

**ПОЛОВЫЕ И ВОЗРАСТНЫЕ
ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ
МОРСКОГО ЕРША
SCORPENA PORCUS L.
ПО ОТНОШЕНИЮ К
АНТРОПОГЕННУМУ ФАКТОРУ**

**H.C. Кузьминова,
E.H. Скуратовская**

Институт биологии южных морей
НАН Украины
г. Севастополь, пр. Нахимова, 2
E-mail: kunast@rambler.ru

*Исследованы половые и возрастные отличия ряда показателей морского ерша *Scorpaena porcus* к действию антропогенного фактора. В более загрязненной бухте возрастной состав рыб уже, начиная с 8-и годовалого возраста в популяции присутствуют только самки. У самцов из более загрязненной акватории индекс печени рыб в возрасте 2-3-х лет увеличен, к 4-м годам происходит его снижение; индекс селезенки уменьшается.*

Введение. В последнее пятилетие загрязнение Черного моря и его биоресурсов заметно уменьшилось в связи со снижением промышленного производства и в настоящее время носит локальный характер [1]. Так, интегральный показатель качества вод северо-западной части Черного моря, представляющий собой функцию концентрации растворенного кислорода, общего фосфора, суммы минеральных форм азота и хлорофилла „а”, снижается, хотя концентрация органических форм азота растет [1].

По последним данным, значительно увеличилось количество видов рыб как постоянно живущих в севастопольских бухтах, так и заходящих в них для нереста и нагула. В 2003 – 2007 гг. количество видов, встреченных в акваториях севастопольской прибрежной зоны составило 49, в то время как в 1988 – 1990 гг. их насчитывалось всего 27. Годовой улов рыб донными ловушками Института биологии южных морей НАН Украины (г. Севастополь) в указанную пятилетку колебался от 58,4 до 101,5 кг, а в 1988 – 1990 гг. он составлял всего 3-4 кг [2]. Как было отмечено выше, в отдельных прибрежных районах (бухтах) все еще сохраняются неблагоприятные условия для обитания гидробионтов [1, 3], что требует дополнительных исследований их состояния.

В прибрежной зоне основное место в уловах занимают такие промысловые виды как ставрида, султанка, а также непромысловы – спикара и морской ерш [2]. Пелагические и придонно-пелагические рыбы, обладающие высокой подвижностью (ставрида, спикара), менее подвержены влиянию антропогенного фактора [4], чем донные и придонные виды, ведущие оседлый образ жизни (морской ерш, султанка, морской налим) [3, 5, 6].

Известно, что в неблагоприятных условиях обитания у рыб проявляются адаптивные реакции, происходящие на разных уровнях организации организма. Ранее было показано, что у широко распространенного в Черном море морского ерша *Scorpaena porcus* L., обитающего в более загрязненной бухте, в крови и печени повышается активность антиоксидантных ферментов, защищающих организм от повреждающего действия свободных радикалов, увеличивается индекс печени (ИП), снижается индекс селезенки (ИС), уменьшаются размерно-массовые характеристики [3, 6 – 9].

Настоящая работа посвящена изучению половых отличий активности антиоксидантных ферментов в крови и органах морского ерша в зависимости от возраста, анализу ИП и ИС рыб из двух районов с учетом пола и возраста, а также соотношения полов разновозрастных групп *S. porcus*, обитающих в бухтах с разным уровнем антропогенной нагрузки.

Материалы и методы. Морского ерша (скорпену) отлавливали в прибрежной зоне г. Севастополя в течение 2002 – 2008 гг. в двух бухтах, различающихся уровнем антропогенной нагрузки: Карантинной – относительно чистой и Мартынова – более загрязненной [3].

Биологический анализ рыб, включающий определение длины и массы рыб, возраста, пола и стадии зрелости проводили согласно общепринятым ихтиологическим методам [10 – 12]. Индекс печени и селезенки определяли с пересчетом на вес тушки. Активность антиоксидантных ферментов в крови, печени, гонадах и селезенке морского ерша определяли по ранее указанным методам [3, 7, 8]. Результаты исследований обработаны статистически, с использованием t-критерия Стьюдента [13].

Результаты и обсуждение. На основании ранее проведенных исследований было установлено, что величины длин и массы морского ерша из б. Каратинной и б. Мартынова очень близки, а при сравнении рыб одного пола и возраста из этих районов указанные параметры были выше у экземпляров из б. Мартынова. В то же время индекс печени, отражающий физиологический статус животного организма, был выше у особей из б. Мартынова, что свидетельствует о напряженном функционировании рыб в этом районе [3].

Исследования индекса селезенки массовых видов черноморских рыб свидетельствуют о том, что этот показатель слабо зависит от пола и сезона, а в большей степени – от качества условий обитания [6]. Для оценки отличий чувствительности самок и самцов разного возраста к загрязнению массив данных разделили по полу и возрасту рыб (рисунок 1). У одновозрастных самцов и самок морского ерша из б. Каратинной величины ИС близки, в то время как в б. Мартынова это справедливо только для 2-х годовалых особей. У самок в возрасте от 3 до 6 лет из более загрязненной бухты (б. Мартынова) ИС выше, чем у самцов, причем у самок увеличение ИС с возрастом происходит более отчетливо. Важно отметить, что у самцов всех возрастных групп и у самок 2-4-х годовалого возраста ИС ниже у рыб из б. Мартынова по сравнению с рыбами из б. Каратинной. Это свидетельствует об адаптационных процессах, происходящих в организме рыб, а

именно об интенсивном выбросе крови из селезенки в кровяное русло. У самок 5-6 лет наблюдали противоположный эффект, что говорит об активизации кровообразования у старых рыб. Такая фазность реагирования самок может подтверждать их большую устойчивость по сравнению с самцами, однако у старых самок морского ерша увеличение ИС может быть свидетельством их критического функционирования в условиях долговременного антропогенного прессинга. Возрастной ряд морского ерша в Каратинной бухте шире, чем у рыб из б. Мартынова (рисунок 2).

В уловах из б. Каратинной встречался морской ерш в возрасте 2 – 10 лет. Количество двух – шестигодовалых самок и самцов примерно одинаково. Рыбы 7-10-летнего возраста представлены только самками (рисунок 2).

В б. Мартынова среди 2 – 3 годовалых рыб незначительно преобладали самцы, а среди 4 – 7 годовалых – самки, 8 – 9 годовые особи были самцами (рисунок 2).

По исследованиям, проведенным в середине XX века, известно, что в районе Кара-дага самцов морского ерша малых размерных групп было также больше, чем самок, в то время как с увеличением размера рыб это соотношение изменялось [14]. Позже факт количественного преобладания самцов над самками был установлен и для морского ерша, обитающего в загрязненных бухтах г. Севастополя, однако при этом рыбы не были дифференцированы по возрасту [15].

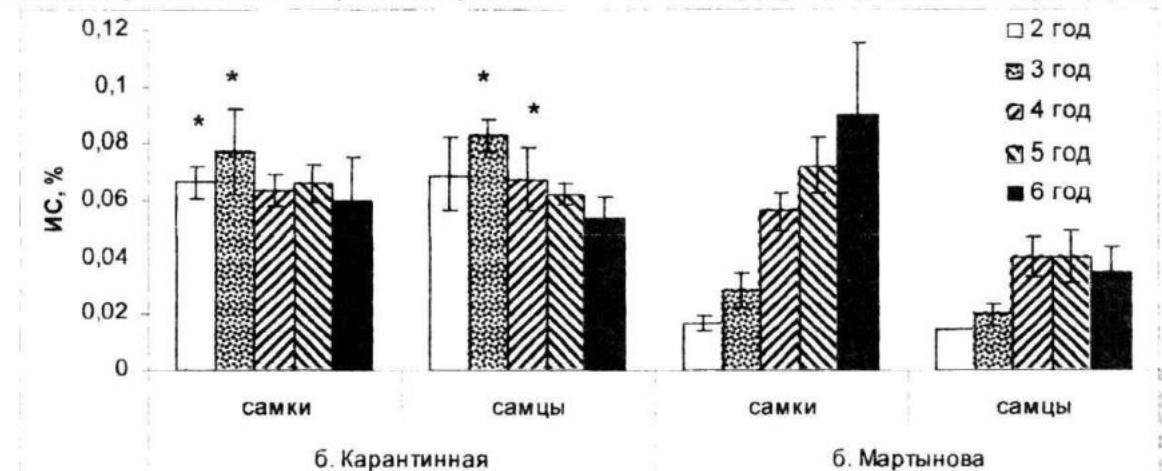


Рисунок 1 – Индекс селезенки самок и самцов морского ерша *Scorpaena porcus*

из бухт с разным уровнем антропогенной нагрузки в период 2004 – 2008 гг.

– достоверные ($p < 0,05$) отличия ИС рыб одного пола и возраста из двух районов ($M \pm m$, %; N=156)

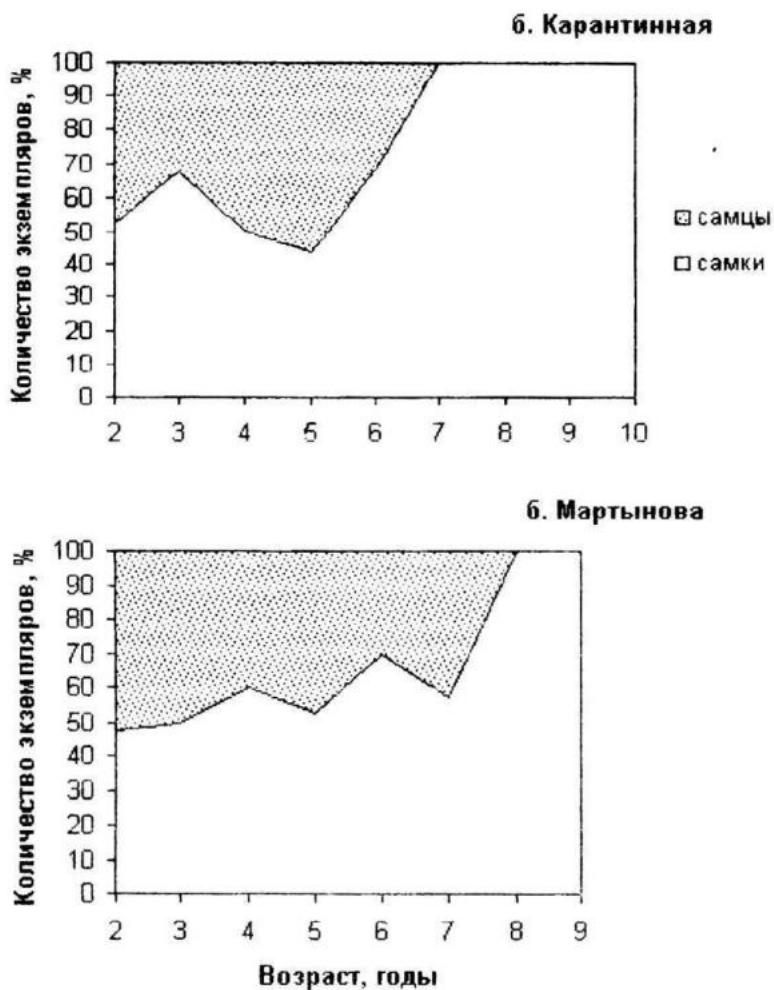


Рисунок 2 – Соотношение полов морского ерша *Scorpæna porcus* разного возраста в бухтах с разным уровнем антропогенной нагрузки

Аналогичные литературные данные имеются и для другого вида донных рыб – камбалы Баренцева моря: среди мелких половозрелых особей доминируют самцы, среди крупных – самки, причем процент самок в популяции повышается с возрастом (длиной) рыб, а самцы в возрасте старше 19 лет отсутствуют [16].

Известно, что основные причины изменения соотношения полов у рыб – обеспеченность пищей и качество этой пищи, изменения солевого и температурного режима. Например, изменения соотношения полов в популяции карася серебристого *Carassius auratus gibelio*, обитающего в низовье Дуная, связывали именно с попаданием сточных вод в реку, приведшим к ухудшению кормовой базы рыб [17]. Ранее было установлено, что вредные выбросы промышленных предприятий вызывают нарушения в эндокринной

системе рыб на ранних стадиях развития, что резко меняет соотношение полов в сторону преимущественного развития самцов [18]. Можно предположить, что в б. Мартынова, следствием влияния загрязнения воды и грунтов является ухудшение кормовой базы, что, наряду со снижением солености из-за поступления сточных вод, может приводить к изменению гормонального и эндокринного статуса, что влияет, в свою очередь, на изменение соотношения в популяции самок и самцов.

Косвенным доказательством этого может служить тот факт, что у 2-4-х летних самок, а также у 2-3-х летних самцов в период покоя вес песчин, участвующей во многих обменных процессах, был выше у особей из б. Мартынова, причем у самок разница между величинами ИП у рыб из двух районов убывала с возрастом (таблица 1).

У 3-х годовых самцов такая разница была выше, по сравнению с 2-х годовыми рыбами, однако уже у 4-х годовых самцов наблюдали снижение веса печени у экземпляров из б. Мартынова, что может свидетельствовать о дистрофии органа.

Выявление особенностей метаболизма самок и самцов позволяет более детально понять внутрионуляционную гетерогенность рыб на молекулярном уровне, а также определить ответные реакции организма на действие неблагоприятных условий, в том числе антропогенного загрязнения, с учетом характерного гормонального статуса. Антиоксидантные ферменты относятся к неспецифической защитной системе организма, и показатели их активности являются информативными биомаркерами для оценки состояния рыб и качества среды их обитания [19]. Анализ этих параметров у самок и самцов позволяет охарактеризовать их устойчивость к действию стрессовых факторов и адаптационные возможности в сравнительном аспекте (таблица 2).

Как видно из табл. 2, существенных половых различий активности исследуемых ферментов в эритроцитах крови рыб не обнаружено.

Отсутствие достоверных половых различий показателей антиоксидантной системы в тканях в норме и при неблагоприятном воздействии показано для многих видов рыб [20, 21].

В наших исследованиях обращает на себя внимание снижение активности каталазы, СОД и ГТ с возрастом у рыб, обитающих в б. Мартынова, что может быть связано как с усилением свободнорадикальных процессов, так и со снижением синтеза данных ферментов, приводящем к истощению защитных систем организма в условиях усиленного антропогенного воздействия.

В Карантинной бухте также отмечено снижение активности каталазы в крови самок и самцов старших возрастных групп по сравнению с более молодыми особями. Для СОД, ключевого фермента антиоксидантной защиты, установлено снижение активности у 5-летних рыб, а затем ее повышение у 6-7 летних особей, что, вероятно обусловлено более сильными адаптивными возможностями ерша в акваториях с незначительным уровнем загрязнения.

В то же время при сравнении активности ферментов в крови рыб из двух районов показано, что в некоторых случаях активность СОД, ГР и пероксидазы достоверно выше у

2, 3-х летнего ерша из более загрязненной акватории. В возрасте 6-7 лет активность ключевого фермента детоксикации, СОД, ниже у самцов из б. Мартынова.

Аналогичные исследования были проведены в печени и гонадах морского ерша двух размерных групп (таблица 3). Установлено, что в печени самок и самцов из одного района активность ферментов у рыб разных размерных групп изменяется неоднозначно. Четкой зависимости активности ферментов в печени от пола также не имеется. В гонадах ерша из б. Карантинной наблюдали такую же картину, в то время как у самок из более загрязненной акватории (б. Мартынова) с увеличением размера рыб отмечали существенное снижение активности всех исследованных ферментов. Как и в эритроцитах, в гонадах самцов из б. Мартынова активность ферментов в большинстве случаев была ниже, чем в гонадах самок, однако достоверных отличий нет.

В большинстве случаев активность ферментов в печени морского ерша из б. Мартынова ниже. В яичниках самок длиной 9,1 – 12,0 см активность ферментов была ниже (кроме СОД) у особей из бухты с небольшим уровнем загрязнения, а у особей длиной 9,1 – 12,0 см для них отмечена обратная тенденция. Для семенников, из-за отсутствия достаточного количества материала, таких отличий установить не удалось. На основании проведенного анализа активности антиоксидантных ферментов в органах скорпены можно отметить, что с увеличением размера прослеживается снижение адаптационных процессов у рыб, причем у самцов эти способности ниже.

Заключение. Результаты исследования устойчивости морского ерша к действию антропогенного фактора показали, что в более загрязненной бухте возрастной состав рыб уже, среди ранневозрастных особей преобладают самцы, начиная с 8-и годовалого возраста в популяции присутствуют только самки. Значительное увеличение индекса печени у самцов в возрасте 2-3-х лет и его снижение к 4-м годам (дистрофия) подтверждает большую уязвимость самцов по сравнению с самками. Индекс селезенки у самцов из более загрязненной бухты (б. Мартынова) значительно ниже, чем у рыб из б. Карантинной. У самок, наоборот, происходит активизация адаптационных процессов (увеличение ИП и ИС) в условиях критического функционирования, причем с возрастом эта способность усиливается.

Таблица 1 – Индекс печени морского ерша (период покоя) в двух бухтах Севастополя ($M \pm m$, %)

Возраст	Пол	Самки		Самцы	
		Бухта	Б. Карапинная, N=201	Б. Мартынова, N=49	Б. Карапинная, N=195
2 года		10,26±0,51	15,19±2,85	12,12±0,83 *	16,82±1,70
3 года		13,21±0,69	15,79±2,00	14,58±0,77 *	20,06±2,42
4 года		16,09±1,58	16,71±1,36	19,89±1,75	14,02±5,74

Примечание: * – достоверные отличия ($p<0,01$) ИП особей из двух районов.

Таблица 2 – Активность антиоксидантных ферментов в крови самок и самцов морского ерша разного возраста из двух бухт (на мг эритроцитов)

Фермент	Пол	Возраст, годы					
		2	3	4	5	6-7	
БУХТА КАРАНТИННАЯ							
Каталаза	Самки	0,45±0,06 (14)	0,50±0,07 (25)	0,43±0,03 (10)	0,42±0,05 (6)	0,37±0,02 (2)	
мг Н ₂ O ₂	Самцы	0,44±0,08 (12)	0,46±0,03 (33)	0,43±0,03 (23)	0,42±0,02 (8)	0,37±0,03 (6)	
СОД, усл.ед.	Самки	187,36±27,55 (12)°	119,81±14,50 (21)	135,56±28,49 (9)	108,5±17,43 (7)	169,35±82,06 (2)	
	Самцы	121,16±15,42 (10)	153,94±13,96 (32)	110,94±12,78 (20)	88,36±18,56 (9)	162,38±38,04 (5)	
Пероксизаза,	Самки	24,97±2,98 (14)	30,18±2,85 (22)	29,59±3,78 (10)	40,37±4,64 (7)	23,81±4,42 (2)	
опт. ед.	Самцы	29,30±3,87 (10)	24,52±2,09 (35)	27,93±2,62 (22)	33,37±1,94 (8)	26,95±5,70 (5)	
ГР, нмоль	Самки	1,08±0,20 (6)	1,45±0,31 (19)	2,18±0,57 (9)	2,06±0,65 (6)	0,78±0,17 (2)	
НАДФН	Самцы	1,67±0,46 (9)	1,58±0,38 (30)	1,51±0,30 (19)	1,71±0,65 (8)	2,44±1,08 (4)	
GST, нмоль	Самки	9,08±2,36 (6)	12,73±3,19 (11)	14,48±3,84 (8)	6,39±2,93 (3)	4,17±0,96 (2)	
конъюгата	Самцы	9,06±3,42 (4)	9,27±1,74 (21)	12,71±2,59 (10)	10,25±2,04 (3)	10,35 (1)	
БУХТА СЕВАСТОПОЛЬСКАЯ							
Каталаза	Самки	0,43±0,05 (13)	0,39±0,02 (15)	0,39±0,03 (22)	0,38±0,03 (15)	0,33±0,10 (4)	
мг Н ₂ O ₂	Самцы	0,36±0,009 (5)	0,44±0,02 (19)	0,41±0,02 (22)	0,37±0,03 (10)	0,42±0,03 (6)	
СОД, усл.ед.	Самки	211,19±34,94 (9)	196,89±20,93 (13)°	164,96±18,87 (16)	104,12±6,91 (13)	105,46±19,65 (3)	
Пероксизаза,	Самки	180,16±23,01 (5)	145,93±9,90 (17)	151,17±21,44 (19)	117,82±25,77 (6)	61,91±5,30 (4)	
опт. ед.	Самцы	27,49±3,39 (13)	25,97±2,21 (14)	31,17±3,19 (22)	33,74±2,80 (16)	40,90±0,19 (2)°	
ГР, нмоль	Самки	34,85±7,17 (5)	26,67±2,82 (22)	33,47±3,26 (21)	30,67±3,12 (10)	27,71±4,23 (4)	
НАДФН	Самцы	1,35±0,38 (6)	11,12±1,06 (4)°	3,53±0,94 (17)	2,44±1,21 (9)	3,85±3,56 (2)	
GST, нмоль	Самки	1,03±0,02 (3)	3,25±0,84 (14)	3,47±1,61 (8)	2,76±1,29 (7)	5,90±3,08 (2)	
конъюгата	Самцы	12,38±2,19 (8)	11,12±3,28 (9)	14,0±3,40 (8)	7,17±1,58 (9)	–	
		7,62±2,23 (4)	12,51±2,25 (18)	8,72±2,20 (12)	12,44±2,81 (5)	2,88±0,05 (2)	

Примечание: жирным шрифтом выделены достоверные ($p<0,05$) отличия активности ферментов в органах рыб одного пола и возраста из двух районов,

° – достоверные отличия между самками и самцами одной размерной группы и из одного района.

Таблица 3 – Активность антиоксидантных ферментов в печени и гонадах самок и самцов морского ерша *Scorpaena porcus* разных размерных групп из бухт Карантинной (числитель) и Мартынова (знаменатель) (на мг белка)

SL, см Фермент	9,1 – 12,0 см		12,1 – 14,0 см	
	Самки	Самцы	Самки	Самцы
ПЕЧЕНЬ				
Каталаза мгН ₂ O ₂	<u>0,38±0,11 (3)</u> 0,24±0,05 (7)	<u>0,345±0,156 (6)</u> 0,36±0,19 (3)	= 0,20±0,06 (9)	<u>0,14±0,01 (4)</u> 0,15±0,02 (4)
СОД, усл. ед.	<u>275,85±134,08 (2)</u> 67,84±23,48 (4) ^x	<u>647,21±191,34(4)</u> 564,04±373,66(2)	= 252,73±49,72(9)	<u>412,66±124,56(4)</u> 612,76±491,70(4)
Пероксидаза, опт. ед.	<u>0,16±0,14 (2)</u> 0,06±0,02 (7) ^o	<u>0,0008±0,0006(3)</u> <u>0,006±0,002 (3)</u>	= 0,32±0,23 (8)	<u>0,023±0,018 (4)</u> 0,98±0,95 (4)
ГР, нмоль НАДФН	<u>9,31±6,25 (2)</u> 3,82±0,78 (7)	<u>3,06±0,26 (4)</u> 11,44±8,08(3)	= 5,01±1,61 (8)	<u>5,22±0,45 (4)</u> 4,00±1,23 (4)
GST, нмоль кононогата	<u>69,62±27,74 (2)</u> 67,68±13,04 (7)	<u>45,13±10,25 (4)</u> 44,85±40,88 (3)	= 22,35±4,32	<u>49,61±10,07 (4)</u> 46,57±11,17 (4)
ГОНАДЫ				
Каталаза мгН ₂ O ₂	<u>0,58±0,17 (20)</u> 2,16±1,24 (5)	<u>0,83±0,64 (8)</u> —	<u>0,76±0,53 (4)</u> 0,30±0,10 (4)	<u>1,61±0,97 (4)</u> 0,845 (1)
СОД, усл. ед.	<u>1845,38±844,43(12)</u> <u>80,14±53,15 (2)</u>	<u>82,54 (1)</u> —	<u>3460,14±1412,45(2)</u> —	= 45,56 (1)
Пероксидаза, опт. ед.	<u>2,15±1,11 (11)</u> 6,25±4,93 (4)	<u>0,29±0,23 (8)</u> —	<u>2,56±1,60 (4)</u> 0,23±0,15 (3)	<u>0,07±0,03 (4)</u> 1,95 (1)
ГР, нмоль НАДФН	<u>28,88±10,17 (18)</u> 62,78±43,04 (4)	<u>12,28±7,20 (7)</u> —	<u>49,22±31,29 (4)</u> 4,77±1,20 (4)	<u>18,96±9,52 (4)</u> 21,78±9,57 (2)
GST, нмоль кононогата	<u>281,43±140,73 (17)</u> 1949,48±1851,93 (3)	<u>32,21±10,38 (6)</u> —	<u>209,24±78,69(4)</u> 12,99±5,01 (2)	<u>63,60±50,88(3)</u> 22,59 (1)

Примечание: жирным шрифтом выделены достоверные ($p<0,05$) отличия активности ферментов в органах рыб одного пола и размежевой группы из двух районов, ^o – достоверные отличия между самками и самцами одной размежевой группы и из одного района, ^x – достоверные отличия между рыбами с SL 9,1 – 12,0 см и 12,1 – 14,0 см одного пола и из одного района.

Активность антиоксидантных ферментов в крови и органах у морского ерша изменяется неоднозначно, но, в целом, отмечена тенденция ее снижения с возрастом (размером). В б. Мартынова в крови морского ерша происходит повышение активности ферментов, в то время как в органах – наоборот, причем в печени и гонадах самок скорпены исследуемые показатели были выше у более крупных особей.

Литература

- И.Г. Орлова, Н.Е. Павленко, В.В. Украинский, Ю.И. Попов. Состояние эвтрофированности вод северо-западной части Черного моря по результатам многолетнего комплексного мониторинга. Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. науч. тр. – 2007. – Вып. 15. – С. 32 – 43.
- Л.С. Овен, Л.П. Салехова, Н.С. Кузьминова. Многолетняя динамика видового состава и численности рыб Черного моря в районе Севастополя. Риб. госп-во України. – 2008. – № 4 (57). – С.15 – 18.

3. Н.С. Кузьминова. Оценка токсического действия хозяйственно-бытовых сточных вод на морские организмы: Дис. ...канд. биол. наук: 03.00.16. – М., 2006. – 168 с.

4. Н.С. Кузьминова. Индекс печени черноморской ставриды как индикатор ее физиологического состояния. Риб. госп-во України. – 2006. – 2(43). – С. 36 – 38.

5. С.К. Костова, О.В. Плотицина, Н.С. Кузьминова. Аккумуляция ртути черноморскими рыбами у севастопольского побережья. Ветеринарна медицина. – 2008. – № 90. – С. 261 – 268.

6. Н.С. Кузьминова. Видовые, сезонные, половые отличия индекса селезенки некоторых видов черноморских рыб и его подверженность антропогенному фактору. Вестник зоологии. – 2008. – Т. 42. – 2. – С. 135 – 142.

7. Т.Б. Вахтина, О.В. Роцина, Е.Н. Скуратовская. Использование биохимических индикаторов рыб в биомониторинге прибрежной части Черного моря. Заповедники Крыма: заповедное дело, биоразнообразие, экологическое образование: Материалы III науч. конф., 22 апр. 2005 г. Симферополь. – 2005. – Ч.2. Зоология беспозвоночных. Зоология позвоночных. Экология. – С. 198 – 203.

8. Н.С. Кузьминова, А.В. Сорокина. Влияние хронического загрязнения на морского ерша *Scorpaena porcus* L. Ветеринарна медицина. – 2008. – № 90. – С. 268 – 275.
9. А.Н. Пашков, Н.Ф. Шевченко, Л.С. Овен, В.Е. Гирагосов, М.В. Круглов. Распределение, численность и основные популяционные показатели морского ерша *Scorpaena porcus* в условиях антропогенного загрязнения Черного моря. Вопр. ихтиол. – 1999. – Т. 39. – № 3. – С. 661 – 668.
10. И.М. Анисимова, В.В. Лавровский. Ихтиология: учеб. пособие для с.-х. вузов. – М.: Высш. школа, 1983. – 255 с.
11. Т.А. Баклашова. Ихтиология. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 324 с.
12. И.Ф. Правдин. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищ. пром., 1966. – 376 с.
13. Г.Ф. Лакин. Биометрия. – М: Высш. школа, 1973. – 343 с.
14. А.Н. Смирнов. Материалы по биологии рыб Черного моря в районе Карадага. Тр. Карадаг. биол. ст. – 1959. – Вып. 15. – С. 31 – 109.
15. И.И. Руднева, Н.Ф. Шевченко, Л.С. Овен, И.Н. Залевская, Е.Н. Скуратовская. Комплексная оценка качества водной среды с помощью биомаркеров разного уровня. В сб. статей «Актуальные вопросы водной токсикологии». – 2004. – С. 124 – 149.
16. М.В. Ковшова. Размерно-возрастная структура и соотношение полов Баренцевоморской популяции морской камбалы *Pleuronectes platessa* L. (Pleuronectidae). Вопр. ихтиол. – 1982. – Т. 22. – Вып. 4. – С. 608 – 618.
17. Н.И. Гончаренко. Особенности половой структуры популяций карася серебристого в низовье Дуная. Вестник зоологии. – 2001. – 35 (2). – С. 89 – 92.
18. D.G. J. Larsson, H. Haliman, L. Forlin. More male fish embryos near a pulp mill. Env. Tox. and Chem. – 2000. – Vol. 19. – P. 2911 – 2917.
19. И.И. Руднева. Применение биомаркеров рыб для экотоксикологической диагностики водной среды. Риб. госп-во Укр. – 2006. – № 1. – С. 20 – 23.
20. С.А. Алешко, О.Н. Лукьянова. Сезонные изменения некоторых параметров биотрансформации и антиоксидантной системы в печени полосатой камбалы *Liopsetta pinnifasciata* из Амурского залива Японского моря. Биология моря. – 2008. – Т. 34. – № 2. – С. 148 – 151.
21. K. Winzer, G.W. Winston, W. Becher et al. Sex-related responses to oxidative stress in primary cultured hepatocytes of European flounder (*Platichthys flesus* L.). Aquat. Toxicol. – 2001. – Vol. 52. – P. 143 – 155.