

УДК 557.152.1

И. И. Руднева, д-р биол. наук, вед. науч. сотр., **Е. Н. Скуратовская**, асп., **Т. Б. Вахтина**, асп.

Институт биологии южных морей НАН Украины, отдел ихтиологии, пр. Нахимова, 2, Севастополь, 99011, Украина; e-mail: svg@bios.iuf.net

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ КРОВИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ

Исследовали активность антиоксидантных ферментов крови морского ерша и бычка-кругляка, обитающих в бухтах Севастополя с разной антропогенной нагрузкой. Установлено изменение активности ключевых антиоксидантных ферментов в крови рыб, отловленных в наиболее загрязненных акваториях. Обсуждается возможность использования данных параметров в качестве биомаркеров для оценки состояния рыб и среды их обитания.

Ключевые слова: антиоксидантные ферменты, загрязнение, кровь, морские рыбы.

В последние 40 лет Черное море претерпевает массированное антропогенное воздействие, что привело к катастрофическим последствиям и крайне негативным образом отразилось на биоте и, в частности, на ихтиоценозах. В настоящее время в районе Севастополя число видов рыб сократилось в два раза, а их численность — в 100 раз по сравнению с 50-ми годами прошлого века [1]. Совершенно очевидно, что снижение биоразнообразия рыб является следствием многих причин, в том числе обусловлено загрязнением моря. В связи с этим возникает проблема оценки состояния ихтиоценозов в условиях интенсивного антропогенного влияния, а также выяснения адаптивных механизмов, лежащих в основе устойчивости рыб к неблагоприятным факторам. С другой стороны, представляет интерес определить условия среды обитания по ответным реакциям рыб на загрязнение. С этой целью используются биомаркеры различного уровня, позволяющие по реакции организма устанавливать степень воздействия на него вредных факторов [2]. Биомаркеры в настоящее время все чаще применяются в различных системах биотестирования и составляют основу биологического мониторинга [3]. Ранее нами были показаны индукция процессов перекисного окисления липидов и изменение активности антиоксидантных ферментов в тканях рыб при действии различных токсикантов в экспериментах [4,5] и в загрязненных акваториях моря [6]. Целью настоящей работы явилось исследование активности антиоксидантных ферментов крови типичных прибрежных придонных видов рыб — морского ерша и бычка-кругляка, отловленных в бухтах Севастополя с разным уровнем антропогенной нагрузки.

Материалы и методы

Объектами исследования служили два вида черноморских рыб — морской ерш *Scorpaena porcus* L. и бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* Pallas, отловленные в весенне-летний период 2000–2001 гг. в находящихся в районе Севастополя бухтах Мартыновой и Карантинной. Кровь рыб брали из хвостовой артерии, гемолизаты получали по методу Троицкой [7]. В гемолизатах крови определяли активность антиоксидантных ферментов супероксиддисмутазы (СОД), каталазы, пероксидазы, глутатионредуктазы и глутатион-S-трансферазы согласно методам, описанным нами ранее [8]. Результаты исследований обрабатывали статистически по [9].

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований позволили установить определенные различия в активности антиоксидантных ферментов крови рыб, обитающих в бухтах с разным уровнем антропогенной нагрузки. Основным источником загрязнения Карантинной бухты является канализационный коллектор, ежедневно выбрасывающий в акваторию 50 м³ очищенных сточных вод. В Мартыновой бухте расположен аварийный выпуск, который функционирует в случае аварий на основных очистных сооружениях города. При этом неочищенные стоки непосредственно попадают в море. Из представленных в таблице данных можно видеть, что вследствие хронического слива стоков в Карантинную бухту показатели загрязнения воды в ней превышают таковые в Мартыновой бухте (табл. 1).

Таблица 1

Содержание основных загрязнителей (мг/л) в бухтах Севастополя (по данным Государственной инспекции охраны Черного моря)

Бухта	Нефте-продукты	СПАВ	БПК ₅	Взвешенное вещество	Fe	NH ⁺ ₃ -N ₂	NO ₂
Карантинная	0.06±0.01	0.003±0.001	2.5±0.4	2.4±0.3	0.03±0.01	0.04±0.01	0.003±0.01
Мартынова	0.02±0.01	0.002±0.001	2.1±0.3	1.9±0.1	0.02±0.01	0.03±0.01	0.003±0.01

Различная антропогенная нагрузка определенным образом повлияла на активность антиоксидантных ферментов крови рыб, обитающих в исследуемых бухтах (табл. 2).

Из представленных данных можно видеть, что активность СОД и каталазы не различается у двух видов рыб из обеих бухт. Активность пероксидазы почти в два раза выше в крови ерша по сравнению с бычком, но не различается у рыб каждого вида, обитающих в разных бухтах.

Активность глутатионредуктазы в крови бычка по сравнению с ершом увеличена. При этом активность фермента в крови ерша, оби-

тающего в Мартыновой бухте, более высокая ($p < 0,01$) по сравнению с показателями рыб из Карантинной бухты. У бычков этой тенденции не установлено. Активность глутатион-S-трансферазы в крови бычков также превалирует над соответствующими параметрами морского ерша. У обоих видов рыб из Мартыновой бухты отмечено повышение активности этого фермента по сравнению с рыбами из Карантинной. Однако, в отличие от ерша, для бычка эти различия не достоверны.

Таблица 2

Активность антиоксидантных ферментов крови рыб из двух севастопольских бухт

Ферменты	Мартынова бухта		Карантинная бухта	
	Бычок n=25	Ерш n=40	Бычок n=20	Ерш n=45
СОД, условные единицы /мг белка/ мин	15,2±3,2	15,1±0,2	19,3±3,3	14,3±0,4
Каталаза, мг H ₂ O ₂ /мг белка/ мин	0,4±0,01	0,4±0,0	0,5±0,1	0,4±0,0
Пероксидаза, оптические единицы /мг белка/ мин	13,8±2,1	25,7±1,3	10,3±0,9	24,4±1,2
Глутатионредуктаза, нмоль НАДФН/мг белка/мин	3,5±0,9	2,6±0,3	3,1±0,8	1,4±0,2
Глутатион-S-трансфераза, нмоль конъюгата /мг белка/ мин	18,9±3,3	12,7±0,4	15,3±3,8	7,7±0,6

Таким образом, результаты проведенных исследований позволили установить, что экологическое состояние морских акваторий оказывает существенное влияние на активность антиоксидантных ферментов крови рыб. Помимо этого, антиоксидантная система крови рыб имеет выраженные видовые особенности. Если активность СОД и каталазы у двух видов рыб не различается, то активность пероксидазы у бычка-кругляка ниже соответствующих показателей морского ерша, а активность глутатионзависимых ферментов выше. Эта тенденция прослеживается у особей, обитающих в обеих бухтах. Можно заключить, что, несмотря на сходство в образе жизни (оба вида относятся к придонной группе), наблюдаются четко выраженные видовые особенности состояния ферментной антиоксидантной системы крови, что было отмечено нами и ранее [8]. При этом глутатионзависимая система крови бычка-кругляка более активна по сравнению с аналогичной системой морского ерша.

Обращает на себя внимание снижение активности глутатионзависимых ферментов (глутатионредуктазы и глутатион-S-трансферазы) в крови ерша, отловленного в Карантинной бухте по сравнению с Мартыновой. Такая же тенденция, но выраженная в меньшей степени, прослеживается у бычка. Отмеченные различия могут быть следствием как генетических различий между двумя исследуемыми популя-

циями рыб, так и реакцией на уровень антропогенной нагрузки. Следует отметить, что Карантинная бухта подвержена хроническому загрязнению, и в данном случае имеет место токсическое действие на организмы рыб повышенного содержания ксенобиотиков в среде (табл. 1). Результатом явилось "истощение" антиоксидантной ферментной системы. Учитывая синхронное взаимодействие глутатионредуктазы и глутатион-S-трансферазы в реакциях детоксикации ксенобиотиков, можно предположить, что в крови рыб из Карантинной бухты активность глутатионзависимой системы снижена в результате длительного интенсивного загрязнения воды в данной акватории. В то же время нельзя исключать тот факт, что при аварийных сбросах сточных вод в относительно чистые акватории (Мартынова бухта) происходит резкое ухудшение экологической ситуации, что приводит к экстренной активации защитных систем организма, включая антиоксидантную. Таким образом, можно предположить, что наблюдаемое нами повышение активности глутатионзависимых ферментов в крови рыб из Мартыновой бухты является адаптивным ответом на стресс, вызванный аварийным выбросом нечистот.

Выводы

1. Активность антиоксидантных ферментов крови рыб имеет выраженные видовые особенности: у бычков активность глутатионзависимых ферментов выше, чем у морского ерша, для пероксидазы отмечена обратная тенденция.
2. На активность антиоксидантных ферментов крови рыб наряду с генетическими различиями может влиять уровень загрязнения акваторий.
3. По интенсивности ответных реакций ферментной антиоксидантной системы морской ерш более чувствителен к действию неблагоприятных факторов, чем бычок.
4. Исследованные параметры ферментной антиоксидантной системы могут быть использованы в качестве биомаркеров для оценки состояния рыб и среды их обитания.

Авторы выражают благодарность И. И. Красновиду — руководителю Крымского отделения Государственной инспекции охраны Черного моря за предоставление данных об уровне загрязнения вод в бухтах.

Литература

1. *Ихтиофауна черноморских бухт в условиях антропогенного воздействия*. — К.: Наукова Думка, 1993. — 144 с.
2. *Goksoyr A., Husoy A.-M., Larsen H. E., Klungsoyr J., Wilhelmsen S., Brevik E. M., Andersson T., Celander M., Pesonen M., Forlin L.* Evaluation of biochemical responses to environmental contaminants in flatfish from the Hvaler Archipelago in Norway // *Marin Environ. Res.* — 1989. — V. 28. — P. 51–55.
3. *Бурдин И. С.* Основы биологического мониторинга. — М.: МГУ, 1985. — 158 с.

4. Руднева И. И., Жерко Н. В. Влияние полихлорированных бифенилов на белковый и липидный обмен сыворотки крови черноморской скорпены // ДАН Украины. — 1993. — № 11. — С. 157–161.
5. Руднева И. И., Жерко Н. В. Действие полихлорированных бифенилов на активность антиоксидантных ферментов и перекисное окисление липидов в мышцах и печени двух видов черноморских рыб. // Биохимия. — 1994. — Т. 54. — № 1. — С. 34–45.
6. Овен Л. С., Руднева И. И., Шевченко Н. Ф. Ответные реакции черноморского ерша *Scorpaena roscus* на антропогенное воздействие // Вопросы ихтиологии. — 2000. — Т. 40. — № 1. — С. 75–78.
7. Троицкая О. В. Электрофорез гемоглобинов на ацетатцеллюлозе // Современные методы в биохимии. — М.: Медицина, 1977. — С. 241–248.
8. Rudneva I. I. Blood antioxidant system of Black Sea elasmobranch and teleosts // Comp. Biochem. Physiol. — 1997. — V. 118C. — № 2. — P. 225–230.
9. Лакин Г. Ф. Биометрия. — М.: Высшая школа, 1990. — 352 с.

І. І. Руднева, Є. Н. Скуратовська, Т. Б. Вахтіна

Інститут біології південних морів НАН України, відділ іхтіології,
пр. Нахімова, 2, Севастополь, 99011, Україна; e-mail: svg@bios.iuf.net

**ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА АКТИВНІСТЬ
АНТИОКСИДАНТНИХ ФЕРМЕНТІВ КРОВІ ДЕЯКИХ ВИДІВ
ЧОРНОМОРСЬКИХ РИБ**

Резюме

Досліджували активність антиоксидантних ферментів крові морського йорша та бичка-кругляка, що мешкають у бухтах Севастополя з різним антропогенним навантаженням. Встановлено зміни активності ключових ферментів у крові риб, що були зловлені у найбільш забруднених акваторіях. Обговорюється можливість використання названих параметрів у якості біомаркерів стану риб та середовища їх проживання.

Ключові слова: антиоксидантні ферменти, забруднення, кров, морські риби.

I. I. Rudneva, E. N. Skuratovskaya, T. B. Vahtina

Institute of Biology of South Seas, Department of Ichthyology,
Nakhimov Ave., 2, Sevastopol, 99011, Ukraine; e-mail: svg@bios.iuf.net

**EFFECT OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON ANTIOXIDANT
ENZYME ACTIVITIES IN BLOOD OF SOME BLACK SEA FISHES**

Summary

Antioxidant enzyme activities in blood of scorpion fish and round goby collected in two Sevastopol bays with different anthropogenic impact were studied. The changes of key antioxidant enzyme activities in the blood of fish caught in polluted areas as compared with the parameters of fish were demonstrated. The possibility of examined parameters as biomarkers of fish status and their environment is discussed.

Keywords: antioxidant enzymes, pollution, blood, marine fish.