

Ключевые слова:

тяжелые металлы, аккумуляция, гидробионты, беспозвоночные животные Каспийского моря

Keywords:

heavy metals, accumulation, hydrobionts, invertebrates of the Caspian Sea

Содержание ртути и свинца в кормовой базе ценных видов рыб Каспийского моря

DOI

Mytilaster lineatus, Gmelin, 1791

Канд. биол. наук, доцент
Т.С. Ершова – кафедра гидробиологии и общей экологии, Астраханский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «АГТУ»);

канд. биол. наук

В.А. Чаплыгин – заведующий лабораторией осетровых рыб, Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (КаспНИРХ); д-р с-х наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ

В.Ф. Зайцев – заведующий кафедрой Гидробиология и общая экология, Астраханский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «АГТУ»);

А.С. Хурсанов – старший специалист лаборатории водных проблем и токсикологии, Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (КаспНИРХ);

Канд. биол. наук **Н.Г. Шабоянц** – ассистент кафедры биологии и ботаники ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ

@ ershova_ts@mail.ru

THE CONTENT OF MERCURY AND LEAD IN THE FEED BASE OF VALUABLE FISH SPECIES OF THE CASPIAN SEA

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor **T.S. Yershova** – Department of Hydrobiology and General Ecology, Astrakhan State Technical University (FGBOU VO "AGTU"); Candidate of Biological Sciences **V.A. Chaplygin** – Head of the Laboratory of Sturgeon fish, Volga-Caspian Branch of the FSBI "VNIRO" (KaspNIRH);

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation **V.F. Zaitsev** – Head of the Department of Hydrobiology and General Ecology, Astrakhan State Technical University (FSBEI VO "AGTU");

A.S. Khursanov – Senior Specialist of the Laboratory of Water Problems and Toxicology, Volga-Caspian Branch of the FSBI "VNIRO" (KaspNIRH);

Candidate of Biological Sciences **N.G. Shaboyants** – Assistant of the Department of Biology and Botany of the Astrakhan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Mercury and lead are not essential elements and have a high degree of toxicity to all groups of living organisms, including hydrobionts. In turn, the accumulation of dangerous chemical elements in the primary trophic units of marine ecosystems is also reflected in the high level of accumulation and toxication of fish-valuable objects of fishing. As part of the study of the ecological state of the biota of the Volga-Caspian basin, there is a need to study the concentrations of heavy metals such as mercury and lead. The aim of the work is to study the content of mercury and lead in some invertebrate species of the Caspian Sea. The main source of mercury and lead in the body of the studied species is the water of the north-western part of the Caspian Sea. Among the studied taxonomic groups of organisms, mercury accumulators were all species of mollusks, as well as *Balanus improvises* and *Rhithropanopeus harrisi*. The lead concentrating organisms were *Cerastoderma lamarcki* and *Mytilaster lineatus*, *Rhithropanopeus harrisi* and *Balanus improvises*.

Тяжелые металлы – одни из основных загрязняющих веществ, поступающих в Волгу со всего ее огромного водосборного бассейна [6; 7]. Так, например,

производственный потенциал Волгоградской области включает в себя все источники техногенного воздействия (металлургические предприятия, химиче-

ская промышленность, металлообрабатывающие предприятия и т.д.) [2]. В связи с этим волжский сток, транспортирующий в своем составе различные загрязняющие вещества, оказывает влияние на качественный состав воды Каспийского моря [3; 6; 7].

Ртуть и свинец не являются эссенциальными элементами и обладают высокой степенью токсичности в отношении всех групп живых организмов, в том числе и гидробионтов. В свою очередь, кумуляция опасных химических элементов в первичных трофических звеньях морских экосистем отражается и на высоком уровне накопления и токсикации промысловых видов рыб – представителей семейств *Acipenseridae*, *Cyprinidae*, *Clupea* и других, являющихся ценными объектами промышленного рыболовства.

В рамках изучения экологического состояния биоты Волго-Каспийского бассейна, назрела необходимость исследования концентраций таких тяжелых металлов как ртуть и свинец. Ртуть и свинец – высоко опасные тяжелые металлы, обладающие высокой степенью токсичности в отношении живых систем, в том числе и гидробионтов.

В связи с этим, целью данной работы являлось исследование содержания ртути и свинца в объектах кормовой базы рыб Каспийского моря – некоторых видах беспозвоночных животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись: пробы воды и грунтов Каспийского моря; беспозвоночные: моллюски митиластер (*Mytilaster lineatus*, Gmelin, 1791); церастодерма (*Cerastoderma lamarcki*, Reeve, 1844), моллюски рода Дидакна (*Didacna*, Eichwald, 1838); ракообразные: гаммарусы (*Gammarus*, Fabricius, 1775), морские тараканы (*Saduria entomon*, Linnaeus, 1758), кре-



Balanus improvisus, Darwin, 1854

Ртуть и свинец не являются эссенциальными элементами и обладают высокой степенью токсичности в отношении всех групп живых организмов, в том числе и гидробионтов. В свою очередь, кумуляция опасных химических элементов в первичных трофических звеньях морских экосистем отражается и на высоком уровне накопления и токсикации рыб – ценных объектов промысла. В рамках изучения экологического состояния биоты Волго-Каспийского бассейна назрела необходимость исследования концентраций таких тяжелых металлов как ртуть и свинец. Цель работы – исследовать содержание ртути и свинца в некоторых видах беспозвоночных Каспийского моря. Основным источником ртути и свинца в организме исследованных видов является вода северо-западной части Каспийского моря. Среди исследованных таксономических групп организмов аккумуляторами ртути признаны все виды моллюсков, а также *Balanus improvisus* и *Rhithropanopeus harrisi*. Организмами – концентраторами свинца – *Cerastoderma lamarcki* и *Mytilaster lineatus*, *Rhithropanopeus harrisi*, *Balanus improvisus*.

ветки (*Palaemon adspersus*, Rathke, 1837), крабы (*Rhithropanopeus harrisi*, Gould, 1841), баянусы (*Balanus improvisus*, Darwin, 1854).

Пробы гидробионтов получены в результате научно-исследовательских экспедиций от различных организаций в период 2011- 2019 годов.

Концентрацию ртути и свинца в объектах исследования определяли на кафедре «Гидробиология и общая экология» АГТУ, используя метод атомно-абсорбционной спектроскопии с применением атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915 МД и ртутного анализатора РА-915М с пиролитической приставкой ПИРО-915+. Содержание ртути выражали в мг/кг сырого вещества, а свинца – в мг/кг сухого веса.

Расчёт массовой доли свинца определяли по формуле:

$$m = ((C_k - C_x) \cdot V \cdot K) / p$$

где C_k – концентрация элемента в рабочем растворе, мг/кг;

C_x – концентрация металла в холостой пробе;

V – исходный объем испытуемого раствора, мг;

K – коэффициент разбавления;

p – навеска пробы;

Таблица 1. Коэффициент концентрации химических элементов /
Table 1. Concentration factor of chemical elements

	Коэффициент концентрации ртути	Коэффициент концентрации свинца
	$K_k = C_{\text{грунт}} / C_{\text{вода}}$	$K_k = C_{\text{грунт}} / C_{\text{вода}}$
Донные отложения северной части Каспийского моря	115	2188
Донные отложения средней части Каспийского моря	184	1488



Didacna, Eichwald, 1838

Концентрацию ртути определяли при помощи программного обеспечения, поставляемого с прибором.

Полученные, в ходе исследования, результаты обрабатывались статистически при помощи программного продукта Microsoft Office Excel 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Концентрация ртути в исследованной морской воде северо-западной части Каспийского моря составляла $0,058 \pm 0,005$ мкг/л, что ниже предельно допустимой концентрации для морских вод (0,1 мкг/л). Выявленное содержание свинца также не превышало нормируемые значения (для морских вод – 10 мкг/л и водоемов рыбохозяйственного значения – 5 мкг/л) и составляло $4,41 \pm 0,26$ мкг/л.

Сравнение донных отложений северной и средней частей Каспийского моря, по уровню накопления ртути и свинца, показало, что концентрация ртути в донных отложениях выше в средней части Каспия ($0,007 \pm 0,001$ и $0,01 \pm 0,002$ мг/кг сырого вещества). Содержание свинца, наоборот, в донных отложениях северной части Каспийского моря выше, чем в средней ($8,75 \pm 0,31$ и $5,95 \pm 0,42$ мг/кг сухого вещества) [9].

В таблице 1 представлены значения коэффициента концентрации ртути и свинца грунтов северной и средней частей Каспийского моря относительно воды северо-западной части.

Рассчитанный коэффициент концентрации ртути грунтов северной и средней частей Каспийского моря указывает на более интенсивное осаждение ртути (в 1,6) из воды в его средней части. Ранее на это обращали свое внимание Е.А. Романкевич и Н.А. Айбулатов [5], при этом они отмечали сильное загрязнение донных осадков северо-западной части Среднего Каспия.

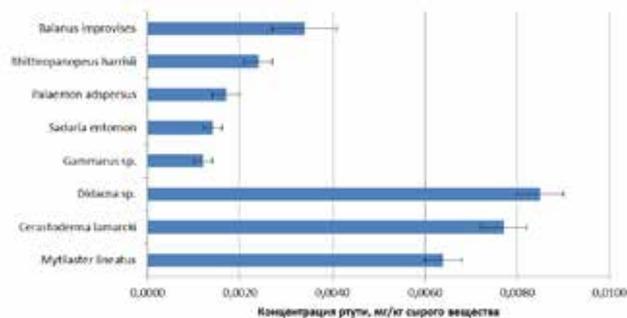


Рисунок 1. Содержание ртути в беспозвоночных животных Каспийского моря

Figure 1. Mercury content in invertebrates of the Caspian Sea

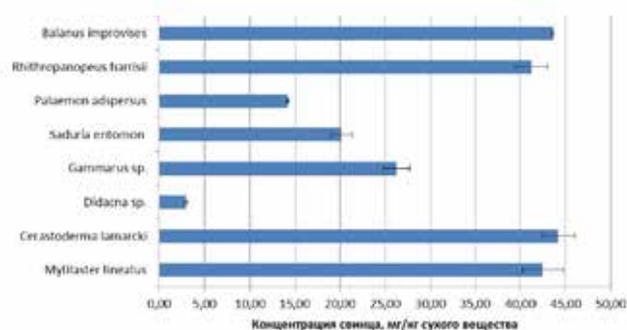


Рисунок 2. Содержание свинца в беспозвоночных животных Каспийского моря

Figure 2. Lead content in invertebrates of the Caspian Sea

Таблица 2. Коэффициенты накопления ртути и свинца / **Table 2.** Accumulation factors for mercury and lead

Организмы	Коэффициент накопления относительно воды $KH = C_i/C_{вода}$		Коэффициент накопления относительно грунта $KH = C_i/C_{грунт}$	
	Hg	Pb	Hg	Pb
<i>Mytilaster lineatus</i>	110	10615	0.4	5.78
<i>Cerastoderma lamarki</i>	133	11045	0.48	6.01
<i>Didacna sp.</i>	146	743	0.53	0.4
<i>Gammarus sp.</i>	20	6560	0.075	3.57
<i>Saduria entomon</i>	24	5045	0.088	2.75
<i>Palaemon adspersus</i>	29	3545	0.11	1.93
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	41	10313	0.15	5.62
<i>Balanus improvises</i>	58	10890	0.21	5.94



Gammarus, Fabricius, 1775

Коэффициент концентрации свинца грунтов северной и средней частей Каспийского моря указывает на более интенсивное (в 2 раза) ее осаждение из воды в северной части. Известно, что зона смешения речных и морских вод представляет собой геохимический барьер – отчетливую границу смешения взвешенной и растворенной форм существования химических элементов [4; 6; 7]. При переходе геохимического барьера, прежде всего, замедляется скорость речного потока, происходит резкое изменение солёности, окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий в воде [1], что приводит к изменению соотношения форм и миграционной способности металлов – значительное их количество осаждается со взвесью.

Результаты биогеохимического исследования некоторых видов беспозвоночных, обитающих в исследуемом районе Каспийского моря, представлены на рисунках 1 и 2 [8].

По способности к аккумуляции ртути исследованные гидробионты представляют собой следующий убывающий ряд: Моллюски *Didacna sp.* ≥ Церастодерма *Cerastoderma lamarcki* > Митилястр *Mytilaster lineatus* > Баянусы *Balanus improvises* > Крабы *Rhithropanopeus harrisi* > Креветки *Palaemon adspersus* > Морские тараканы *Saduria entomon* ≥ Гаммариды *Gammarus sp.*

По содержанию свинца исследованные виды беспозвоночных животных Каспийского моря



Saduria entomon, Linnaeus, 1758

располагались в убывающий ряд: Церастодерма *Cerastoderma lamarcki* ≥ Баянусы *Balanus improvises* > Митилястр *Mytilaster lineatus* ≥ Крабы *Rhithropanopeus harrisi* > Гаммариды *Gammarus sp.* > Морские тараканы *Saduria entomon* > Креветки *Palaemon adspersus* > Моллюски *Didacna sp.*

С целью выяснения источников поступления ртути и свинца в организм изученных гидробионтов рассчитаны коэффициенты накопления относительно воды и относительно грунта, представленные в таблице 2.

Коэффициент накопления гидробионтами ртути из воды гораздо выше, чем из грунта, поэтому источником концентрации металла для этих организмов является, прежде всего, вода. Это связано с тем, что моллюски в водной экосистеме выполняют роль фильтраторов. Пропуская через себя воду, они способствуют очищению воды от ртути, причем эта способность лучше выражена у *Didacna sp.* Кроме того, рассчитанный коэффициент накопления ртути моллюсков *Didacna sp.* и *Cerastoderma lamarcki*, по отношению к среднему значению концентрации металла грунтами северной части Каспийского моря, показывает, что эти организмы являются накопителями ртути (КН *Didacna sp.* – 1,3; КН *Cerastoderma lamarcki* – 1,1).

Судя по коэффициентам накопления свинца из грунта *Mytilaster lineatus* и *Cerastoderma lamarcki*, можно сказать, что они также являются организмами – накопителями этого элемента, в отличие от *Didacna sp.* Коэффициент накопления (КН) свинца из грунта у моллюсков значительно ниже, что свидетельствует о том, что основным источником концентрации химического элемента в их организме является вода.

Среди ракообразных у *Balanus improvises* процесс накопления ртути из морской воды проходит более интенсивно. Можно предположить, что ртуть проникает в организм в основном через органы дыхания – жабры.

На основании данных, представленных в таблице, все указанные виды являются организмами-концентраторами ртути из воды, при этом коэффициенты биологического поглощения металла относительно грунта очень малы, поэтому можно сделать вывод о том, что вышеперечисленные виды ракообразных являются рассеивателями этого химического элемента.

На основании рассчитанных коэффициентов биологического поглощения свинца из воды и грунта показано, что все исследованные виды ракообразных обладают способностью к его аккумуляции, причем из воды этот процесс происходит более интенсивно, чем из донных отложений.

Наибольшая концентрационная функция относительно свинца выражена у *Balanus improvises* (5,94) и *Mytilaster lineatus* (5,78).

ВЫВОДЫ

1. Основным источником накопления ртути и свинца в организме исследованных видов беспозвоночных является вода северо-западной части Каспийского моря.

2. Среди исследованных таксономических групп организмов аккумуляторами ртути являются



ся все исследованные виды моллюсков, а также баянусы *Balanus improvises* и крабы *Rhithropanopeus harrisi*.

3. Организмами-концентраторами свинца являются моллюски *Cerastoderma lamarcki* и *Mytilaster lineatus*, крабы *Rhithropanopeus harrisi* и баянусы *Balanus improvises*.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии. – Москва: Наука, 1983. – 160 с.
1. Gordeev V.V. River flow into the ocean and the features of its geochemistry. - Moscow: Nauka, 1983. - 160 p.
2. Зубкова В.М. Содержание и миграция тяжелых металлов в компонентах экосистем Волгоградского водохранилища / В.М. Зубкова, В.П. Болотов, Н.Ю. Белозубова //Аграрная наука. – 2015. – №1. – С. 14-16.
2. Zubkova V.M. Content and migration of heavy metals in the components of the ecosystem of the Volgograd reservoir / V.M. Zubkova, V.P. Bolotov, N.Yu. Belozubova //Agricultural science. - 2015. - No. 1. - pp. 14-16.
3. Кириянов С.В. Влияние стока Волги на состояние загрязнения Северного Каспия / С.В. Кириянов, Н.А. Афанасьева // Метеорология и гидрология. – 1992. – № 6. – С. 114-117.
3. Kiryanov S.V. Influence of the Volga runoff on the state of pollution of the Northern Caspian Sea / S.V. Kiryanov, N.A. Afanasyeva // Meteorology and hydrology. - 1992. - No. 6. - pp. 114-117.
4. Лисицын А.П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. – 1994. – Т.34. – № 5. – С. 735-747.
4. Lisitsyn A.P. Marginal filter of oceans // Oceanology. - 1994. - Vol. 34. - No. 5. - С. 735-747.
5. Романкевич Е.А. Геохимическое состояние морей России и здоровье человека / Е.А. Романкевич, Н.А. Айбулатов // Вестник отделения наук о земле РАН. – 2004. – № 1. – С. 1-16.
5. Romankevich E.A. Geochemical condition of the seas of Russia and human health/ E.A. Romankevich, N.And. Aibulatov // Bulletin of the Department of earth Sciences RAS. – 2004. – No. 1. – P. 1-16.
6. Островская Е.В. Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна. / Е.В. Островская, В.Ф. Бреховских, З.В. Волкова – Астрахань: Сорокин Роман Васильевич, 2017. – С. 236-251.
6. Ostrovskaya E.V. Pollutants in the waters of the Volga-Caspian basin. / E.V. Ostrovskaya, V.F. Brekhovskikh, V.Z. Volkova – Astrakhan: Sorokin, Roman Vasilyevich, 2017. – P. 236-251.
7. Островская Е.В. Тяжелые металлы в системе «Дельта Волги – Северный Каспий» / Е.В. Островская, В.Ф. Бреховских, З.В. Волковаи другие //Юг России: экология, развитие. – 2008. – №4. – С. 133-139. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2008-4-156-163>.
7. Ostrovskaya E.V. Heavy metals in the Volga Delta-Northern Caspian system / E.V. Ostrovskaya, V.F. Brekhovskikh, Z.V. Volkov and others // South of Russia: ecology, development. - 2008. - No. 4. - pp. 133-139. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2008-4-156-163>
8. Чаплыгин В.А. Содержание некоторых микроэлементов в гидробионтах Каспийского моря / В.А. Чаплыгин, А.С. Танасова, Т.С. Ершова, В.Ф. Зайцев // Юг России: экология, развитие. – 2017. – 12(3). – С. 138-145. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-3-138-145>.
8. Chaplygin V.A. The content of some trace elements in the hydrobionts of the Caspian Sea / V.A. Chaplygin, A.S. Tanasova, T.S. Yershova, V.F. Zaitsev // South of Russia: ecology, development. – 2017. – 12(3). – Pp. 138-145. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-3-138-145>.
9. Чаплыгин В.А. Трансформация металлов в системе: грунт пищевые цепи островных Каспийского моря / В.А. Чаплыгин, Т.С. Ершова, В.Ф. Зайцев // Юг России: экология, развитие. – 2019. – 14(3). – С.138-143. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-3-138-143>.
9. Chaplygin V.A. Transformation of metals in the system: soil food chains of sturgeon of the Caspian Sea / V.A. Chaplygin, T.S. Yershova, V.F. Zaitsev // South of Russia: ecology, development. – 2019. – 14(3). – Pp. 138-143. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-3-138-143>.