pm m$):

КАТ — каталаза, ПЕР — пероксидаза.

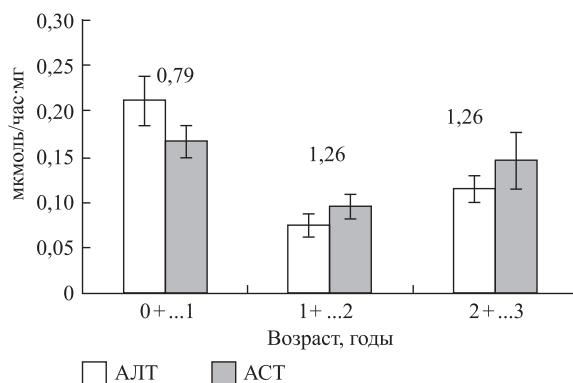


Рис. 4. Возрастная динамика активности аминотрансфераз в печени ставриды (цифрами обозначены значения коэффициента де Ритиса):

АЛТ — аланинаминотрансфераза, АСТ — аспаргатаминотрансфераза.

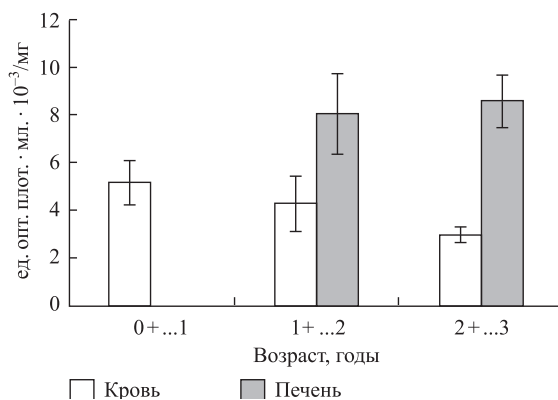


Рис. 5. Возрастная динамика уровня эндогенной интоксикации в тканях ставриды ($M \pm m$)

Таким образом, результаты исследований показали, что в настоящий период в прибрежных водах Севастополя преобладают рыбы в возрасте $1 + \dots 2$ года, составляющие более половины в уловах ставриды. Сходная картина доминирования 2–3-годовалых рыб отмечена и для более раннего периода исследований (с 1946 по 1951 г.) [25]. На основании наших данных о межгодовой динамике популяционных характеристик черноморской ставриды можно сделать заключение, что особи старших возрастных групп в современный период встречаются чаще. По сравнению с предыдущими годами исследований (2003–2007) средние величины длины и массы рыб, относящихся к возрастным группам $0 + \dots 1$ и $1 + \dots 2$, также увеличились [17].

Совершенно очевидно, что рост и развитие рыб, их половая зрелость и метаболизм меняются с возрастом, что отражается на активности ферментов. Вместе с тем динамика ферментативной активности может существенно различаться в органах и тканях. В наших исследованиях установлено, что у всех возрастных групп рыб активность КАТ была выше в печени, чем в крови, а активность ПЕР проявляла обратную зависимость. С возрастом в печени активность КАТ незначительно уменьшалась, тогда как в крови этот показатель оставался постоянным. Активность ПЕР возрастала в крови, но достоверно снижалась в печени ($r=0,85$). При этом рост ИП сопровождался снижением активности ПЕР и КАТ в печени ($r=0,80$). Возрастное снижение активности антиоксидантных ферментов, обусловленное истощением защитных систем, накоплением токсических соединений, нарушением синтеза и общим замедлением обмена веществ, отмечено для других рыб и высших позвоночных [7, 21, 25]. Вместе с тем достоверное увеличение активности ПЕР в крови без видимых изменений активности КАТ может быть связано с проявлением компенсаторной функции этих ферментов на основании того, что пероксидаза является менее специфичным энзимом, чем каталаза, и может разлагать наряду с перекисью водорода органические перекиси [26]. Кроме того, перекись водорода выводится через жабры и не накапливается в крови в критических концентрациях.

Это подтверждается тем фактом, что соотношение активности КАТ/ПЕР в крови исследуемых возрастных групп рыб имеет близкие значения (0,1–0,08). Однако в печени на фоне общего падения активности антиоксидантных ферментов у старшей группы отмечено возрастание соотношения КАТ/ПЕР почти в 2 раза по сравнению с более молодыми рыбами (5,0 против 2,2–2,6 соответственно), что может свидетельствовать о возрастных изменениях прооксидантно-антиоксидантных процессов в органе и согласуется с динамикой активности аминотрансфераз.

Однотипное изменение АЛТ и АСТ в печени характеризуется снижением активности ферментов у $1 + \dots 2$ -летних рыб и некоторым возрастанием у $2 + \dots 3$ -летних особей. При этом для величин АЛТ и ИП установлена высокая корреляция ($r=0,78$), для АСТ такой зависимости не обнаружено. Если у рыб младшей возрастной группы активность АЛТ преобладает над активностью АСТ (коэффициент де Ритиса составил 0,79), то у старших особей наблюдается противоположная тенденция и стабилизация данного показателя до значения 1,26. Совершенно очевидно, что с возрастом, и особенно в период полового созревания, у рыб происходит реорганизация белкового обмена в печени, обусловленная синтезом белков, участвующих в формировании половых желез [27]. Следует отметить высокий коэффициент корреляции между значениями ИП и отношением АЛТ/АСТ ($r=0,97$). Видимо, стабилизация соотношения активности АЛТ и АСТ у рыб старших возрастных групп способствует поддержанию постоянного

уровня олигопептидов и препятствует накоплению этих компонентов, характеризующих состояние эндогенной интоксикации в ткани печени. В то же время в крови рыб содержится меньше продуктов эндогенной интоксикации, чем в печени, и с возрастом отмечено снижение их уровня ($r=0,98$). Выявлена умеренная корреляция изменения этих величин с ИП рыб ($r=0,52$), что может быть обусловлено интенсивным выведением олигопептидов из организма или расщеплением их до низкомолекулярных соединений.

Таким образом, комплексная оценка состояния рыб в процессе их онтогенеза с применением морфофизиологических и биохимических параметров позволяет не только проследить возрастные изменения, но и прогнозировать основные тенденции, связанные с влиянием неблагоприятных факторов среды, приводящих к стрессу.

Совершенно очевидно, что патологические изменения проявляются в наибольшей степени с возрастом, когда на организм в течение длительного времени действуют повреждающие факторы [28]. Современный анализ этих негативных проявлений возможен при использовании как традиционных морфофизиологических параметров, отражающих долговременные тенденции, так и биохимических характеристик, быстро реагирующих на действие неблагоприятных факторов и используемых в системах ранней диагностики состояния рыб и среды их обитания.

* * *

Авторы выражают благодарность бригаде рыбаков ИнБЮМ за доставку материала для исследований.

Литература

1. Schreck C.B., Contreras-Sanchez W., Fitzpatrick M.S. Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny // *Aquaculture*. 2001. Vol. 197. P.3–24.
2. De La Fuente M., Hermanz A., Vallejo M.C. The immune system in the oxidative stress conditions of aging and hypertension: favorable effects of antioxidants and physical exercise // *Antioxidants and Redox Signaling*. 2005. N 7 (9–10). P. 1356–1366.
3. Hill K. T., Womersley Ch. Z. Interactive effects of some environmental and physiological variables on fluorescent age pigment accumulation in brain and heart tissues of an aquatic poikilotherms // *Environmental Biol. Fishes*. 1993. Vol. 37 (4). P. 397–405.
4. Hill-Kapturczak N., Jarmi T., Agarwal A. Growth factors and heme oxygenase-1: perspectives in physiology and pathophysiology // *Antioxidants and Redox Signaling*. 2007. Vol. 9 (12). P. 2197–2208.
5. Sohal R. S., Weidrich R. Oxidative stress, caloric restriction, and aging // *Science*. 1996. Vol. 273. P.59–63.
6. Adams S.M. Assessing cause and effect of multiple stressors on marine systems // *Mar. Pollut. Bull*. 2005. Vol. 51, N 8–12. P. 649–657.
7. Rudneva I. I., Skuratovskaya E. N., Kuzminova N. S., Kovyreshina T. B. Age composition and antioxidant enzyme activities in blood of Black Sea teleosts // *Comparative Biochemistry and Physiology*. 2010. Pt. C. Vol. 151, iss. 2. P.229–239.
8. Oost van der R., Beyer J., Vermeulen N. P. E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review // *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2003. Vol. 13. P.57–149.
9. Рощина О. В., Руднева И. И. Анализ возрастной динамики сывороточных ферментов рыб для оценки экологического состояния среды их обитания // *Экологические системы и приборы*. 2009. № 8. С. 18–22.
10. Grune T. Oxidative stress, aging and proteasomal system // *Biogerontology*. 2000. Vol. 1. P. 31–40.
11. Амброз А. П. Распределение и промысел черноморской ставриды // *Тр. ВНИРО*. 1954. С. 113–125.

12. Салехова Л. П., Гордина А. Д. О современном состоянии Крымской популяции черноморской ставриды (*Trachurus mediterraneus ponticus*) у юго-западного побережья Крыма // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск «Гідроекологія»-2005. 2005. № 4 (27). С. 207–208.
13. Световидов А. И. Рыбы Черного моря. Л.: Наука, 1964. 550 с.
14. Салехова Л. П. Морфологическая характеристика ставриды *Trachurus mediterraneus* Staindachner, обитающей в прибрежной зоне Крыма // Рибе господарство України. 2007. № 3–4. С. 38–43.
15. Гордина А. Д., Салехова Л. П., Климова Т. Н. Видовой состав рыб как показатель современного состояния прибрежной экосистемы юго-западного шельфа Крыма // Мор. экол. журн. 2004. Т. 3, № 2. С. 15–24.
16. Овен Л. С., Салехова Л. П., Кузьминова Н. С. Многолетняя динамика видового состава и численности рыб Черного моря в районе Севастополя // Рибе. госп-во України. 2008. № 4 (57). С. 15–18.
17. Кузьминова Н. С. Популяционные характеристики черноморской ставриды в современный период // Водні біоресурси і аквакультура / за ред. І. І. Грициняка, М. В. Гринжевського, О. М. Третяка. Інститут Рибного господарства НААН. Київ, 2010. С. 93–95.
18. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром., 1966. 376 с.
19. Шварц С. С., Смирнов В. С., Добринский Л. Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных // Тр. Ин-та экологии растений и животных. 1968. Вып. 58. 386 с.
20. Руднева И. И., Скуратовская Е. Н. Половые особенности активности антиоксидантных ферментов крови некоторых прибрежных видов рыб Черного моря // Вопросы ихтиологии. 2009. Т. 49, № 1. С. 125–128.
21. Lopez-Torres M., Perez-Campo R., Barja de Quiroga G. Effect of natural ageing and antioxidant inhibition on liver antioxidant enzymes, glutathione system, peroxidation and oxygen consumption in *Rana perezi* // J. Comp. Physiol. B. 1991. Vol. 160, iss. 6. P. 655–661.
22. Каталог инструкций. Диагностические наборы реактивов для клинических, биохимических и микробиологических исследований. Днепропетровск: ООО НПП «Филисит-диагностика», 2005. 199 с.
23. Практикум по биохимии: учеб. пособие / под ред. А. А. Чиркина. Мн.: Новое Знание, 2002. 512 с. (Медицинское образование).
24. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
25. Hu D., Klann E., Thiels E. Superoxide dismutase and hippocampal function: age and isozyme matter // Antioxidants and Redox Signaling. 2007. N 9 (2). P. 201–210.
26. Livingstone D. B. Contaminated-stimulated reactive oxygen species production and oxidative damage in aquatic organisms // Mar. Pollut. Bull. 2001. Vol. 42. P. 656–666.
27. Arukwe A., Goksoyr A. Eggshell and egg yolk proteins in fish: hepatic proteins for the next generation: oogenetic, population, and evolutionary implications of endocrine disruption // Comp. Hepatology. 2003. N 2(4). P. 1–21.
28. Hylland K. Biological effects in the management of chemicals in the marine environment // Mar. Pollut. Bull. 2006. Vol. 53. P. 614–619.

Статья поступила в редакцию 14 октября 2013 г.

Сведения об авторах

Руднева И. И. — доктор биологических наук, профессор
 Кузьминова Н. С. — кандидат биологических наук
 Дорохова И. И. — ведущий инженер

Rudneva I. I. — Doctor of Biology, Professor
 Kuzminova N. S. — Ph.D.
 Dorokhova I. I. — Leading Engineer