

**УДК 581.1:575**

## **ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ**

*Омельченко С.О.*

*Государственное предприятие «Крымский научно-производственный центр  
стандартизации, метрологии и сертификации», Симферополь, Украина  
E-mail: omesol@ukr.net*

Исследовали содержание токсичных элементов и микробиологических показателей 8 видов рыб, обитающих в разных акваториях Черного моря и Керченского пролива. Полученные данные свидетельствуют о том, что ртуть и мышьяк преобладают в тканях донных видов рыб, а цинк и медь – в тканях пелагической ставриды. Микробиологические показатели зависят от сезона, особенностей биологии рыб, уровня загрязнения среды обитания.

**Ключевые слова:** токсичные элементы, микробиологические показатели, рыбы, Черное море, Керченский пролив.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Морские прибрежные экосистемы в наибольшей степени страдают от антропогенного загрязнения, поступающего со сточными водами береговых источников и привносимого с речными стоками со всего водосборного бассейна. Совершенно очевидно, что загрязнение прибрежных и океанических районов приводит не только к тяжелым последствиям для водных экосистем, но и создает реальную угрозу здоровью населения приморских территорий, употребляющих морепродукты и использующих эти акватории для целей рекреации и туризма [1, 2].

Попадающие в организм токсические вещества вызывают патологические изменения в органах и тканях рыб, при этом некоторые ксенобиотики обладают канцерогенной активностью. К таким веществам относятся, прежде всего, токсичные элементы, которые отличаются от других загрязняющих веществ высокой стабильностью в водной среде, способностью накапливаться в донных отложениях и гидробионтах и, в частности, в органах и тканях рыб. Эти токсиканты представляют чрезвычайную опасность, поскольку длительно сохраняют свою активность и даже в малых концентрациях способны оказывать токсическое воздействие на водные организмы, вызывая тем самым различные нарушения их развития и жизнедеятельности [3].

Насыщение морской среды патогенными микроорганизмами создает реальную опасность для здоровья человека, который потребляет рыбу, моллюсков и водоросли в качестве важных и питательных компонентов своего рациона. Бактерии, широко распространенные в водной экосистеме, попадают в желудочно-кишечный тракт рыб и используют его в качестве экологической ниши. При этом

кишечная микрофлора является обязательной компонентой внутренней среды организма, необходимой для роста и развития рыб. В то же время представители индигенной флоры кишечника – это фактор риска для рыб с ослабленным иммунофизиологическим статусом, и данные микроорганизмы могут стать источником эндогенной инфекции. Способность бактерий интенсивно размножаться в кишечнике ослабленных особей нередко приводит к бактериальной транслокации с развитием системной бактериемии [4, 5].

Целью настоящей работы явилось изучение содержания токсичных элементов и микробиологических показателей в тканях некоторых видов рыб, обитающих в разных районах Черного моря, в разные сезоны.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на базе Государственного предприятия «Крымский научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации». Использовали ихтиологический материал, собранный сотрудниками отдела ихтиологии Института Биологии Южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины (ИнБЮМ).

Материалом исследования служила мышечная ткань массовых видов рыб: налим (*Gaidropsarus mediterraneus* L.), ставрида (*Trachurus mediterraneus* Staidachner), скорпена (*Scorpaena porcus* L.), султанка (*Mullus barbatus ponticus* Essipov), морской кот (*Raja clavata* L.), бычок-мартовик (*Mesogobius batrachocephalus* Pallas), отловленных в прибрежной части Черного моря (г. Севастополь, бухта Карантинная) в зимний период 2011 года и в районе Керченского пролива: бычок-кругляк (*Neogobius melanostomus* Pallas), пиленгас (*Mugil soiny*), ставрида (*Trachurus mediterraneus* Staidachner) в летний период 2012 года.

Токсичные элементы медь, свинец, кадмий, цинк, определяли в мышцах рыб атомно-абсорбционным методом [6]. Определение мышьяка и ртути колориметрическим методом [7, 8].

Микробиологические исследования проводили классическими методами, результаты сравнивали с уровнем предельно допустимых концентраций (ПДК) [9, 10, 11]. Результаты обрабатывали статистически [12, 13].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о том, что содержание токсичных элементов в мышечных тканях черноморских рыб варьирует в широких пределах, при этом не превышает предельно допустимых концентраций (табл. 1).

Уровень цинка колеблется в интервале от 4,3 до 5,2 мг/кг. Максимальное содержание цинка отмечено в мышечной ткани пелагической ставриды, а минимальное – в мышцах придонной султанки. Следует отметить, что уровень цинка незначительно варьирует в тканях рыб, и характер выявленных колебаний, видимо, в большей степени зависит от эндогенных факторов, чем от экзогенных. Это подтверждается данными других исследователей, которые на насекомых показали, что в силу высокой биофильности уровень цинка в тканях организма не может быть индикатором природного загрязнения [14].

Другим важнейшим биофильным элементом является медь, содержание которой также достаточно стабильно в тканях рыб. Наиболее высокий уровень меди установлен в мышечных тканях ставриды (3,60 мг/кг). У остальных видов концентрация меди в тканях колеблется в интервале от 1,03 мг/кг (в мышцах бычка-мартовика) до 2,5 мг/кг (в мышцах скорпены).

**Таблица 1**  
**Содержание токсичных элементов в мышечных тканях черноморских рыб**  
(мг/кг),  $\bar{x} \pm s_x$

Объект исследований	Cu	Pb	Cd	Zn	As	Hg
Район г. Севастополя (Б. Карантинная)						
Налим	1,50±0,007	0,66±0,05	0,05±0,005	4,9±0,09	1,5±0,04	0,09±0,007
Ставрида	3,60±0,01	0,30±0,01	0,04±0,008	5,5±0,16	1,2±0,04	0,06±0,004
Бычок-мартовик	1,03±0,009	0,70±0,03	0,05±0,005	5,3±0,15	3,3±0,10	0,08±0,008
Скорпена	2,50±0,01	0,56±0,02	0,05±0,004	5,2±0,08	1,2±0,10	0,08±0,007
Султанка	1,48±0,008	0,60±0,02	0,06±0,008	4,3±0,10	1,3±0,05	0,06±0,005
Морской кот	1,42±0,006	0,65±0,04	0,06±0,007	4,9±0,11	4,5±0,16	0,30±0,01
Керченский пролив						
Бычок-кругляк	-	0,48±0,05	0,05±0,01	-	0,71±0,09	0,06±0,004
Пиленгас	-	0,16±0,02	0,05±0,01	-	0,43±0,06	0,08±0,01
ПДК	10,0	1,0	0,2	40,0	5,0	0,4

Примечание: «-» - не исследовали

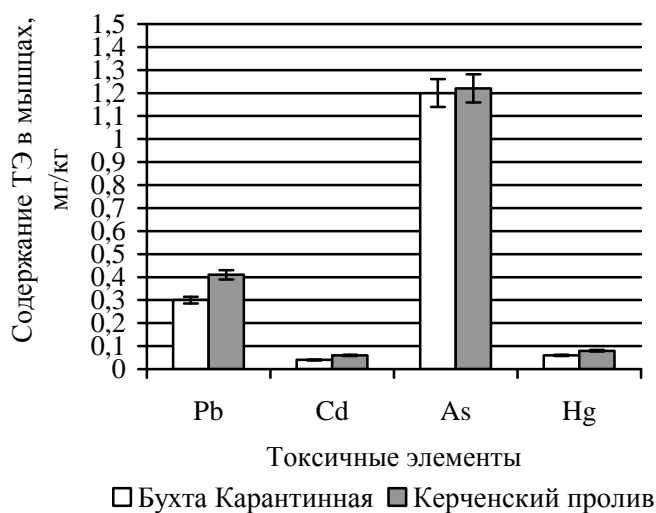


Рис. Содержание токсичных элементов в мышечных тканях ставриды, обитающей в разных акваториях Черного моря.

Цинк и медь, являясь эссенциальными микроэлементами, необходимы для жизнедеятельности организма и могут играть положительную роль для рыб при накоплении в физиологических пределах. В то же время медь является металлом с переменной валентностью и входит в состав некоторых оксидоредуктаз. В результате отдачи электронов может возникнуть окислительный стресс, который негативно влияет на обмен нуклеиновых кислот, соотношение нуклеотидов и нуклеозидов [14].

Содержание таких элементов, как кадмий, ртуть, свинец и мышьяк более низкое в тканях ставриды по сравнению с другими рыбами, ведущими менее активный образ жизни.

Уровень опасных токсикантов превалирует в тканях ставриды, обитающей в Керченском проливе, по сравнению с показателями этого вида из Карантинной бухты, но различия не значительны (рис.).

Свинец, ртуть и мышьяк являются одними из самых опасных токсикантов для гидробионтов. Накапливаясь в организме и включаясь в обмен, они крайне медленно выводятся и, тем самым вызывают интоксикацию у водных организмов, вовлекая в патологический процесс различные органы и ткани. Механизм токсического действия этих элементов заключается в блокировании функциональных SH-групп белков, что ингибирует ферменты, в результате чего в организме рыб происходит нарушение электролитного баланса, биосинтеза белков, гормонов и нуклеиновых кислот [15–17].

Высокие уровни свинца характерны для большинства видов рыб обитающих в Карантинной бухте (0,56 - 0,70 мг/кг), по сравнению с рыбами, отловленными в Керченском проливе (0,16 - 0,48 мг/кг).

Уровень мышьяка в мышечных тканях черноморских рыб существенно различается. Максимальные количества выявлены у типичного представителя хрящевых рыб - морского кота, ведущего донный образ жизни (4,5 мг/кг). Более низкая концентрация мышьяка отмечена в мышечных тканях бычка-мартовика. У остальных исследуемых видов содержание этого токсиканта слабо варьирует, при этом доминирует у рыб из Карантинной бухты.

Мышьяк обычно не накапливается в больших количествах в мягких тканях рыб, за исключением крайне загрязненных районов. Этот элемент попадает в ткани, скорее всего через пищеварительный тракт. Это означает, что на начальных стадиях метаболизма мышьяка могут участвовать кишечные микроорганизмы. Самоочищение от мышьяка протекает быстро. Мышьяк накапливается в большей степени в печени, почках, пищеварительном тракте, жабрах, чем в мышечной и нервной ткани [16].

Ртуть, также как и мышьяк, преобладает в тканях морского кота (0,3 мг/кг), у остальных видов рыб количество ртути находится в пределах 0,06-0,09 мг/кг.

Уровень кадмия варьирует в тканях рыб не значительно и находится в пределах 0,04-0,06 мг/кг. По данным литературы более низкие концентрации кадмия обнаружены в наружном скелете, мышцах и сыворотке рыб, а более высокое содержание этого металла обнаружено в жабрах, печени и почках [18].

Мониторинговые исследования микрофлоры морских гидробионтов представляют несомненный интерес, так как большинство бактерий, входящих в состав нормальной микрофлоры, относятся к категории условно-патогенных микроорганизмов, представляющих потенциальную опасность для хозяина.

Полученные данные свидетельствуют о том, что патогенные микроорганизмы не были выявлены в тканях рыб (табл. 2).

**Таблица 2**

**Содержание микроорганизмов в мышечных тканях черноморских рыб**

Объект исследований	МАФАМ КОЕ в 1 г	БГКП в 0,001 г	Патогенные микроорганизмы, в т.ч. бактерии рода сальмонелла, в 25 г	<i>Staphylococcus aureus</i> в 0,01 г	<i>Listeria monocitogenes</i> в 25 г
Район г. Севастополя (Б. Карантинная)					
Скорпена	$1,7 \times 10^4$	не выявлены	не выявлены	не выявлен	не выявлена
Налим	$3,1 \times 10^4$	не выявлены	не выявлены	не выявлен	не выявлена
Ставрида	$1,6 \times 10^4$	не выявлены	не выявлены	не выявлен	не выявлена
Бычок- мартовик	$1,5 \times 10^3$	не выявлены	не выявлены	не выявлен	не выявлена
Морской кот	$1,7 \times 10^3$	не выявлены	не выявлены	не выявлен	не выявлена
Султанка	$1,2 \times 10^4$	не выявлены	не выявлены	не выявлен	не выявлена
Керченский пролив					
Ставрида	$3,5 \times 10^4$	не выявлены	не выявлены	не выявлен	не выявлена
Бычок- кругляк	$1,1 \times 10^4$	не выявлены	не выявлены	не выявлен	не выявлена
Пиленгас	$3,1 \times 10^4$	не выявлены	не выявлены	не выявлен	не выявлена
ПДК	$5,0 \times 10^4$	не допуск.	не допуск.	не допуск.	не допуск.

Максимальное содержание мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов (МАФАМ), не превышающее ПДК, обнаружено в тканях пелагической ставриды, обитающей в керченском проливе ( $3,5 \times 10^4$ ). Нужно отметить, что отлов рыб в этом районе производили в летний период времени. Такое микробное заражение может быть связано с большим прогревом воды, а также возрастанием органической и биогенной составляющей в водотоках.

В мышечных тканях налима и пиленгаса уровень МАФАМ несколько ниже и составляет  $3,1 \times 10^4$  КОЕ в 1гр. Учитывая, тот факт, что данные виды отловлены в разных акваториях и в разное время, налима, вылов которого производили зимой, больше подвержен воздействию микроорганизмов, что может быть связано с образом жизни, характером питания этого вида, а так же воздействием антропогенной нагрузки на морскую акваторию.

Наиболее низкое количество МАФАМ отмечено в тканях бычка-мартовика и морского кота ( $1,5 \times 10^3 - 1,7 \times 10^3$ ), при этом количество опасных токсикантов в мышцах этих рыб высокое по сравнению с другими видами.

Микрофлора гидробионтов может изменяться в зависимости от времени года, особенности биологии рыб, уровня загрязнения среды обитания.

Большинство бактерий, обсеменяющих органы и ткани гидробионтов, не проявляют патогенных свойств, что позволяет рассматривать их в качестве индигенной микрофлоры, присутствие которой в организме рыб – это обычное бактерионосительство. При этом нельзя не учитывать, что условно-патогенные микроорганизмы, которые обычно являются комменсалами, при возникновении в окружающей среде стрессовой ситуации могут переходить к паразитическому существованию, становясь патогенными [5].

Таким образом, результаты исследований показывают, что в тканях донных видов рыб ртуть и мышьяк накапливаются в большей степени, а микробиологические показатели – в меньшей, что связано с питанием и образом жизни этих рыб, на которые влияют процессы накопления и скорость трансформации загрязняющих веществ в донных грунтах. Уровень цинка и меди превалирует в тканях пелагической ставриды. Увеличение численности МАФАМ в тканях ставриды и пиленгаса летом может быть обусловлено повышением температуры воды до величин, оптимальных для развития патогенной микрофлоры.

На основании проведенных исследований можно заключить, что химическое и микробное загрязнение в целом отражает уровень антропогенного воздействия на морские акватории. Изучаемые параметры могут служить индикаторами состояния и жизнедеятельности рыб, а также среды их обитания, подвергающейся неблагоприятным воздействиям, в том числе и хроническому загрязнению. Анализируемые показатели могут быть использованы в мониторинговых программах, для разработки критериев экологического нормирования и прогнозирования последствий антропогенного воздействия на морские акватории.

## ВЫВОДЫ

1. Высокое содержание ртути (0,08 и 0,30 мг/кг) и мышьяка (3,3 и 4,5 мг/кг) отмечено в мышечных тканях бычка-мартовика и морского кота, ведущих донный образ жизни, при этом микробное загрязнение у данных видов значительно ниже, чем у других исследуемых рыб.
2. Установлено более высокое содержание цинка (5,5 мг/кг) и меди (3,6 мг/кг) в тканях пелагической ставриды.

3. Высокие уровни свинца и мышьяка характерны для большинства видов рыб, обитающих в бухте Карантинной, по сравнению с рыбами, отловленными в Керченском проливе.
4. Выявлен разный уровень микробного загрязнения исследуемых видов рыб, зависящий от сезона, особенностей их биологии, антропогенной нагрузки на морские акватории.

Автор выражает благодарность ведущему научному сотруднику отдела ихтиологии ИнБЮМ НАН Украины, д.б.н. Рудневой И.И. за консультацию, ценные замечания и рекомендации, сотрудникам отдела ихтиологии: к.б.н. Кузьминовой Н.С., к.б.н. Скуратовской Е.Н., ведущему инженеру Завьялову А.В., за помощь в классификации и проведении биологического анализа исследуемых рыб.

### Список литературы

1. Гордина А.Д. Реакция ихтиопланктона портовых зон Черного моря на антропогенное воздействие / А.Д. Гордина, А.В. Ткач, С.Д. Свирикова // Гидробиологический журнал. – 1999. – Т. 35, № 4. – С. 10–16.
2. Красновид И.И. Экологическое состояние внутренних вод города Севастополя / И.И. Красновид, Б.А. Озюменко // Сборник научных трудов специалистов сан. эпид. службы г. Севастополя. – 2002. – Вып. 7. – С. 26–33.
3. Брагинский Л.П. К методике токсикологического эксперимента с тяжелыми металлами на гидробионтах / Л.П. Брагинский, П.Н. Линник // Гидробиологический журнал. – 2003. – Т. 39, № 1. – С. 92–104.
4. Симчук Г.В. Оценка микробного загрязнения морской воды и массовых видов рыб прибрежной части Черного и Азовского морей / Г.В. Симчук, В.Л. Зубаченко, С.О. Омельченко [и др.] // Вісник Одеського національного університету. Серія: Біологія. – 2005. – Т. 10. – Вып. 7. – С. 201–207.
5. Руднева И.И. Сезонная динамика уровня микробного загрязнения прибрежных видов черноморских рыб / И.И. Руднева, И.Н. Залевская, С.О. Омельченко // Ветеринарна медицина. – 2008. – № 90. – С. 357–363.
6. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов: ГОСТ 30178-96. – [Действующий от 1998-01-01]. – М.: Ин-т пит. РАМН, 1998. – 12 с. – (Межгосударственный стандарт).
7. Сырье и продукты пищевые. Методы определения токсичных элементов: ГОСТ 26929-86, ГОСТ 26930-86 – ГОСТ 26934-86. – [Действующий от 1989-01-07]. – М.: Ин-т пит. РАМН, 1986. – С. 3–81. – (Государственный стандарт Союза ССР).
8. Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути. ГОСТ 26927-86. [Действующий от 1989-01-07]. – М.: Ин-т пит. РАМН, 1986. – С. 3–15. – (Государственный стандарт Союза ССР).
9. Методичні вказівки «Визначення мікробіологічних показників під час проведення санітарно-мікробіологічного контролю виробництва продукції із риби та інших водних живих ресурсів на підприємствах та судах» МВ № 15.2.–5.3–004:2007, затверджені Державним комітетом рибного господарства України 24.12.2007 р.
10. Методичні вказівки «Санітарно-мікробіологічний контроль виробництва продукції із риби та інших водних живих ресурсів на підприємствах та судах» МВ № 15.2.–5.3–001:2006, затверджені Державним комітетом рибного господарства України 24.12.2007 р.
11. Методичні вказівки «Організація контролю і методи виявлення бактерій *Listeria monocitogenes* у харчових продуктах та продовольчій сировини» МВ 10.10.2.2.–132–2006, затверджені Наказом МОЗ України від 11.08.2006 р., № 559.
12. Боровиков В.П. Популярное введение в программу Statistica / Боровиков В.П. – М.: Компьютер Пресс, 1998. – 650 с.
13. Лакин Г.Ф. Биометрия / Лакин Г.Ф. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

14. Коваленко В.Ф. Особенности обменных процессов у рыб в условиях воздействия сублетальных концентраций меди и цинка / В.Ф. Коваленко // Гидробиологический журнал. – 2004. – Т. 40, № 2. – С. 97–103.
15. Добровольский В.В. Свинец в окружающей среде / Добровольский В.В. – М.: Высшая школа, 1987. – 123 с.
16. Гамаюрова В.С. Мышьяк в экологии и биологии / Гамаюрова В.С. – М.: Наука, 1993. – 205 с.
17. Трахтенберг И.М. Ртуть и её содержания в окружающей среде / И.М. Трахтенберг, М.Н. Коршун. – К.: Вища школа, 1990. – 229 с.
18. Линник П.Н. Кадмий в поверхностных водах: содержание, формы нахождения, токсическое действие / П.Н. Линник, И.В. Искра // Гидробиологический журнал. – 1997. – Т. 33, № 6. – С. 72–87.

**Омельченко С.О. Екотоксикологічна оцінка деяких видів чорноморських риб / С.О. Омельченко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 144-151.**

Досліджували вміст токсичних елементів і мікробіологічних показників 8 видів риб, які мешкають в різних акваторіях Чорного моря та Керченської протоки. Отримані дані свідчать про те, що ртуть і миш'як преважують в тканинах донних видів риб, а цинк і мідь – в тканинах пелагічної ставриди. Мікробіологічні показники залежать від сезону, особливостей біології риб, рівня забруднення середовища існування.

**Ключові слова:** риби, Чорне море, Керченська протока, токсичні елементи, мікробіологічні показники.

**Muravjova I.P. Lipid-hydrocarbon composition of *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) from hudrotechnical constructions of the Artilleriskaya Bay (Sevastopol, the Black Sea) / I.P. Muravjova, T.O. Mironova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 144-151.**

The content of toxic elements and microbiological parameters of 8 species of fish found in different areas of the Black Sea and the Kerch Strait. The data indicate that mercury and arsenic prevail in the tissues of ground fish, and zinc and copper – in the tissues of pelagic mackerel. Microbiological parameters depend on the season, the characteristics of fish biology, pollution of the environment.

**Keywords:** fish, the Black Sea, the Kerch Strait, toxic elements, microbiological indicators.

*Поступила в редакцію 14.11.2012 г.*