

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЫБ КАК БИОИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ

Н.С.Кузьминова, Т.Б.Вахтина,
Е.Н.Скуратовская

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

*В работе приведены результаты годовых исследований морфофизиологических параметров черноморских рыб бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas) и скорпены *Scorpaena porcus* (Linnaeus), обитающих в бухтах Карантинной и Мартыновой г. Севастополя. Низкие размерно-весовые характеристики и повышенный индекс печени рыб из б. Карантинной могут быть связаны с неблагоприятной экологической обстановкой.*

Введение. В современной водной токсикологии и в области биомониторинга оценка тестируемой среды на рыб является важной и неотъемлемой задачей исследований. Однако, в связи с наличием ряда трудностей при проведении подобных работ на взрослых рыбах, наличие и степень токсичности воды, как правило, изучают на икре, личинках и молоди рыб. При этом исследуют такие показатели как резорбцию желтка эмбриона, выклев предличинок, выживаемость, сердечные и дыхательные сокращения, пигментацию, скорость роста, появление уродств на разных стадиях раннего онтогенеза. Оценка влияния загрязнения на взрослых рыб осуществляется по физиологии сердечно-сосудистой и дыхательной систем [1], степени поражения отдельных органов, в частности, глаз [2], жабр и печени [3, 4], гонад [5, 6, 7], выживаемости животных в острых и подострых экспериментах [2], этологическим аномалиям, нарушению условно-рефлекторной деятельности [8]. В ихтиологическом мониторинге и экспериментальной токсикологии необходимыми также являются такие морфофизиологические показатели как размер, вес рыбы и ее отдельных органов, возраст, стадия развития гонад и некоторые другие [9, 10, 11].

Цель работы – изучение влияния среды обитания двух бухт Севастополя (Каран-

тинной и Мартыновой) на морфофизиологические показатели черноморских рыб бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas) и скорпены *Scorpaena porcus* (Linnaeus).

Материалы и методы. Бухта Карантинная является более загрязненной, так как в нее осуществляются спуски хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод. В бухте Мартыновой нет прямых источников загрязнения, однако выпуски ливневых стоков, а также городских сточных вод осуществляются в соседние с ней Карантинную, Севастопольскую и Александровскую бухты, и, следовательно, ксенобиотики попадают и в ее акваторию. Объектами исследований явились бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* (Pallas) и скорпена *Scorpaena porcus* (Linnaeus). Полный биологический анализ рыб, включающий замеры общей и стандартной длин, определение веса рыбы, тушки, печени и гонад, определение пола, стадии зрелости, возраста рыб, а также расчет индексов печени (ИП), гонадосоматического индекса (ГСИ) и упитанности (Упит.) проводили по общепринятым методикам [10, 12]. Биологический анализ был проведен на рыбах, обнаруженных в донных ставниках с апреля по декабрь 2003 года.

Полученные результаты обработаны статистически, используя t-критерий Стьюдента при сравнении данных по Карантинной и Мартыновой бухтам ($p \leq 0,05$) [13].

Результаты. *N. melanostomus* – промысловый вид, обитает в прибрежной мелководной зоне, населяя, главным образом, песчаные и каменистые грунты [11, 14]. Бычок-кругляк – оседлый вид.

При сопоставлении данных о состоянии акваторий и рыб, их населяющих, мы оценивали параметры всей популяции (табл. 1), а также сравнивали рыб одного пола и одинакового возраста. Этот анализ представлен на рис. 1 и 2, а также в таблице 2.

Результаты исследований показали, что длина 4-х годовалых самок *N. melanostomus* и 2 – 4-х годовалых самцов б. Карантинной меньше, по сравнению с аналогичным показателем для б. Мартыновой. Следует отметить, что длина 5-годовалых самцов кругляка меньше в б. Мартыновой (рис.1). Масса 3 – 4-х годовалых самок, также как и масса 2 – 4-х годовалых самцов меньше у особей из Карантинной.

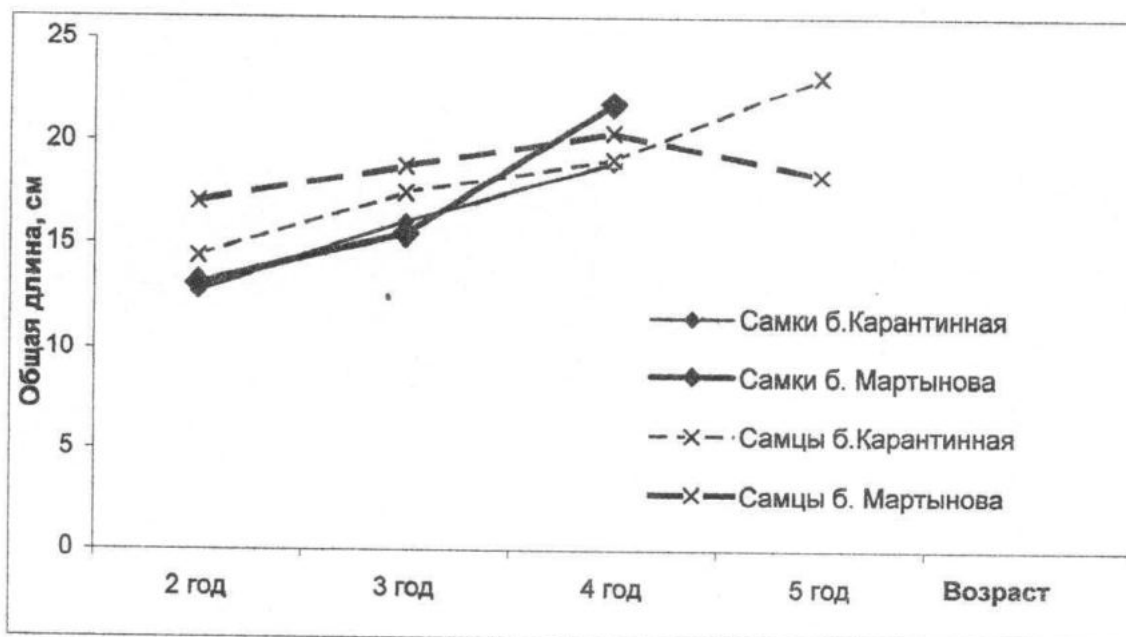


Рис. 1 - Общая длина бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (P.), обитающего в Карантинной и Мартыновой бухтах

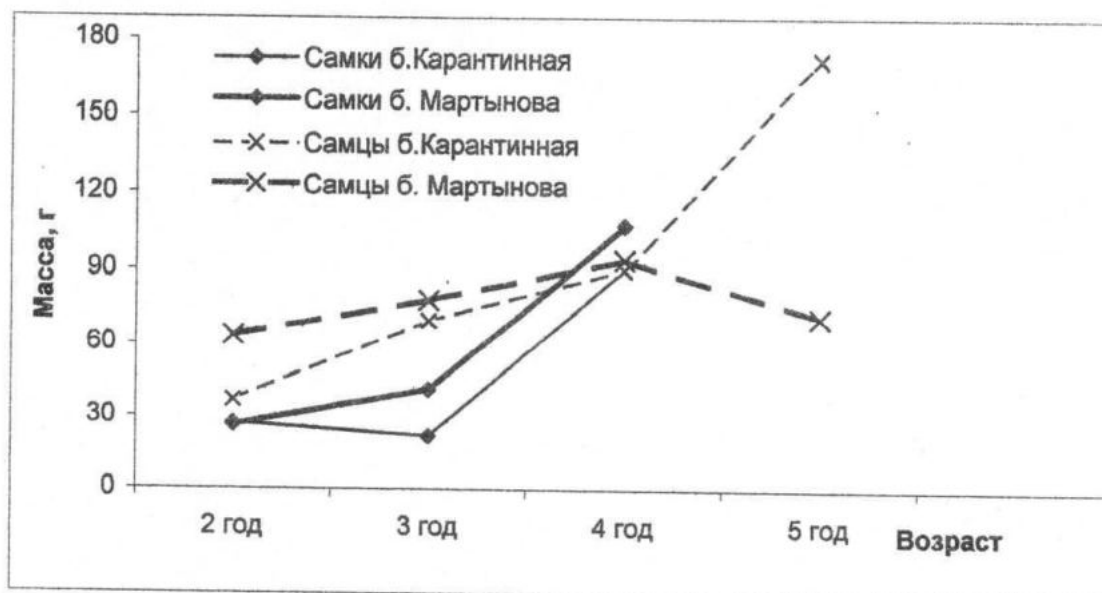


Рис. 2 - Масса рыб бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (P.), обитающего в Карантинной и Мартыновой бухтах

Самцы, 5-и годовики, из б. Мартыновой имели большую массу, нежели самцы из б. Карантинной (рис. 2).

Необходимо указать, что индекс печени как самок, так и самцов бычка (табл. 2), находящегося в возрасте 2 – 4 лет, из бухты Карантинной был выше аналогичного показателя рыб из Мартыновой от 1,1 до 2,3 раза (табл. 2).

Морской ерш *S. roscus* обитает среди камней, плитняка, заросших цистозирой, а также на песке и ракушечнике с водорослями. Скорпена населяет глубины до 30 м; не промысловый вид; хищник [7, 14]. Морской ерш является оседлым видом.

В результате проведенных исследований нами было выявлено, что у 2 – 4-х годовалых самок и самцов скорпены из Карантинной бухты общая длина и вес рыб были меньше у особей из б. Карантинной.

Таблица 1 – Общепопуляционные характеристики бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (P.), обитающего в двух бухтах г. Севастополя ($M \pm m$).

Параметр	Карантинная бухта	Мартынова бухта	P
Общая длина рыб, см	14,94 ± 0,35 n=91	17,22 ± 0,63 n=23	≤0,05
Масса, г	47,48 ± 3,37 n=87	64,68 ± 6,41 n=24	≤0,05
ИП	44,57 ± 2,91 n=76	31,31 ± 8,32 n=16	н/д
ГСИ	3,94 ± 0,56 n=85	4,99 ± 1,40 n=24	н/д
Упитанность	1,99 ± 0,03 n=87	1,87 ± 0,04 n=24	≤0,05

Таблица 2 - Морфофизиологические характеристики бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (P.), обитающего в двух бухтах г. Севастополя ($M \pm m$)

Параметр	Б. Карантинная		Б. Мартынова	
	Самки	Самцы	Самки	Самцы
	2 годовики			
ИП	60,56 ± 13,99	50,81 ± 6,32	54,57 ± 30,50	21,87 ± 7,07
ГСИ	7,76 ± 1,89	1,91 ± 0,68	14,29 ± 7,80	1,07 ± 0,36
Упит.	1,83 ± 0,01	1,95 ± 0,05	1,68 ± 0,09	1,99 ± 0,43
	3 годовики			
ИП	32,52	46,48 ± 3,64	22,26	24,75 ± 11,34
ГСИ	10,32	1,40 ± 0,17	12,56 ± 5,21	1,87 ± 0,56
Упит.	2,76	2,11 ± 0,06	1,75 ± 0,16	1,88 ± 0,06
	4 годовики			
ИП	46,13	47,85 ± 5,85	24,90	27,16
ГСИ	1,39	1,73 ± 0,21	1,61	1,62 ± 0,28
Упит.	2,01	2,07 ± 0,08	1,88	1,88 ± 0,04

Примечание: жирным шрифтом обозначены достоверные различия между исследуемыми параметрами рыб из двух бухт

Таблица 3 - Общепопуляционные характеристики скорпены *Scorpaena porcus* (L.), обитающей в двух бухтах г. Севастополя ($M \pm m$)

Параметр	Карантинная бухта	Мартынова бухта	P
Общая длина рыб, см	13,34 ± 0,13 n=398	15,63 ± 0,29 n=74	≤0,05
Масса, г	42,34 ± 2,35 n=346	65,66 ± 3,95 n=68	≤0,05
ИП	12,60 ± 0,39 n=275	18,61 ± 1,93 n=39	≤0,05
ГСИ	0,61 ± 0,07 n=335	1,08 ± 0,12 n=67	≤0,05
Упитанность	3,27 ± 0,06 n=346	3,17 ± 0,05 n=68	н/д

Интересно отметить, что обратная тенденция наблюдалась для 5 – 6-и годовалых рыб. Таким же образом изменялся ИП: у 2 – 4-х годовалых ершей этот показатель был меньше у рыб из б. Карантинной, а у 5 и 6-и годовиков – наоборот.

В ходе статистической обработки данных по морфофизиологическим показателям бычка-кругляка и скорпены, обнаруженных в уловах 2002 года (неопубликованные данные) было установлено, что почти во всех вариантах значения параметров общей длины и веса рыб незначительно

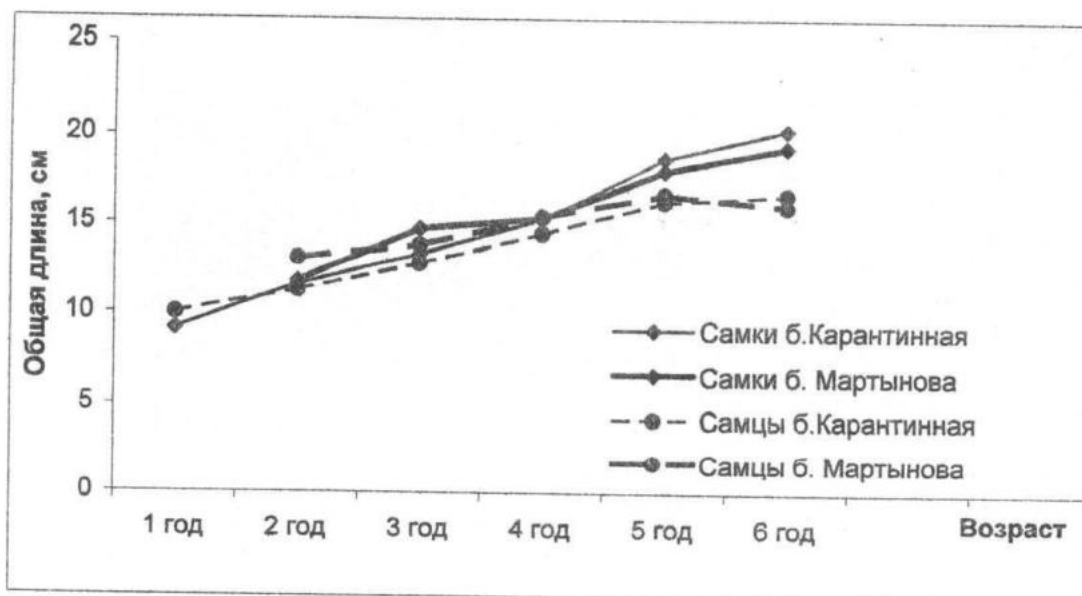


Рис. 3 - Общая длина скорпены *Scopraea roscus* (L.), обитающей в Карантинной и Мартыновой бухтах г. Севастополя

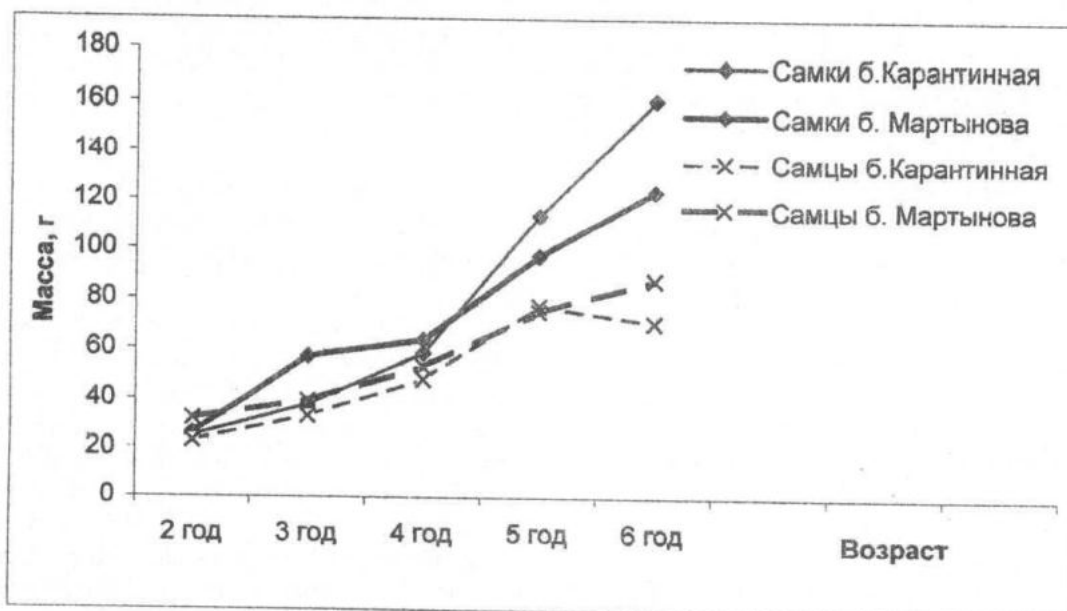


Рис. 4 - Масса рыб скорпены *Scopraea roscus* (L.), обитающей в Карантинной и Мартыновой бухтах г. Севастополя

отличались у особей из двух районов. На стадии подготовки к нересту ИП у самок бычков (1 год) из Мартыновой бухты превышал ИП рыб из Карантинной в 1,8 раз (н/д). У самцов 3-го и 4-го года жизни ИП был выше в 1,7 раз у кругляка из Карантинной по сравнению с рыбами из Мартыновой бухты, при этом все остальные параметры были практически одинаковыми. В 2002 году у самок скорпены в возрасте 3 и 5 лет (сравнение

проводили для рыб, имеющих одну стадию зрелости), наоборот, ИП был выше в 1,5 – 1,6 раз для рыб из б. Мартыновой, причем в первом случае средние значения веса и ГСИ также превышали соответствующие показатели по бухте Карантинной.

Было также установлено, что у самок морского ерша, находящегося на 2-ой стадии зрелости, ГСИ был выше почти в 6 раз у особей из бухты Карантинной при

Таблица 4 - Морфофизиологические характеристики скорпены *Scorpaena roscus* (L.), обитающей в двух бухтах г. Севастополя ($M \pm m$)

Параметр	Б. Карантинная		Б. Мартынова	
	Самки	Самцы	Самки	Самцы
2 годовики				
ИП	9,97 ± 0,54	10,58 ± 0,84	17,93 ± 5,47	20,10 ± 3,18
ГСИ	0,50 ± 0,03	0,21 ± 0,04	0,79 ± 0,25	0,99 ± 0,64
Упит.	3,19 ± 0,06	3,22 ± 0,05	3,02 ± 0,08	2,71 ± 0,32
3 годовики				
ИП	12,63 ± 0,97	12,99 ± 0,87	21,77 ± 7,51	17,77 ± 1,63
ГСИ	0,64 ± 0,05	0,12 ± 0,01	1,34 ± 0,27	0,61 ± 0,38
Упит.	3,34 ± 0,17	3,22 ± 0,02	3,19 ± 0,17	3,01 ± 0,29
4 годовики				
ИП	15,29 ± 1,22	16,78 ± 1,83	20,30 ± 3,32	21,19 ± 11,64
ГСИ	1,78 ± 0,38	0,19 ± 0,04	1,03 ± 0,24	0,60 ± 0,32
Упит.	3,22 ± 0,06	3,03 ± 0,13	3,36 ± 0,13	3,13 ± 0,14
5 годовики				
ИП	20,26 ± 5,32	19,96 ± 2,85	18,33 ± 5,43	11,73 ± 4,05
ГСИ	1,88 ± 0,66	0,19 ± 0,02	1,88 ± 0,34	0,67 ± 0,32
Упит.	2,93 ± 0,13	3,59 ± 0,30	2,98 ± 0,09	3,24 ± 0,08
6 годовики				
ИП	20,53 ± 1,90	21,54	21,68	10,91
ГСИ	0,80 ± 0,21	0,21 ± 0,07	1,84 ± 0,74	0,11
Упит.	3,10 ± 0,15	3,46 ± 0,37	3,38 ± 0,14	4,01

Примечание: жирным шрифтом обозначены достоверные различия между исследуемыми параметрами рыб из двух бухт

идентичных значениях остальных параметров. На 1 – 2-ой стадиях развития половых органов у 2-х годовалых самцов ИП был выше для экземпляров из Карантинной бухты.

Сходные с нашими результатами получены данные и для самок спикары *Spicara flexuosa Rafinesque*. Так, было установлено, что особи, обитающие в загрязненной бухте, имеют меньшую длину и массу, а также индекс печени по сравнению с рыбами из менее загрязненных бухт [15]. Аналогичные результаты исследований получены и для сига *Coregonus lavaretus*. Снижение размеров и массы, увеличение вариабельности в сроках полового созревания, сокращение кратности нереста и продолжительности жизни были отмечены для рыб из загрязненного водоема по сравнению с контрольными [16].

Анализируя полученные результаты эксперимента и литературные сведения можно определенно сказать, что в условиях неблагоприятной экологической обстановки у рыб, особенно младших возрастных групп, снижаются размеры и вес, увеличивается ИП и вариабельность в сроках полового созревания. В связи с этим, вышеперечисленные

численные параметры должны быть обязательными в ихтиологическом мониторинге и могут характеризовать среду обитания гидробионтов.

Использование параметра ИП может указать даже на характер загрязнения. Так, была установлена достоверная связь между содержанием полихлорбифенилов в печени и ее индексом у леща *Abramis brama* [17]. Применение этого показателя в качестве биоиндикатора связано с тем, что в условиях хронического загрязнения происходит изъятие из кровяного русла избыточного количества глюкозы и снижение уровня гликогена, что ведет к нарушению углеводного обмена и провоцирует увеличение ИП [18].

Известно, что черноморские рыбы обладают четко выраженной экологической спецификой чувствительности к большому количеству токсикантов органической природы, причем у донных видов чувствительность минимальна и они находятся в лучшем функциональном положении [19, 20]. Можно предположить, однако, что именно наличие в воде, а, возможно, и в рыбе, ПХБ вызвали увеличение ИП у бычка-кругляка, так как есть сведения о присутствии этих

ксенобиотиков в Севастопольских акваториях как в донных отложениях, так и в морских гидробионтах [21, 22]. Так, в прибрежной зоне г. Севастополя содержание ПХБ в грунтах составляло 2 мкг/г, а в бычке *Neogobius kessleri kessleri* уровень ПХБ достигал 232 нг/г сырой массы [21, 22].

Печень рыб, как известно, является основным аккумулятором ПХБ [6, 21], что, в том числе, подтверждает наше предположение о влиянии этих ядовитых соединений на исследуемых рыб. Интересно отметить, что для скорпены, у 2–4-х годовиков показатель ИП был выше у рыб из бухты Мартыновой. Это говорит о том, что скорпена обладает большей устойчивостью по отношению к действию ксенобиотиков. Тот факт, что некоторое негативное влияние среды обитания проявляется продолжительности жизни рыб подтверждают и данные уловов последних лет. Так, в 1998 году в донных ставниках встречались 7 годовалые морские ерши [15], а в 2003 – даже 8-годовики, в то время как максимальный возраст бычка-кругляка, обнаруживаемого в орудиях лова в 2003 году составлял 5 лет.

Вероятно, эти отличия в проявлении негативного воздействия ксенобиотиков связаны не только с разной видовой чувствительностью и адаптационными способностями скорпены и бычка-кругляка, но и с разным типом питания этих рыб. Известно, что скорпена – хищник, питается, главным образом, мелкой рыбой [14]. Основным объектом питания бычка-кругляка являются моллюски [14, 23]. Следовательно, из-за способности моллюсков накапливать загрязняющие вещества, эти соединения постоянно попадают и накапливаются уже в большем объеме в организме бычка, нарушая нормальный ход физиологических процессов.

Таким образом, при долгосрочном мониторинге, а также при хроническом прессинге ксенобиотиков показатель ИП у рыб может быть весьма информативным. Данные параметры рыб необходимо использовать не только в ихтиологическом мониторинге, но и при производственном выращивании ценных промысловых видов рыб, так как даже в случаях внесения в качестве добавок в среду различных отходов о качестве и состоянии рыбы судят только по показателям общей длины и конечному весу [24].

При исследовании некоторых биологических параметров бычка-кругляка и скорпены было установлено негативное воздействие на них среды обитания бухты Карантинной, выражающееся в большинстве случаев в снижении размерно-возрастных характеристик и увеличении ИП. Черноморские виды бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* и скорпена *Scorpaena porcus* могут рассматриваться как виды-биоиндикаторы состояния морских акваторий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хьюз Д.М. Вопросы оценки влияния загрязнителей на физиологию сердечно-сосудистой и дыхательной систем у рыб. Журн. Общей биологии, 1985. - Т. 46. - № 2. - С. 241 – 254.
2. Мазманиди Н.Д. О диагностическом значении различных поражений глаз у рыб. Биологические процессы в морских и континентальных водоемах. Тез. докл., ВГБО, Кишинев, - 1970. - С. 234.
3. Стрельцова С.В. Действие хлорированной воды на рыб. Изв. Всесоюз. науч.-исслед. Ин-та озерного и речного хозяйства, - 1953. - Т. 33. - С. 177 – 187.
4. Гераскин П.П., Металлов Г.Ф., Журавлева Г.Ф., Шелухин Г.К., Переварюха Ю.Н., Аксенов В.П., Шевелева Н.Н., Дубовская А.В., Галактионова М.Л., Григорьев В.А., Ручьева Т.А., Мухамбеталиева А.Ж., Чухонкина Г.А. Уровень физиологического благополучия каспийских осетровых в морской период жизни в условиях повышенного воздействия антропогенных факторов. Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Результаты НИР за 2001 год. Астрахань, 2002 г. - С. 423 – 436.
5. Westernhagen H., Dethlefsen V., Cameron P., Janssen D. Chlorinated hydrocarbon residues in gonads of marine fish and effects on reproduction. *Sarsia*, - 72. - 1987. - P. 419 – 422.
6. Westernhagen H., Cameron P., Dethlefsen V., Janssen D. Chlorinated hydrocarbons in North Sea whiting (*Merlangius merlangus* L.), and effects on reproduction. I. Tissue burden and hatching success. *Helgoländer Meeresunters*, - 1989. - 43. - P. 45 – 60.
7. Овен Л.С., Руднева И.И., Шевченко Н.Ф. Ответные реакции морского ерша *Scorpaena porcus* (*Scorpaenidae*) на антропо-

генное воздействие. Вопросы ихтиологии, - 2000. - Т. 40. - № 1. - С. 75 - 78.

8. Флеров Б.Ф. Экспериментальное исследование хронического фенольного отравления гуппи. - Биологические процессы в морских и континентальных водоемах. Тез. докл., ВГБО, Кишинев, - 1970. - С. 383 - 384.

9. Бузинова Н.С., Парина О.В. Воздействие загрязнителя на пластический обмен рыб. Самоочищение воды и миграция загрязнений по трофической цепи, «Наука», - М., - 1984. - С. 97 - 102.

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

11. Ихтиофауна черноморских бухт в условиях антропогенного загрязнения, - Наук. думка, - К. - 1993. - 144 с.

12. 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.

13. Лакин Р.Ф. Биометрия. Высшая школа, - М., - 1990. - 352 с.

14. Световидов А.И. Рыбы Черного моря. «Наука», - Л., - 1964. - 550 с.

15. Овен Л.С., Руднева И.И., Шевченко Н.Ф. Сравнительный анализ популяционных показателей некоторых черноморских видов рыб, обитающих в бухтах района Севастополя. Сб. Естественно-биологические и экологические проблемы Восточного Крыма. «Таврич. Национал. Ун-т», - Керчь, - 2001. - С. 55 - 60.

16. Моисеенко Т.И. Изменение стратегии жизненного цикла рыб под воздействием хронического загрязнения вод. Экология, - 2002. - № 1. - С. 50 - 60.

17. Герман А.В., Чуйко Г.М., Флеров Б.А., Тиллитт Д., Зайчек Д. Морфометрические и физиолого-биохимические показатели рыб как биоиндикаторы загрязнения во-

доемов. Современные проблемы водной токсикологии. Всерос. Конф. с участием специалистов из стран ближнего и дальнего зарубежья, 19 - 21 ноября 2002 г., Борок, - 2002. - С. 31 - 32.

18. Герман А.В. Применение гепатосоматического индекса рыб в целях биоиндикации и биомониторинга. 2-й съезд токсикологов России. Тез. докл. 10 - 13 нояб. 2003г., - М., 2003. - С. 75 - 76.

19. Мазманиди Н.Д. Рыбы как объект для мониторинга эколого-токсикологического состояния Черного моря. II Всесоюз. конф. по рыбохозяйственной токсикологии, посвященная 100-летию проблемы качества воды в России, - С.-П., - 1991. - С. 22 - 23.

20. Мазманиди Н.Д., Котов А.М. О некоторых механизмах патогенеза отравления черноморских рыб органическими токсикантами. Там же, - С. 23 - 24.

21. Поликарпов Г.Г., Жерко Н.В. Экологические аспекты изучения загрязнения Черного моря хлорорганическими ксенобиотиками. Экология моря, - 1996. - вып. 45, - С. 92 - 100.

22. Поликарпов Г.Г. Полихлорбифенилы в экосистеме Черного моря. II Всесоюз. конф. по рыбохозяйственной токсикологии, посвященная 100-летию проблемы качества воды в России, - С.-П., - 1991. - С. 110 - 111.

23. Азизова Н.А., Алигаджиев Г.А. О пищевых взаимоотношениях осетровых (Acipenseridae) и бычков (Gobidae) в Дагестанском районе Каспия. Вопросы ихтиологии, - 1964. - Т. 4. - вып. 3 (32). - С. 562 - 569.

24. Ernst D.H., Ellingson L.J., Olla B.L., Wicklund R.I., Watanebe W.O., Grover J.J. Production of florida red tilapia in seawater pools: nursery rearing with chicken manure and growout with prepared feed. Aquaculture, - 1989. - 80. - P. 247 - 260.