

УДК 597.2/5:591.1(262.5)

ВИДОВЫЕ, СЕЗОННЫЕ, ПОЛОВЫЕ ОТЛИЧИЯ ИНДЕКСА СЕЛЕЗЕНКИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ И ЕГО ПОДВЕРЖЕННОСТЬ АНТРОПОГЕННУМУ ФАКТОРУ

Н. С. Кузьмина

*Институт биологии южных морей НАН Украины, пр. Нахимова, 2,
Севастополь, АР Крым, 99011 Украина
E-mail: kunast@rambler.ru*

Принято 10 октября 2007

Видовые, сезонные, половые отличия индекса селезенки некоторых видов черноморских рыб и его подверженность антропогенному фактору. Кузьмина Н. С. — Представлены результаты исследования индекса селезенки (ИС) массовых видов черноморских рыб. Установлены видовые отличия: значения ИС выше у хрящевых рыб, а также у бычков, зеленушки-рябчик и кефали-сингиля. Отмечены сезонные отличия: у большинства видов ИС имеет высокие значения в период весна—лето, то есть перед и во время нереста. Не установлено связи между величиной ИС и полом рассмотренных видов. Значения ИС большинства рыб, обитающих в более загрязненной акватории, был ниже по сравнению с таковыми рыб из менее загрязненной.

Ключевые слова: индекс селезенки, черноморские рыбы, сезон, пол, загрязнение.

Species, Seasonal, Sexual Differences of the Spleen Index of some Black Sea Fish Species and its Dependence on Anthropogenic Impact. Kuzminova N. S. — The results of investigation of the spleen index (SI) of some Black Sea mass fish species are presented. The species differences were obtained: SI in gristly fish, goby, long-striped wrasse and grey mullet was high. Season differences were determined: value of SI of the most of species was higher in the spring and summer time, when fish are before and at spawning state. No correlation between SI value and sex of investigated fish were obtained. SI in the most of fish from more polluted area was lower than index of fish from less polluted bay.

Key words: index of spleen, Black Sea fish, season, sex, pollution.

Введение

Проведенные ранее исследования некоторых видов черноморских рыб свидетельствуют, что значения индекса печени (ИП) зависят от пола, возраста (размера) и стадии зрелости особей (Кузьмина, 2005 а). Установлено, что наличие в воде избыточных концентраций токсикантов различной химической природы приводит к увеличению ИП, что является ответной реакцией рыб на негативное воздействие (Герман, 2003). Несмотря на то, что к главным иммунокомпетентным органам относится и селезенка, информация об изменении ее массы (размера) в зависимости от естественных и антропогенных факторов крайне ограничена. Так известно, что при влиянии на пресноводного карпа (*Cyprinus carpio* L.) карбофоса, бактериального антигена, а также их смеси на 1-е и 4-е сут инкубации индекс селезенки (ИС) рыб был ниже, чем у контрольных животных (Реакции..., 2001). При исследовании действия кадмия на *C. carpio* такую же тенденцию наблюдали на 7-е и 28-е сут эксперимента, хотя на 14-е и 21-е сут величины ИС контрольных и опытных рыб были равны (Лапирова и др., 2004). Подобные результаты свидетельствуют о фазности реагирования на тестируемый токсикант, то есть как угнетение функции органа, так и происходящих в селезенке адаптивных реакций. Указанные работы проводили на пресноводных рыбах, при этом данные о влиянии на значения ИС естественных факторов практически отсутствуют. Поэтому целью работы явилось исследование индекса селезенки некоторых черноморских рыб в зависимости от вида, пола особей, сезона, а также условий обитания.

Материал и методы

Рыб отлавливали с помощью донных ловушек в период с 13.12.04 по 15.05.07 в бухтах Севастополя (Карантинной и устья Севастопольской, последняя включает в себя рядом расположенные бухты Мартынову и Александровскую). Биологический анализ рыб проводили по методам, описанным ранее (Кузьмина, 2005 а-в; Правдин, 1966; Шварц и др., 1968). Значения ИС рассчитывали по формуле:

$$\text{ИС} = (\text{Mc}/\text{Mt}) \times 100\%,$$

где Mc – масса селезенки, Mt – масса тушки рыбы.

Всего исследовано 1091 экз. рыб. Результаты обрабатывали статистически.

При изучении величины индекса селезенки черноморских рыб, обитающих в районах с разным уровнем антропогенной нагрузки, сравнение проводили для особей из бухт Карантинной и Севастопольской, используя критерий Стьюдента.

Результаты

Не установлено четкой зависимости величины ИС от образа жизни (подвижности, способа питания), а также принадлежности к определенной группе рыб различных видов (табл. 1). В то же время надо отметить, что максимальные значения ИС отмечены для хрящевых рыб (морские кот и лисица), а также бычков, кефали-сингиля и зеленушки-рябчика. У ласкиря и бычка-гонца значения ИС высокие, однако это может быть связано с недостаточностью статистического материала.

Таблица 1. Индекс селезенки массовых видов черноморских рыб ($M \pm m$), %
Table 1. Spleen index of Black Sea fish mass species ($M \pm m$), %

Группа	Вид	ИС ($M \pm m$), %	N
П	ставрида <i>Trachurus mediterraneus</i> (Staindachner, 1956)	0,142 ± 0,008	175
П	сельдь черноморская <i>Alosa kessleri pontica</i> (Eichwald, 1838)	0,095 ± 0,015	7
П	темный горбыль <i>Sciaena umbra</i> (L., 1758)	0,086 ± 0,009	27
П	луфарь <i>Pomatomus saltatrix</i> (L., 1758)	0,099 ± 0,013	6
П	ласкирь <i>Diplodus annularis</i> (L., 1758)	0,196 ± 0,089	18
ПП	кефаль-сингиль <i>Lisa aurata</i> (Risso, 1810)	0,428 ± 0,020	61
ПП	мерланг <i>Merlangus merlangus euxinus</i> (Nordmann, 1758)	0,130 ± 0,013	60
ПП	смарида <i>Spicara flexuosa</i> (Rafinesque, 1758)	0,103 ± 0,004	147
Прд	зеленушка <i>Symphodus tinca</i> (L., 1758)	0,079 ± 0,005	51
Прд	зеленушка-рябчик <i>Symphodus cinereus</i> (Bonnaterre, 1788)	0,593 ± 0,497	11
Прд	султанка <i>Mullus barbatus ponticus</i> (Essipov, 1927)	0,151 ± 0,005	179
Прд	морской налим <i>Gaidropsarus mediterraneus</i> (L., 1758)	0,092 ± 0,009	57
Прд	ошибень <i>Ophidion rochei</i> (Muller, 1845)	0,148 ± 0,021	5
Д	звездочет <i>Uranoscopus scaber</i> (L., 1758)	0,093 ± 0,008	22
Д	бычок-кругляк <i>Neogobius melanostomus</i> (Pallas, 1811)	0,157 ± 0,011	60
Д	бычок-кругляш <i>Gobius cobitis</i> (Pallas, 1811)	0,169 ± 0,030	3
Д	бычок-мартовик <i>Mesogobius batrachocephalus</i> (Pallas, 1811)	0,277 ± 0,021	76
Д	бычок-травяник <i>Gobius ophiocephalus</i> (Pallas, 1811)	0,113 ± 0,008	4
Д	бычок-голец <i>Neogobius gymnotrachelus gymnotrachelus</i> (Kessler, 1857)	0,325	1
Д	бычок-черныш <i>Gobius niger</i> (L., 1758)	0,128 ± 0,034	4
Д	морской ерш <i>Scorpaena porcus</i> (L., 1758)	0,072 ± 0,005	94
Д	камбала-глосса <i>Platichthys flesus luskus</i> (Pallas, 1811)	0,128 ± 0,069	2
Д	камбала калкан <i>Psetta maxima maotica</i> (Pallas, 1811)	0,0715	1
Д	морской кот <i>Dasyatis pastinaca</i> (L., 1758)	0,712 ± 0,104	2
Д	морская лисица <i>Raja clavata</i> (L., 1758)	0,330 ± 0,033	18

Примечание. П – пелагические; ПП – придонно-пелагические; Прд – придонные; Д – донные виды.

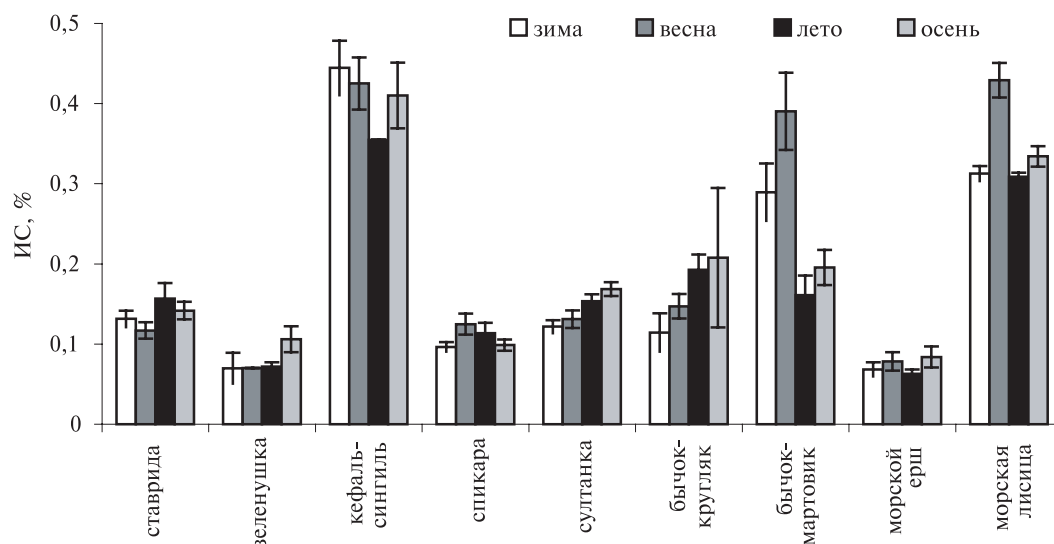


Рис. 1. Зависимость индекса селезенки некоторых видов рыб от сезона ($M \pm m$, %).

Fig. 1. Index of spleen of fish at different seasons ($M \pm m$, %).

Летом, во время нереста ИС у ставриды был максимальным, в то время как весной — наоборот (рис. 1). Интересно, что такая же тенденция была отмечена и для ИП ставриды (Кузьминова, 2006 а), что, на наш взгляд, связано с тем, что после зимовки, когда этот вид практически не питается, ставрида поднимается с глубины и мигрирует от открытых к прибрежным водам, что требует от организма энергетических затрат. У зеленушки (*S. tinca*) величина ИС находилась примерно на одном уровне в течение зимы—лета, после чего незначительно возросла. У кефали-сингиля значения ИС были меньше в период лето—осень, хотя с июня по октябрь сингиль нерестится. Также не установлено четкой зависимости величины ИС от сезона (и, соответственно, периода нереста) для типичных представителей придонно-пелагической группы, смариды (спикары) и султанки. У морского ерша и морской лисицы сезонная динамика изменения ИС одинакова; весной в период нереста ИС имеет высокие величины. Также неоднозначно изменяется по сезонам величина ИС и у бычков: у бычка-кругляка в весенне-летний период (нерест) значения исследуемого параметра начинают увеличиваться, достигая максимума осенью. У бычка-мартовика высокие величины ИС зимой и весной совпадают со временем его нереста.

Для некоторых массовых видов рыб были рассчитаны величины ИС с учетом пола. Эта зависимость ИС оказалась неоднозначной (рис. 2). Согласно предыдущим сведениям о влиянии нереста на ИП, можно также предположить, что сравнение необходимо проводить, дифференцируя рыб не только по полу, но и по стадиям зрелости половых продуктов (Кузьминова, 2005 а, б). Достоверные отличия ($p \leq 0,05$) между величинами ИС самок и самцов получены только для мерланга и султанки.

При изучении влияния условий обитания на величину ИС некоторых массовых видов рыб следует руководствоваться характеристикой районов исследований. Полный литературный обзор состояния бухт Карантинной и устья бухты Севастопольской (Мартынова и Александровская), а также данные Инспекции по охране Черного и Азовского морей и ГП «Крымский региональный научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации» (Симферополь) представлены в диссертации Н. С. Кузьминовой (Кузьминова,

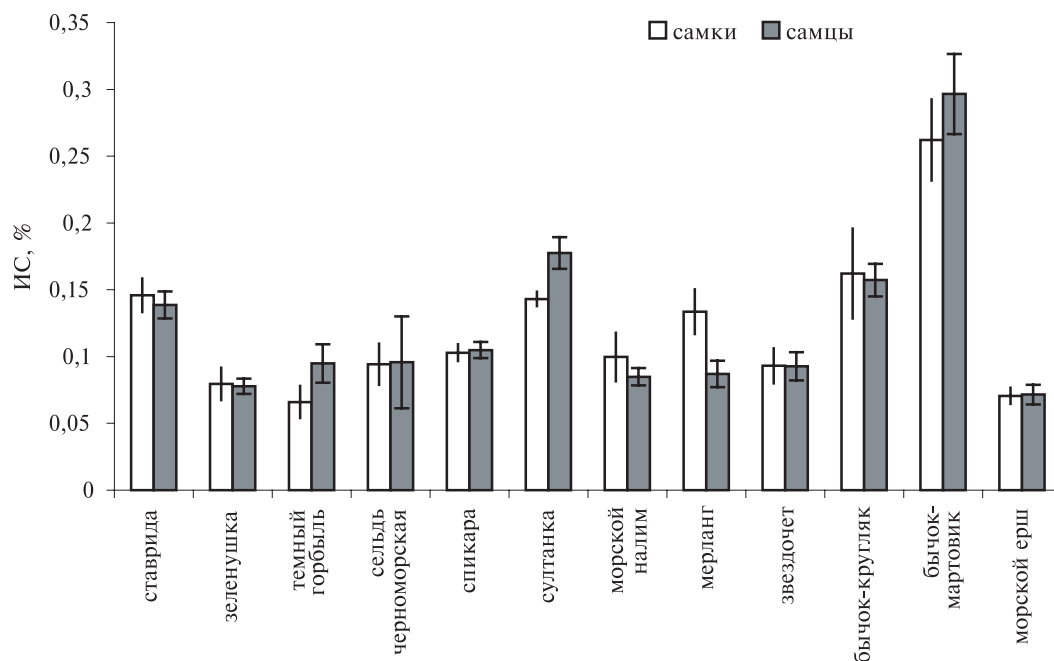


Рис. 2. Зависимость индекса селезенки некоторых видов черноморских рыб от пола ($M \pm m$, %).
 Fig. 2. Dependence of sex on value of the spleen index of Black Sea fish ($M \pm m$, %).

2006 б). Согласно этим сведениям вода из бухты Севастопольской загрязнена в большей степени, чем в бухте Карантинной по показателям «взвешенные вещества», БПК₅, концентрации соединений азота, представленного в формах NH₄, NO₃ и NO₂, уровню железа, нефтепродуктов. В то же время среднегодовое содержание СПАВ выше в бухте Карантинной. Из-за большого количества хозяйственно-бытовых ливневых и сточных вод б. Карантинная эвтрофирована, причем TRIX (индекс трофности) достигал максимальных по сравнению с другими акваториями значений (Губанов и др., 2002). Фенолы в воде из обоих районов не обнаружены. Превышение ПДК было отмечено только по показателю «взвешенные вещества». Хлорорганические (альдрин, ГПХ, α-, β- и γ-ГХЦГ, ДДТ и их метаболиты, диэльдрин), а также фосфорорганические (фосфамид, карбофос, метатион) пестициды в воде из бухт Карантинной и Севастопольской не обнаружены. В воде из устья бухты Севастопольской тяжелые металлы обнаружены в следовых количествах, в то время как в бухте Карантинной содержание меди, цинка, мышьяка и ртути превышало ПДК.

Микробиологические показатели морской воды: свежие фекальные загрязнения на лактозе, сальмонелла и бляшкообразующие единицы не обнаружены в обоих исследованных районах. Среднее содержание бактерий группы кишечной палочки (коли-индекс) было выше в бухте Карантинной и превышало ПДК.

Анализы химического и микробиологического загрязнения грунтов свидетельствуют: по всем изучаемым показателям грунты бухты Севастопольской загрязнены в большей степени, чем Карантинной (Кирюхина, Миронов, 2004; Осадчая и др., 2004). Следует отметить, что донные осадки бухты Севастопольской обладали восстановительными условиями среды (Eh — отрицательный) и пониженным по сравнению с чистыми осадками рН среды. О высоком содержании в бухтах углеводородов (в частности нефтяных) и органических

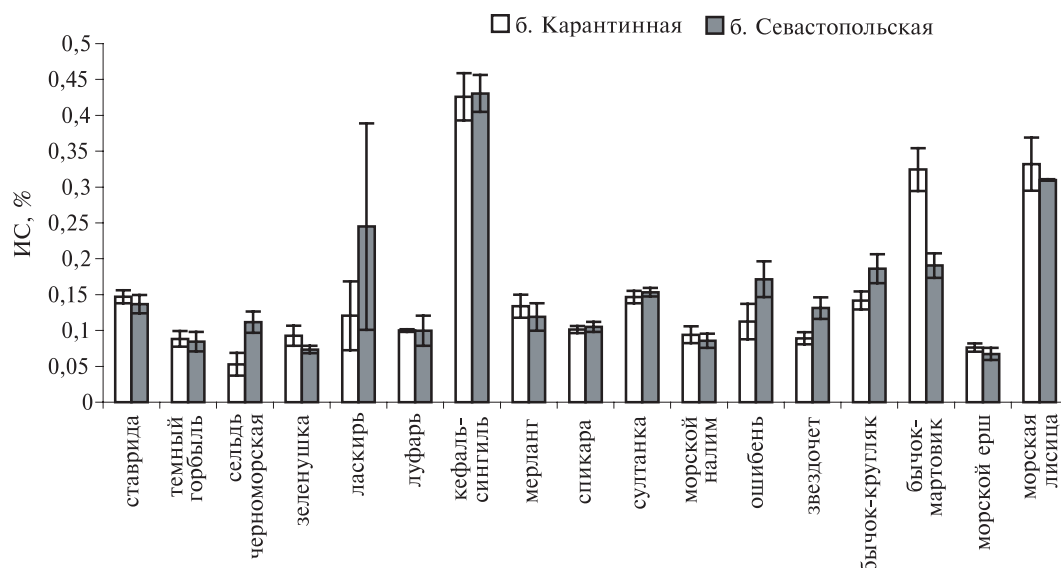


Рис. 3. Зависимость индекса селезенки некоторых видов черноморских рыб от условий обитания ($M \pm m$, %).

Fig. 3. Dependence of bay conditions on the spleen index of Black Sea fish ($M \pm m$, %).

веществ свидетельствуют как данные по их содержанию в грунтах, так и количество бактерий в них.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что оба исследованных района загрязнены. В бухте Карантинной преобладающий вид загрязнения — тяжелые металлы, взвешенные вещества, СПАВ в воде, а также бактерии группы кишечной палочки. Бухта Севастопольская в большей степени загрязнена биогенными соединениями, нефтепродуктами. В устье бухты Севастопольской происходит только местная циркуляция вод, что, в конечном счете, даже при отсутствии непосредственных выпусков сточных вод, сформировало застойные явления и, в свою очередь, отразилось на сильном загрязнении грунтов. Бухта Карантинная, напротив, — открытая, что позволяет нам рассматривать ее как менее загрязненную (Кузьминова, 2006 б).

У рыб из обоих районов величина ИС имеет близкие значения; у сельди, ласкери, ошибня, звездочета, бычков: кругляка и мартовика эти отличия более выражены (рис. 3). У большинства пелагических видов, постоянно перемещающихся по разным районам (ставрида, темный горбыль, луфарь), и у донных малоподвижных видов (ерш, морская лисица, бычок-мартовик) ИС ниже у рыб из более загрязненной бухты (Севастопольской). У рыб, относящихся к прибрежно-пелагической группе, значения индекса селезенки близки. Достоверные отличия ($p \leq 0,05$) величины ИС рыб из обеих бухт отмечены для сельди черноморской, звездочета и бычка-мартовика.

Обсуждение

Полученные нами видовые отличия величин ИС связаны с тем, что у хрящевых рыб селезенка является главным органом электропоза (тогда как у костистых — почки) (Солдатов, 2005), что привело к интенсивному развитию этого органа. При выявлении величины ИС у рыб различных экологических групп были установлены высокие значения исследуемого показателя у бычков и

кефали-сингиля. Как известно, эти виды обладают высокими адаптивными функциями по отношению к различным факторам среды (Москалькова, 1996; Руднева и др., 2000; Sapota, 2005), что, по-видимому, связано и с развитием в ходе эволюции селезенки, важного кроветворного органа. Интересно, что качественные защитные механизмы черноморских хрящевых рыб и бычков по сравнению с другими видами подтверждают и биохимические исследования: суммарная (по органам: печень, селезенка, гонады) активность антиоксидантных ферментов у них наиболее высокая (Сорокина, Кузьмина, 2006; Сторож, Кузьмина, 2006).

Данные, полученные при установлении влияния сезона на величину ИС, свидетельствуют: у кефали и зеленушки, являющихся хорошими пловцами, масса селезенки увеличивается осенью и зимой, то есть после нереста, что согласуется с результатами других исследователей (Микряков и др., 2004; Солдатов, 2005): к концу нереста и посленерестовый период кислородная емкость крови повышается, а уровень пигмента и количества красных кровяных клеток селезенки повышается. У придонных и донных рыб значения ИС, наоборот, увеличиваются перед нерестом и во время нереста (рис. 1), что связано с интенсификацией всех процессов в эти периоды. Следовательно, сезонные изменения влияют на величину ИС опосредованно через метаболическую активность рыб: у менее подвижных рыб, которые имеют и более низкий уровень метаболизма, интенсификация функции селезенки происходит во время нереста, а у высокоподвижных кефали и зеленушки, наоборот – после него. Исключение в наших исследованиях составила ставрида, которая является высокоподвижным видом, тем не менее летом (ставрида нерестится с мая по август) у этого вида величина ИС была высокой.

Данные результаты исследования величины ИС в зависимости от условий обитания согласуются с полученными нами ранее сведениями о повышении активности антиоксидантных ферментов (каталазы и супероксиддисмутаза) в селезенке ставриды, зеленушки, морского ерша и налима из бухты Севастопольской, что является проявлением защитных механизмов реагирования на неблагоприятное воздействие условий обитания. Литературные сведения о том, что при действии токсикантов различной химической природы происходит дистрофия селезенки и ее вес (а соответственно и индекс) снижается (Реакции..., 2001; Лапинова и др., 2004) также могут подкрепить наши предположения.

У придонно-пелагических видов значения ИС близки для особей из обеих бухт (рис. 3). Этот факт, по выдвинутому нами ранее предположению (Кузьмина, 2005 в), связан с тем, что в бухте Карантинной лучшие условия нагула и, в частности, кормовая база. Это посредством пищевых цепей может приводить к аккумуляции ксенобиотиков в тканях таких видов как мерланг, спикара, султанка, налим, пищей которых служат мелкие рыбы, черви и ракообразные, что в свою очередь ведет к увеличению индекса печени (Кузьмина, 2005 в) и изменению массы селезенки, как ответной реакции на действие загрязняющих веществ. Нельзя исключать и фазность реагирования селезенки на химические раздражители. Так, малая величина ИС у ласкиря, ошибня, звездочета и бычка-кругляка, обитающих в бухте Карантинной, может быть связана как с передвижением рыб к более загрязненной акватории, так и с притоком загрязняющих веществ (в частности, выпуском хозяйственно-бытовых сточных вод) в момент отлова рыб.

Выводы

1. Зависимости величины ИС от принадлежности к различным экологическим группам черноморских рыб не установлено. Большие значения ИС установлены для хрящевых рыб, а также ласкиря, зеленушки-рябчика, бычков и кефали-сингиля.

2. Отмечены некоторые сезонные отличия: у большинства исследованных видов (кроме зеленушки и кефали-сингиля) величина ИС больше в периоды подготовки к нересту и во время нереста, то есть в весенне-летний период.

3. Не установлено половых отличий у рассмотренных видов.

4. Высказано предположение, что у черноморских рыб, испытывающих наибольший антропогенный прессинг, величина ИС снижается.

На основании проведенных исследований можно отметить, что величина индекса селезенки зависит от многих факторов естественного и антропогенного происхождения и, по-видимому, от продолжительности действия ксенобиотиков. В то же время, вследствие высокой чувствительности селезенки к этим факторам, изучение параметра ИС весьма важно. Мы считаем необходимым продолжение подобных исследований.

Герман А. В. Применение гепатосоматического индекса рыб в целях биоиндикации и биомониторинга // Тез. докл. Второго съезда токсикологов России (10—13 нояб. 2003 г.). — М., 2003. — С. 75—76.

Губанов В. И., Стельмах Л. В., Клименко Н. П. Комплексные оценки качества вод Севастопольского взморья (Черное море) // Экология моря. — 2002. — Вып. 62. — С. 76—80.

Кирюхина Л. Н., Миронов О. Г. Химическая и микробиологическая характеристика донных осадков севавтопольских бухт в 2003 г. // Экология моря. — 2004. — Вып. 66. — С. 53—58.

Кузьминова Н. С. Использование индекса печени как биомаркера состояния рыб // Заповедники Крыма: заповедное дело, биоразнообразие, экообразование. Ч. 2. Зоология беспозвоночных. Зоология позвоночных. Экология : Материалы науч. конф. (Симферополь, 22 апр., 2005 г.). — 2005 а. — С. 213—217.

Кузьминова Н. С. Влияние размера, пола и стадии зрелости гонад на индекс печени черноморского мерланга (*Merlangus merlangus euxinus*) // Биоразнообразие и роль зооценоза в естественных и антропогенных экосистемах : Материалы III Междунар. науч. конф. (Днепропетровск, 4—6 окт. 2005 г.). — Днепропетровск : Изд-во ДНУ, 2005 б. — С. 80—82.

Кузьминова Н. С. Влияние условий обитания на индекс печени черноморской султанки // Актуальные проблемы экологической физиологии, биохимии и генетики животных : Материалы Междунар. науч. конф. — Саранск, 2005 в. — С. 119—122.

Кузьминова Н. С. Индекс печени черноморской ставриды как индикатор ее физиологического состояния // Рыбне хозяйство Украины. — 2006 а. — 2(43). — С. 36—38.

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

Лапирова Т. Б., Балабанова Л. В., Микряков В. Р. Влияние ионов кадмия на некоторые показатели иммунореактивности обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio* L.) // Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб : Расширенные материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Борок, 16—18 июля 2003 г.). — М., 2004. — С. 112—122.

Микряков В. Р., Попов А. В., Половкова С. Н. Структурно-функциональные изменения в иммунной системе рыб озера Неро в связи с загрязнением воды пестицидами // Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб : Расширенные материалы Всерос. научно-практ. конф. (Борок, 16—18 июля 2003 г.). — М., 2004. — С. 132—143.

Москалькова К. И. Экологические и морфофизиологические предпосылки к расширению ареала у бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* в условиях антропогенного загрязнения // Вопросы ихтиологии. — 1996. — 36, № 5. — С. 615—621.

Осадчая Т. С., Алемов С. В., Шадрина Т. В. Экологическое качество донных осадков Севастопольской бухты: ретроспектива и современное состояние // Экология моря. — 2004. — Вып. 66. — С. 82—87.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. — М. : Пищ. пром-сть, 1966. — 376 с.

Реакции иммунной системы рыб на загрязнение воды токсикантами и закисление среды. — М. : Наука, 2001. — 126 с.

- Руднева И. И., Чесалина Т. Л., Кузьмина Н. С.* Ответные реакции молоди черноморской кефали на загрязнение мазутом // Экология. — 2000. — № 4. — С. 304—306.
- Сорокина А. В., Кузьмина Н. С.* Активность каталазы в органах некоторых донных черноморских рыб // Экология: проблемы, решения — молодежное видение. Вып. 3. — Севастополь : Каламо-пресс, 2006. — С. 49—53.
- Солдатов А. А.* Особенности организации и функционирования системы красной крови рыб // Журн. эволюц. биохим. и физиол. — 2005. — **41**, № 3. — С. 217—223.
- Сторож Н. В., Кузьмина Н. С.* Активность антиоксидантных ферментов в органах пелагических и придонно-пелагических черноморских рыб // Экология: проблемы, решения — молодежное видение. Вып. 3. — Севастополь : Каламо-пресс, 2006. — С. 53—57.
- 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.
- Sapota M.R.* Biologia i ekologia babki byczej *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1811) gatunku inwazyjnego w Zatoce Gdanskiej. — Gdansk : Wydawnictwo Uniwersytetu Gdanskiego, 2005. — 118 p.