

**НЕКОТОРЫЕ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ СРЕДИЗЕМНОМОРСКОЙ СТАВРИДЫ
*TRACHURUS MEDITERRANEUS***

© 2009 г. Е.А. Назарова¹, Н.С. Кузьмина²

1 - Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок 152742

2 - Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАНУ, Севастополь 99011

Поступила в редакцию 01.08.2008 г.

Окончательный вариант получен 15.10.2008 г.

Проведено исследование некоторых биохимических и физиологических параметров органов (селезенки, печени и гонад) средиземноморской ставриды *Trachurus mediterraneus* (Steindachner). Изучены состав, соотношение и ультраструктура лейкоцитов селезенки и печени. Определены активность антиоксидантных ферментов, соотношение лейкоцитов в органах и структуре гранулоцитов. Проведено сравнение полученных результатов исследований с имеющимися литературными сведениями, касающимися других видов черноморских рыб.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы возрос интерес к изучению состояния популяций черноморских рыб в условиях антропогенного прессинга. Среди методов оценки функционального состояния ихтиофауны важное место занимают морфологические и биохимические исследования. Результаты этих исследований тонко отражают реакцию организма на воздействие различных факторов окружающей среды, включая загрязняющие вещества (Пустовит, Пустовит, 2005).

Функционирование организма невозможно без существования защитных систем, к которым относятся ферментативные (специализированные) и неферментативные антиоксиданты, а так же различные факторы иммунитета рыб.

Совместное функционирование ряда антиоксидантных ферментов в норме устраняет образование и разрушающее действие большинства продуктов перекисного окисления липидов и обеспечивает оптимальные условия функционирования клеток, тканей и организма в целом (Колесниченко, Кулинский, 1989; Кулинский, Колесниченко, 1990). В результате действия иммунной системы развивается защита к чужеродным агентам различной организации, уничтожаются собственные измененные клетки и нейтрализуются продукты их жизнедеятельности. Важную роль в реализации этих процессов играют лейкоциты рыб (Кондратьева и др., 2001).

Существенный вклад в осуществление данных функций вносят селезенка и печень. Как известно, помимо депонирования крови, селезенка обладает лейкопоэтической активностью, данному органу присуща функция антителообразования (Микряков и др., 2001). Печень принимает участие в пищеварении, накоплении гликогена и регуляции баланса жиров, синтезе белков плазмы крови, процессах детоксикации, аккумуляции антигенов и выведении их из организма (Микряков и др., 2001).

Масса данных органов изменяется в зависимости от сезона, пола, стадии зрелости гонад и возраста рыб (Кузьмина, 2006а, б, 2008). Отмечено увеличение размеров печени в экспериментальных и природных условиях при воздействии токсикантов, как адаптивная реакция на загрязнение (Герман и др., 2002; Лапинова и др., 2004; Столяр и др., 2004). Учитывая выше сказанное, исследование индексов

данных органов, как основных или дополнительных параметров, может быть использовано при выполнении мониторинговых работ.

Одним из основных промысловых видов рыб Черного моря является средиземноморская ставрида, уловы которой только в акваториях г. Севастополя составляют около 50 т в месяц (Слава..., 2006). Изучение основных параметров физиологического состояния ставриды позволит использовать их для оценки не только здоровья популяций данного вида, но и качества среды обитания.

Цель данной работы – определение физиологической нормы активности ряда ферментов антиоксидантной системы, а также изучение соотношения и морфологии лейкоцитов средиземноморской ставриды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Морфофизиологические исследования проводили на 179 половозрелых особях средиземноморской ставриды, пойманных в осенне-зимний период 2005 г. в 2-х бухтах г. Севастополя (Карантинная и Александровская). Сразу после отлова рыб доставляли в лабораторию и проводили исследования согласно общим ихтиологическим требованиям, а именно определение размеров (общей *TL* и стандартной *SL* длин), массы, пола и стадии зрелости рыб (Правдин, 1966). Индексы внутренних органов, а также упитанность (по Фультону) определяли в пересчете на массу тушки.

Активность антиоксидантных ферментов: каталазы, пероксидазы, супероксиддисмутазы, глутатионредуктазы, глутатион-S-трансферазы и интегральный показатель антиоксидантной активности определяли в селезенке, печени и гонадах рыб по ранее описанным методам (Руднева, 2000).

Анализ состава и соотношения лейкоцитов проводили на мазках – отпечатках селезенки и печени, которые фиксировали этиловым спиртом и окрашивали по Романовскому-Гимза. Подсчитывали 200 клеток белой крови с каждого отпечатка. При идентификации лейкоцитов придерживались классификации Н.Т. Ивановой (1983), при этом выделяли следующие группы: гемоцитобласты, лимфоциты, плазматические клетки, макрофаги, промиелоциты, метамиелоциты, палочкоядерные нейтрофилы, сегментоядерные нейтрофилы, эозинофилы. Для электронно-микроскопических исследований кусочки селезенки и печени объемом 1 мм³ подвергали двойной фиксации в 2,5% глутаральдегиде на 0,1М фосфатном буфере и 1% четырехоксида осмия, на том же буфере, отмывали в промывочном буфере, обезвоживали в спиртах возрастающей концентрации и заливали в Эпон 812 по стандартной методике (Миронов и др., 1994). Ультратонкие срезы толщиной 200-300 Å приготавливали на микротоме LKB 8800, контрастировали 0,2% водными растворами уранилацетата и цитрата свинца и просматривали под трансмиссионным электронным микроскопом JEM 100C.

Полученные результаты подвергали статистической обработке и представляли в виде средних и их ошибок. Для оценки достоверности результатов использовали *t*-критерий Стьюдента при $p=0,05$. Статистическую обработку проводили с использованием пакета прикладных программ MS Excel 2003 и Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфофизиологические показатели. На основании ранее проведенных исследований, было установлено, что индексы печени и индексы селезенки ставриды в посленерестовый и зимовальный периоды близки. Отсутствовала зависимость данных показателей от уровня загрязнения вод бухт Карантинной и Александровской

(Кузьминова, 2006б, 2008). Учитывая одинаковый темп роста у самок и самцов ставриды, а также примерно равное соотношение в уловах самок и самцов, мы рассчитали биологические параметры ставриды для популяции без дифференциации по полу и сезону. Все рыбы имели гонады II, VI-II стадий зрелости. Биологические характеристики ставриды указаны в таблице 1.

Таблица 1. Биологические характеристики средиземноморской ставриды *Trachurus mediterraneus* в период осень-зима 2005 г.

Table 1. Biological characteristics of the horse-mackerel *Trachurus mediterraneus* during the autumn and winter in 2005.

Показатель (N=179)	min – max	x±SE
TL, см	9,7-19,0	12,99±0,15
SL, см	8,0-15,9	10,71±0,13
Масса рыбы, г	7,97-71,21	20,47±0,86
Упитанность, %	0,79-3,55	1,44±0,02

Примечание: данные представлены в виде средних значений и стандартных ошибок (x±SE); N – количество исследованных особей, min – наименьший показатель, max – наибольший показатель.

Note: data are presented as arithmetic mean with standard deviation (x±SE), N – number of specimens, max – maximum value, min – minimum value.

Согласно представленным в таблицах 1 и 2 данным, ставрида в посленерестовый и зимовальный периоды находилась в состоянии относительного репродуктивного покоя, коэффициент зрелости гонад был низким, а коэффициент упитанности и индекс печени, по сравнению с другими сезонами, – высокими (Кузьминова, 2006б). Это связано с активным питанием рыб осенью, перед зимовкой, во время которой ставрида опускается на глубину и практически не потребляет пищу. Величина индекса селезенки ставриды осенью-зимой по сравнению с летним периодом (0,16±0,02%) была ниже (Кузьминова, 2008).

Таблица 2. Активность антиоксидантных ферментов (на мг белка) и индексы внутренних органов (%) средиземноморской ставриды *Trachurus mediterraneus* в период осень-зима 2005 г.

Table 2. Anthioxidant enzymes activity (per mg of protein) and internals indices (%) of the horse-mackerel *Trachurus mediterraneus* during the autumn and winter in 2005.

Орган Показатель	Печень	Селезенка	Гонады	Достоверность отличий (p<0,05)
каталаза, мг H ₂ O ₂	0,56 ± 0,17 N=4	0,39 ± 0,07 N=11	0,24 ± 0,05 N=11	–
пероксидаза, опт. ед.	0,84 ± 0,56 N=4	29,46 ± 3,63 N=11	0,35 ± 0,14 N=8	печень - селезенка гонады - селезенка
глутатионредуктаза, нмоль НАДФН	11,07 ± 0,67 N=4	5,32 ± 1,59 N=11	15,48 ± 4,16 N=9	гонады - печень гонады - селезенка
глутатион-S-трансфераза, нмоль кофюгата	46,38 ± 17,17 N=4	53,55 ± 24,55 N=7	84,28 ± 20,69 N=8	гонады - печень печень - селезенка
супероксиддисмутаза, усл. ед.	268,54±119,93 N=3	334,52±74,13 N=6	379,58±94,72 N=6	
интегральный показатель антиоксидантной активности	327,38	423,25	479,93	
индекс органа, %	1,28 ± 0,04 N=175	0,14 ± 0,01 N=83	0,52 ± 0,03 N=140	

Примечание: данные представлены в виде средних значений и стандартных ошибок (x±SE); N – количество исследованных особей.

Note: data are presented as arithmetic mean with standard deviation (x±SE), N – number of specimens.

Биохимические показатели. Исследование активности антиоксидантных ферментов показало, что интегральный показатель антиоксидантной активности в тканях рыб был наибольшим для гонад и селезенки (табл. 2), что подчеркивает важную роль этих органов в процессах обезвреживания свободнорадикальных соединений. Такая тенденция была обнаружена и для других черноморских видов рыб: султанки *Mullus barbatus ponticus*, бычка-кругляка *Neogobius melanostomus*, бычка-мартовика *Mesogobius batrachocephalus*, морского ерша *Scorpaena porcus*. Наиболее яркие тканевые различия среди выше описанных видов рыб наблюдали у морского ерша (интегральный показатель антиоксидантной активности печени – 179,5, селезенки – 357,88, гонад – 1 541,1) (Сорокина, Кузьминова, 2006; Сторож, Кузьминова, 2006).

Активность каталазы была максимальна в печени, пероксидазы – в селезенке, остальных исследованных ферментов – в гонадах (табл. 2). Полученные нами данные согласуются с ранее проведенными исследованиями по активности каталазы у некоторых видов черноморских рыб. У налима *Gaidropsarus mediterraneus* активность каталазы печени была $0,45 \pm 0,18$, селезенки $1,11 \pm 0,79$, гонад $0,32 \pm 0,13$ мг H_2O_2 /мг белка. У спикары *Spicara flexuosa* активность каталазы печени была $1,16 \pm 0,31$, селезенки $1,00 \pm 0,54$, гонад $0,55 \pm 0,35$ H_2O_2 /мг белка. Активность супероксиддисмутазы в гонадах спикары, так же как в гонадах ставриды была максимальной, по сравнению с другими органами, и составляла $2\,082,68 \pm 11,81,97$ усл. ед./мг белка (Сорокина, Кузьминова, 2006; Сторож, Кузьминова, 2006). Следовательно, обнаруживаются определенные черты сходства в распределении «детоксикационной работы» между исследуемыми органами у различных видов морских рыб. В то же время существуют видовые отличия: общая активность антиоксидантных ферментов печени, селезенки и гонад ставриды в период осень-зима ниже по сравнению с другими видами, изученными в этот же период (Сорокина, Кузьминова, 2006; Сторож, Кузьминова, 2006). Это может быть связано с высокоподвижным образом жизни ставриды и большой областью миграции, в результате чего этот вид не испытывает на себе действия хронического загрязнения прибрежной зоны.

Несмотря на это, активность антиоксидантных ферментов в крови ставриды выше (кроме активности глутатионредуктазы), чем у других видов (Руднева, 2000), что, по-видимому, объясняется более интенсивным метаболизмом в крови, по сравнению с таковыми процессами в тканях, а также с фазностью реагирования на химические раздражители.

Таким образом, согласно полученным результатам и литературным сведениям, черноморская ставрида имеет видовые и тканевые особенности в активности антиоксидантных ферментов.

Анализ полученных результатов свидетельствует о хорошем функциональном состоянии рыб, выражающемся в высоких значениях индекса печени, коэффициента упитанности и низких значениях активности антиоксидантных ферментов.

Световая микроскопия. Анализ мазков-отпечатков селезенки и печени показал, что лимфомиелоидная ткань обоих органов содержит лимфоциты, макрофаги и нейтрофилы разной степени дифференцировки и бластные формы клеток, в селезенке обнаружены также эозинофилы и плазматические клетки. Количественное соотношение клеток приведено в таблице 3.

Таблица 3. Соотношение лейкоцитов (%) в иммунокомпетентных органах средиземноморской ставриды *Trachurus mediterraneus*.

Table 3. The ratio of leukocytes (%) in immunocompetent organs of the horse-mackerel *Trachurus mediterraneus*.

Типы клеток	Орган	Печень (N=5)	Селезенка (N=5)
гемоцитобласты		0,1 ± 0,1*	6,5 ± 0,8
лимфоциты		92,9 ± 1,5*	56,2 ± 3,3
макрофаги		2,5 ± 0,4	2,3 ± 0,3
плазматические клетки		0*	1,5 ± 0,3
промиелоциты		0,2 ± 0,1*	4,8 ± 0,6
метамиелоциты		0,5 ± 0,5*	9,2 ± 2,1
палочкоядерные нейтрофилы		0,4 ± 0,1*	6,9 ± 1,4
сегментоядерные нейтрофилы		2,0 ± 0,4*	10,5 ± 1,0
эозинофилы		0	1,0 ± 0,5

Примечание: данные представлены в виде средних значений и стандартных ошибок ($\bar{x} \pm SE$); N – количество исследованных особей. «*» различия достоверны (*t*-критерий Стьюдента; $p=0,05$).

Note: data are presented as arithmetic mean with standard deviation ($\bar{x} \pm SE$), N – number of specimens studied. «*» distinctions are authentic (*t*-Student criterion; $p=0,05$).

Полученные результаты свидетельствуют, что соотношения различных типов лейкоцитов достоверно отличались в печени и селезенке ставриды. Наибольшую долю в обоих органах составляли лимфоциты. На долю гранулоцитов разной степени зрелости в селезенке приходилось 32,4%, а в печени – лишь 3,1%.

Присутствие в ткани селезенки плазматических клеток и эозинофилов и отсутствие этих типов клеток в печени, а также различное соотношение других типов лейкоцитов отражает разный вклад этих органов в процессы лейкопоэза.

Высокое содержание в печени лимфоцитов (92,9%), присутствие в ней небольшого количества главным образом зрелых гранулоцитов и макрофагов, отсутствие малодифференцированных бластных клеток свидетельствуют о том, что собственной позитической активностью печень не обладает, лейкоциты поступают сюда из других органов, обладающих гемопозитической активностью. Этот факт подтверждают данные, полученные для других видов пресноводных и морских рыб (Заботкина, Назарова, 2006). В печени ранее исследованных окунеобразных морских (бычок-черныш *Gobius niger joso*, смарида *Spicara flexuosa*, морской карась *Diplodus annularis*, султанка *Mullus barbatus ponticus*) и пресноводных (речной окунь *Perca fluviatilis*, берш *Stizostedion volgense*, обыкновенный судак *Stizostedion lucioperca*) видов рыб показано отсутствие бластных форм клеток и небольшое количество зрелых гранулоцитов. Авторы отмечают, что у отдельных особей судака и берша зафиксировано повышение доли эозинофилов до 12-18%, что, по-видимому, вызвано наличием паразитов в печени и кишечнике рыб (Заботкина, Назарова, 2006).

Следует отметить присутствие видовых отличий между лейкограммами селезенки и печени ставриды по сравнению с таковыми других видов черноморских рыб. Наименьшие доли лимфоцитов в селезенке и печени отмечены у бычка-черныша (43 и 46% соответственно), наибольшие у смариды (51 и 81% соответственно). Соотношение различных форм гранулоцитов также сильно варьировало, наименьшая доля гранулоцитов в селезенке была у морского карася 10,6%, в печени у бычка-черныша. Наибольшая доля гранулоцитов в селезенке у бычка-черныша – 50%, в печени у смариды 10% (Заботкина, Назарова, 2006).

Электронная микроскопия позволила детально изучить ультраструктуру лейкоцитов. Размеры клеток представлены в таблице 4.

Таблица 4. Размеры различных типов иммунокомпетентных клеток средиземноморской ставриды *Trachurus mediterraneus*.

Table 4. Sizes of different types of immunocompetent cells in the horse-mackerel *Trachurus mediterraneus*.

Тип клеток		Размеры клеток, ($\bar{x} \pm SE$); мкм
Лимфоциты (N=5)		(5,00 \pm 0,30) x (4,00 \pm 0,40)
Плазматические клетки (N=5)		(6,50 \pm 0,90) x (5,50 \pm 1,30)
Макрофаги (N=5)		(7,80 \pm 0,03) x (6,50 \pm 0,03)
Мелано-макрофагальные центры (N=5)		(23,50 \pm 4,00) x (15,90 \pm 5,10)
Нейтрофилы	Клетка (N=5)	(8,70 \pm 1,40) x (6,10 \pm 0,70)
	Гранула (N=16)	(0,40 \pm 0,02) x (0,30 \pm 0,02)
Эозинофилы	Клетка (N=5)	(6,40 \pm 0,90) x (5,70 \pm 0,80)
	Гранула (N=16)	(0,50 \pm 0,04) x (0,40 \pm 0,02)

Примечание: данные представлены в виде средних значений и стандартных ошибок ($\bar{x} \pm SE$); N – количество клеток.

Note: data are presented as arithmetic mean with standard deviation ($\bar{x} \pm SE$), N – number of cells.

Лимфоциты. Хотя ряд авторов разделяют эти клетки на малые и средние (Балабанова, Заботкина, 1988), по-видимому, лимфоциты представляют собой различные функциональные состояния одной популяции клеток, поэтому отличить их бывает трудно (Ellis, 1977; Roubal, 1986). Характерной чертой лимфоцитов являлось крупное округлое ядро с 1-2 ядрышками, которое занимало почти весь объем клетки, ободок цитоплазмы содержало несколько крупных митохондрий и большое количество свободных рибосом (рис. 1а).

Плазматические клетки, как правило, овальной формы, содержали эксцентрично расположенное округлое ядро, с 1-м ядрышком, широкие цистерны хорошо развитого шероховатого эндоплазматического ретикулума, свободные рибосомы, митохондрии, электронно-плотные лизосомоподобные гранулы (рис. 1б).

Макрофаги. Этот тип клеток был наиболее крупным из исследуемых типов лейкоцитов. Ядро макрофагов расположено эксцентрично, т.к. практически весь объем клетки занимали фагосомы, содержащие разрушающиеся клетки – часто эритроциты. Помимо фагосом цитоплазма макрофагов содержала митохондрии, короткие каналы шероховатого эндоплазматического ретикулума, свободные рибосомы и лизосомоподобные гранулы (рис. 1г). В селезенке ставриды помимо одиночных макрофагов, свободно лежавших в ткани, нами обнаружены скопления макрофагов, которые мы идентифицировали как мелано-макрофагальные центры. Они представляли собой заключенные в общую оболочку агрегаты плотно упакованных макрофагов с включениями электронно-плотных пигментных гранул (рис. 1в).

Нейтрофилы имели округлую форму. Ядра, в зависимости от стадии зрелости клетки, могли располагаться как в ее центре, так и на периферии. Форма их варьировала от округлой до бобовидной. Характерным признаком нейтрофилов являлись специфичные гранулы, заполнявшие цитоплазму: небольших размеров, округлые, электронно-плотные с палочковидной электронно-прозрачной сердцевинкой. Кроме них, цитоплазма содержала крупные митохондрии и короткие каналы гладкого эндоплазматического ретикулума, иногда – фагосомы с межклеточным содержимым (рис. 2а).

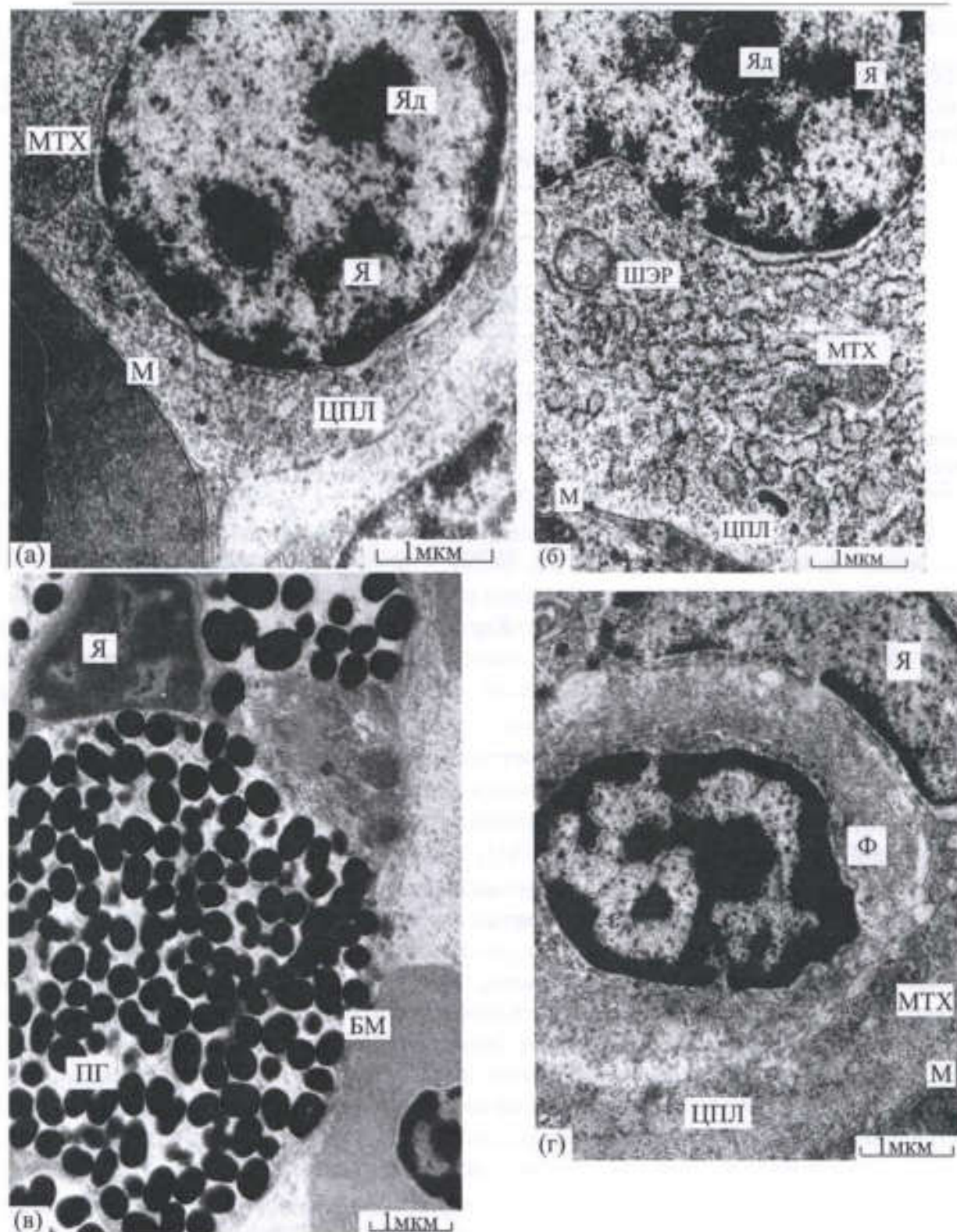


Рис. 1. Ультраструктура агранулоцитов средиземноморской ставриды (*Trachurus mediterraneus*) (Steindachner).

а – лимфоцит, б – плазматическая клетка, в – мелано-макрофагальный центр, г – макрофаг. Обозначения: БМ – базальная мембрана, М – мембрана, МТХ – митохондрия, ПГ – пигментные гранулы, Ф – фагосома, ЦПЛ – цитоплазма, ШЭР – шероховатый эндоплазматический ретикулум, Я – ядро, Яд – ядрышко.

Fig. 1. The ultrastructure of agranulocyte of the horse-mackerel (*Trachurus mediterraneus*) (Steindachner). а – lymphocyte, б – plasma cell, в – melano-macrophage centre, г – macrophage. Notations: BM – basic membrane, M – membrane, MTCH – mitochondrion, PG – pigment granules, PH- phagosome, CPL – cytoplasm, RER – rough endoplasmic reticulum, N – nucleus, Nc – nucleolus.

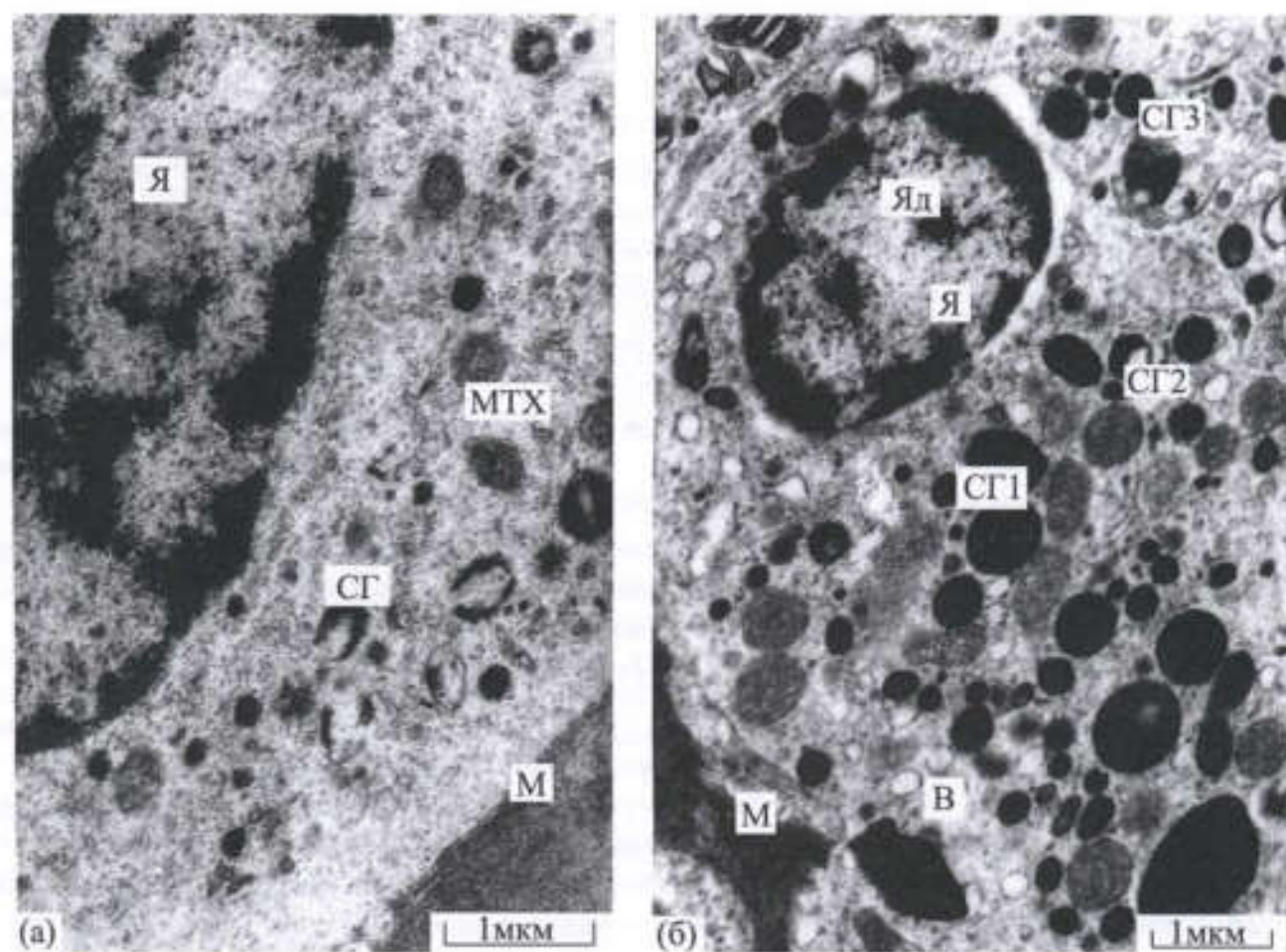


Рис. 2. Ультраструктура гранулоцитов средиземноморской ставриды (*Trachurus mediterraneus*) (Staindachner).

а – нейтрофил, б – эозинофил. Обозначения: В – вакуоли, М – мембрана, МТХ – митохондрия, СГ – специфичная гранула нейтрофила, СГ 1 – гомогенная специфичная гранула эозинофила, СГ 2 – специфичная гранула эозинофила с прозрачным участком, СГ 3 – специфичная гранула эозинофила с плотным участком, ЦПЛ – цитоплазма, Я – ядро, Яд – ядрышко.

Fig. 2. The ultrastructure of granulocyte of the horse-mackerel (*Trachurus mediterraneus*) (Staindachner). а – neutrophils, б – eosinophil. Notations: V – vacuoles, M – membrane, MTCH – mitochondrion, N – nucleus, Ne – nucleolus, Tgl – typical granule of neutrophils, Tgl 1 – homogeneous typical granule of eosinophil, Tgl 2 – typical granule of eosinophil with transparent part, Tgl 3 – typical granule of eosinophil with dense part, CPL – cytoplasm.

Эозинофилы также имели округлую форму. Ядро, как правило, округлое, могло располагаться как в центре, так и на периферии клетки. Цитоплазма гетерогенная, зернистая, содержала округлые, крупные специфичные гранулы, крупные митохондрии с хорошо развитыми кристами, пиноцитозные пузырьки и короткие каналы гладкого эндоплазматического ретикулума. Специфичные гранулы были гомогенными по структуре с ацентрично расположенными более плотными или в некоторых случаях более прозрачными участками (рис. 2б).

Таким образом, малые лимфоциты, плазматические клетки и макрофаги ставриды имели ультраструктуру, сходную с другими видами рыб (Балабанова, 2005; Балабанова, Заботкина, 1988; Bielek, 1980; Ellis, 1977). Различия наблюдали среди гранулоцитов. Нами было обнаружено 2 типа гранулоцитов – нейтрофилы и эозинофилы. Ранее Л.В. Балабановой (2002) у зеленушки *Symphodus tinca*, смарида *Spicara smaris*, зубатки *Anarhichas lupus* и бычка-мартовика *Mesogobius*

batrachocephalus так же было обнаружено 2 типа гранулоцитов (нейтрофилы и эозинофилы), у лаврака *Dicentrarchus labrax* – 3 типа гранулоцитов (нейтрофилы, эозинофилы и базофилы), а у луфаря *Pomatomus saltatrix* и морского карася *Acanthopagrus australis* – только нейтрофилы.

Наибольшие различия обнаружены в структуре специфичных гранул нейтрофилов. Гранулы нейтрофилов ставриды имели периферическую электронно-плотную часть и более прозрачную с зернистым содержимым сердцевину.

У большинства морских окунеобразных структура гранул фибриллярная, толщина фибрилл колеблется у разных видов рыб; но у некоторых видов, например, у морского карася, фибриллярная структура отсутствует (Балабанова, 2002; Roubal, 1986).

Специфичные гранулы эозинофилов ставриды отличались от гомогенных по структуре специфичных гранул других видов окунеобразных рыб присутствием электронноплотных или электроннопрозрачных участков (Балабанова, 2002; Roubal, 1986).

Выявленные характерные особенности структуры специфичных гранул нейтрофилов и эозинофилов ставриды могут быть связаны с видовой спецификой набора ферментов и характера их накопления в гранулах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, биохимические показатели, соотношение и структура иммунокомпетентных клеток средиземноморской ставриды имеют как сходные с другими близкими ей видами черноморских рыб, так и отличительные черты. Различия в активности антиоксидантных ферментов ставриды по сравнению с литературными данными говорят о видовых особенностях функционирования защитных механизмов в организме рыб.

Наибольшую долю в селезенке и печени, также как и у других представителей черноморских рыб, составляют лимфоциты. Вместе с тем, соотношение типов клеток в этих органах имеет видовую специфику.

Ультраструктура агранулоцитов подобна таковой ранее изученных морских видов рыб. Видовые отличия обнаружены только среди гранулоцитов.

Авторы выражают благодарность д.б.н., доценту, ведущему научному сотруднику ИнБИОМ НАН Украины И.И. Рудневой за консультации при написании статьи и сотрудникам ИнБИОМ НАН Украины за помощь при сборе материала, к.б.н., в.н.с. ИБВВ РАН Е.А. Заботкиной за консультации при написании статьи, а также сотрудникам ЦКП электронной микроскопии за помощь в проведении исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Балабанова Л.В. Ультраструктура гранулоцитов некоторых видов окунеобразных рыб // Биология внутренних вод. 2002. №1. С. 79-84.
- Балабанова Л.В. Ультраструктура иммунокомпетентных клеток некоторых видов лососеобразных рыб // Биология внутренних вод. 2005. №2. С. 82-87.
- Балабанова Л.В., Заботкина Е.А. Ультраструктура клеток иммунной системы карпа *Cyprinus carpio* в норме и при иммунизации // Цитология. 1988. Т. 30. №6. С. 657-661.
- Герман А.В., Чуйко Г.М., Флеров Б.А. и др. Морфометрические и физиолого-биохимические показатели рыб как биоиндикаторы загрязнения водоемов. Сб. Современные проблемы водной токсикологии. Борок, 2002. С. 21-32.
- Заботкина Е.А., Назарова Е.А. Сравнительная характеристика лейкоцитарного состава периферической крови и иммунокомпетентных органов пресноводных и морских костистых рыб. Сб. Экологические проблемы уникальных природных и антропогенных ландшафтов. Мат. Всерос. научно-практ. конф. Ярославль, 2006. С. 57-60.

- Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 184 с.
- Кондратьева И.А., Китаева М.А., Ланге М.А. Современные представления об иммунной системе рыб // Вестник московского университета. 2001. Биология. Сер. 16. №4. С. 11-20.
- Колесниченко Л.С., Кулинский В.И. Глутатионпероксидазы // Успехи современной биологии. 1989. Т. 107. №2. С. 179-194.
- Кузьминова Н.С. Оценка токсического действия хозяйственно-бытовых сточных вод на морские организмы: Диссерт. на соиск. уч. степени кандидата биол. наук. М., 2006а. 168 с.
- Кузьминова Н.С. Индекс печени черноморской ставриды как индикатор ее физиологического состояния // Риб. госп-во України. 2006б. Т. 2. №43. С. 36-38.
- Кузьминова Н.С. Видовые, сезонные, половые отличия индекса селезенки некоторых видов черноморских рыб и его подверженность антропогенному фактору // Вестник зоологии. 2008. Т. 42. №2. С. 135-142.
- Кулинский В.И., Колесниченко Л.С. Биологическая роль глутатиона // Успехи современной биологии. 1990. Т. 110. №1. С. 20-33.
- Латирова Т.Б., Балабанова Л.В., Микряков В.Р. Влияние ионов кадмия на некоторые показатели иммунореактивности обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio* L.). Сб. Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб: Расширенные материалы Всероссийской науч.-практ. конф., Борок, 16-18 июля 2003 г. М., 2004. С. 112-122.
- Микряков В.Р., Балабанова Л.В., Заботкина Е.А., Латирова Т.Б., Попов А.В., Силкина Н.И. Реакция иммунной системы рыб на загрязнение воды токсикантами и закисление среды. М.: Наука, 2001. 126 с.
- Миронов А.А., Комиссарчик Я.Ю. Методы электронной микроскопии в биологии и медицине. СПб.: Наука, 1994. 400 с.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
- Пустовит Н.С., Пустовит О.П. Некоторые гематологические показатели молоди камчатской микижи *Parasalmo mykiss* // Вопросы ихтиологии. 2005. Т. 45. №5. С. 680-688.
- Руднева И.И. Ответные реакции морских животных на антропогенное загрязнение Черного моря: Автореф. диссерт. на соиск. уч. степени доктора биол. наук. М., 2000. 55 с.
- Слава Севастополя. 9 февраля 2006. №25 (22207). С. 1.
- Сорокина А.В., Кузьминова Н.С. Активность каталазы в органах некоторых донных черноморских рыб // Экология: проблемы, решения – молодежное видение. Севастополь: Каламо-пресс, 2006. Вып. 3. С. 49-53.
- Столяр О.Б., Мудра А.Є., Зінковська Н.Г. и др. Селективність металотіонеїнів печінки коропа у зв'язуванні іонів металів та антиоксидантний захист організму за дії суміші міді, цинку, марганцю і свинцю // Доповіді Національної академії наук України. 2004. №5. С. 184-189.
- Сторож Н.В., Кузьминова Н.С. Активность антиоксидантных ферментов в органах пелагических и придонно-пелагических рыб // Экология: проблемы, решения – молодежное видение. Севастополь: Каламо-пресс, 2006. Вып. 3. С. 53-57.
- Bielek E. Elektronmikroskopische Untersuchungen der Blutzellen der Teleostier. IV. Monocyten und makrophagen // Zoologischen Jahrbucher und Anatomy. 1980. B. 103. H. 36. S. 498-509.
- Ellis A.E. The leucocytes of fish: a review // Journal Fish Biology. 1977. V. 11. Pp. 435-491.
- Roubal F.R. Blood and other possible inflammatory cells in the sparid *Acanthopagrus australis* (Gunther) // J. Fish. Biology. 1986. V. 28. №5. Pp. 573-593.

**SOME MORPHOLOGICAL, PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL
CHARACTERISTICS OF THE HORSE-MACKEREL**

TRACHURUS MEDITERRANEUS

© 2009 y. E.A. Nazarova¹, N.S. Kuz'minova²

1 - Papanin's Institute for biology of inland waters of the Russian Academy of Science, Borok

2 - Kovalevskii Institute of biology of the Southern Seas of NASU, Sevastopol'

Investigation of some biochemical and physiological characteristics of horse-mackerel *Trachurus mediterraneus* (Steindachner) organs (spleen, liver and gonads) was made. The composition, ratio and ultrastructure of spleen and liver leukocytes were studied. The activity of anthioxidant enzymes, leukocytes ratio in different organs and ultrastructure of granulocytes were determined and compared with literature data about others Black Sea fish species.