

УДК 574. 632 (282. 247. 42) (470. 56)

ИССЛЕДОВАНИЕ СУММАРНОГО СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И НЕКОТОРЫХ ОРГАНАХ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ UNIO PICTORUM СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ УРАЛ В ЧЕРТЕ ГОРОДА ОРЕНБУРГА

© 2013 Т.В. Осинкина¹, Г.Н. Соловых¹, Н.Н. Верещагин², В.Г. Беломестнова²,
О.В. Водяницкая², И.В. Карнаухова³, В.В. Минакова³, Г.М. Тихомирова¹,
В.В. Минакова¹

¹Оренбургская государственная медицинская академия

²Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области

³Оренбургский государственный педагогический университет

Поступила в редакцию 30.09.2013

Исследовано суммарное содержание ртути в донных отложениях и некоторых органах двустворчатых моллюсков среднего течения реки Урал в районе города Оренбурга. В донных отложениях обнаружено превышение экологического норматива по ртути в 280 раз. Отмечено неравномерное распределение токсиканта по органам моллюсков: максимальное содержание определено в гепатопанкреасе, минимальное – в «ноге», что, по-видимому, определяется неодинаковой метаболической активностью данных тканей.

Ключевые слова: *двустворчатые моллюски, микроэлементы, донные отложения, биоиндикаторы, ртуть*

Веществами, загрязняющими природную среду, и, в частности, гидробиоценозы, могут быть соединения практически всех элементов периодической системы Д.И. Менделеева [7]. Особое внимание учёных-токсикологов привлечено к проблеме загрязнения природных водоёмов микроэлементами. Данная группа включает элементы, содержание которых в живых организмах и природной среде не превышает 0,01% [7, 10]. К большинству из них, образующих металлы, применяется термин «тяжёлые металлы» или «следовые» (trace metals). Практически все

они характеризуются высокой токсичностью, для некоторых доказан мутагенный и канцерогенный эффекты [12]. По степени опасности для большинства живых организмов и, в частности, человека в соответствии с ГОСТ 17.4.1.02-83 химические элементы подразделяются на три класса: I кл – As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn; II кл – B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr; III кл – Ba, V, W, Mn, Sr. Наиболее высоко токсичные соединения образуют элементы I-го и II-го классов опасности [5, 7]. Одним из таких поллютантов является ртуть.

Кларк ртути в земной коре невысок и составляет 20-90 мкг/кг, в осадочных породах – 50 мкг/кг, в глинистых отложениях достигает 200-400 мкг/кг [2, 7, 9]. Природная ртуть встречается в виде минералов: красного и чёрного сульфида, циннобара и реже представляет собой жидкость [2, 10]. Находясь в данном агрегатном состоянии, ртуть интенсивно выделяет пары в связи с чем токсический эффект её возрастает. В гидробиоценозах ртуть интенсивно аккумулируют фито- и зоопланктон, которым питаются ракообразные, рыбы, моллюски. Концевыми звеньями, как правило, являются птицы, рыба и нередко человек. Поскольку в водной пищевой цепи количество токсиканта увеличивается от звена к звену, то очень часто человек получает наибольшую концентрацию ртути [4]. Период её

Осинкина Татьяна Владимировна, аспирантка
Соловых Галина Николаевна, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой биологии. E-mail: bio_orgma@mail.ru

Верещагин Николай Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, директор. E-mail: fguz2005@mail.ru

Беломестнова Вера Геннадьевна, заведующая лабораторией спектрометрических методов исследования
Водяницкая Ольга Владимировна, врач

Карнаухова Ирина Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии и методики преподавания химии

Минакова Виктория Валерьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии и методики преподавания химии

Тихомирова Галина Михайловна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии

Минакова Владислава Валерьевна, аспирантка

полураспада в организме составляет около 70 дней. За это время данное соединение способно вызвать частичную денатурацию некоторых структурных белков, инактивацию части ферментов, повреждение плазматических мембран, часто приводящее к гибели клеток: то есть затронуть и нарушить работу всех систем организма, или, при высокой концентрации, привести к летальному исходу [5, 7, 11]. В окружающую среду ртуть попадает из различных природных и техногенных источников [7]. Естественный круговорот её включает основные процессы, протекающие в системах «мантия ↔ толща осадочных пород ↔ кора выветривания ↔ атмосфера» и «океанические, морские, озёрные, речные осадки ↔ гидросфера ↔ атмосфера» [7, 10]. Основными техногенными источниками ртути являются, во-первых, тепловые электростанции, работающие на угле, хлорно-щелочное и цементное производство, выплавка меди и цинка, а также сжигание твёрдых бытовых отходов [12]. Большинство соединений ртути, образующихся в результате выше перечисленных процессов, обладают высокой летучестью и, быстро включаясь в циркуляцию воздушных масс, переносятся на большие расстояния. Выпадение осадков или возникновение пыльных бурь приводит к попаданию поллютанта в природные водоёмы [2]. Здесь ртуть может присутствовать в различных химических формах: элементарная ртуть (Hg^0), комплексные соединения ртути (II) с различными органическими и неорганическими лигандами и, наиболее токсичные органические формы – монометилртуть и диметилртуть [9, 10]. Далее, в зависимости от условий (рН воды, температуры, концентрации сульфат- и хлорид-ионов, присутствия в воде органических веществ и некоторых групп бактерий (в частности, сульфатредуцирующих) ртуть включается в дальнейшие пути трансформации [10].

Важным фактом является то, что в процессах накопления ртути большую роль играют донные отложения (ДО) – наиболее уязвимые компоненты окружающей среды в данном случае [11]. Эффект усиливается, если ДО содержат частицы глины и органические вещества, которые интенсивно адсорбируют токсикант из водной фазы [7]. Но ведущей движущей и регуляторной силой практически на всех стадиях глобального цикла ртути являются живые организмы [5], среди которых особо следует сказать о двустворчатых моллюсках. Данная группа гидробионтов является одним из функциональных звеньев водных экосистем, поскольку, являясь фильтраторами по типу питания, они концентрируют в себе множество соединений, в том

числе и тяжёлые металлы [8]. Некоторые виды двустворчатых моллюсков, обитающих в определённых условиях, способны концентрировать их до 10 и более раз превышающих содержание в среде обитания. Например, рассчитаны коэффициенты биологического накопления (Kd) для некоторых тяжёлых металлов в теле двустворчатых моллюсков *Unio pictorum*: Kd кадмия равен 20, Kd цинка 547, Kd марганца 2072 [6]. В связи с этим способность некоторых видов объективно отражать ситуацию в окружающей среде посредством достаточно широкой распространённости, малой миграционной активности и большой чувствительности к токсикантам позволяет использовать двустворчатых моллюсков в качестве биоиндикаторных организмов [5]. Природные водоёмы в настоящее время нередко подвергаются интенсивной токсической нагрузке тяжёлыми металлами, в результате чего происходит нарушение цикла круговорота микроэлементов между звеньями «ДО ↔ вода ↔ гидробионты» [11].

Цель работы: исследовать суммарное содержание ртути в ДО и некоторых органах двустворчатых моллюсков *Unio pictorum* среднего течения р. Урал в черте г. Оренбурга.

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследования были выбраны ДО и двустворчатые моллюски вида *Unio pictorum*, относящиеся к классу Двустворчатые (*Bivalvia*), надотряду Жаберные (*Autobranchia*), семейству Унионид (*Unionidae*) [4]. Животных отбирали в июле со станции «Водозабор» в черте г. Оренбурга. Для эксперимента были использованы моллюски 3-х летнего возраста. Выбор возрастной категории обусловлен вступлением организмов в период высокой биохимической и физиологической активности, повышением фильтрующей способности, и, как следствие, повышенному концентрированию веществ из среды обитания [1]. Определение концентрации ртути в ДО было проведено на базе испытательной лаборатории ФГБУ ГЦ Агрохимической службы «Оренбургский» атомно-абсорбционным методом на приборе спектрофотометр «Спектр-5-3» по МУ М.ЦИНАО, 1992. Определение ртути в тканях моллюсков проводилось на базе лаборатории спектрометрических методов исследования отделом гигиенических исследований ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области».

Для исследования содержания ртути мягкое тело моллюсков вынимали из раковины, давали стечь экстрапаллиальной жидкости и гемолимфе, просушивали фильтровальной бумагой и разделяли на следующие органы и части тела:

мантию с аддукторами, жабры, пищеварительную железу (гепатопанкреас) и ногу с висцеральным мешком [3, 5]. Далее определяли концентрацию ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС); атомизацию проб осуществляли методом «холодного пара» [5, 11]. Для оценки степени загрязнения ДО ртутью руководствовались «намеченным»

(экологическим) нормативом, принятым в Нидерландах, значение которого для ртути в ДО составляет 0,00005 мг/кг [5].

Результаты и их обсуждение. Данные по суммарному содержанию ртути в ДО и тканях двустворчатых моллюсков *Unio pictorum* отражены в табл. 1.

Таблица 1. Суммарное содержание ртути в ДО и тканях двустворчатых моллюсков *Unio pictorum*

Вещество	Органы <i>Unio pictorum</i> , мкг/г				ДО, мкг/г
	«нога»	мантия	жабры	гепатопанкреас	
ртуть	0,00265	0,0035	0,0048	0,0059	0,014

Согласно полученным результатам концентрация ртути в ДО станции «Водозабор» в районе г. Оренбурга превысило «намеченный» (экологический) норматив в 280 раз. Анализ распределения токсиканта в органах *Unio pictorum* показал неодинаковое его накопление. Наименьшим содержанием ртути характеризовалась «нога» гидробионтов, концентрация в мантии и жабрах оказалась выше в 1,3 и 1,8 раз, соответственно. Наибольшее количество поллютанта обнаружено в гепатопанкреасе моллюсков: значение превысило содержание в «ноге» в 2,2 раза. Неодинаковое накопление ртути в органах *Unio pictorum* объясняется, по-видимому, разной концентрирующей способностью и уровнем метаболической активности тканей. «Нога» и мантия моллюсков выполняют в основном механическую и защитную функции. Состав их представлен преимущественно фибриллярными белками [1, 4]. Жабры – органы дыхания и фильтрации. Они являются первым барьером на пути растворённых соединений и глинистых взвешенных частиц, на которых преимущественно сорбируются ионы ртути [7]. Кроме этого, повышение концентрации металла в жабрах может быть связано также с его способностью взаимодействовать с биологическими мембранами и непосредственно проникать внутрь клеток [11]. Гепатопанкреас двустворчатых моллюсков выполняет роль пищеварительной железы и временно депонирует липиды, особенно в период активной жизнедеятельности рассматриваемых организмов [1, 5]. Известно, что в организмах водных экосистем накопление многих токсикантов коррелирует с содержанием в них липидов [1]. Следовательно, максимальное суммарное содержание ртути в гепатопанкреасе *Unio pictorum* может быть объяснено повышенным концентрированием соединений данной группы.

Выводы: полученные данные свидетельствуют о биологической доступности ртути в данных условиях и дополняют обозначенные

выше факты о неодинаковой накопительной способности органов моллюсков, а также, возможно, позволят более детально оценить роль *Unio pictorum* как биоиндикаторного организма в зависимости от времени года и уровня токсической нагрузки на гидробиоценоз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дедю, И.И. Экологический энциклопедический словарь. – Кишинёв, 1989. 321 с.
2. Зилов, Е.А. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем): учеб. пособие. – Иркутск, 2008. 194 с.
3. Лавриненко, А.В. Накопление тяжёлых металлов в моллюсках дельты реки Волги / А.В. Лавриненко, Г.Х. Ильясова // Естественные науки. 2010. №4 (33). С. 18-20.
4. Лукашев, Д.В. Распределение тяжёлых металлов в органах моллюсков Anodonta anatina в условиях поступления загрязнённых стоков // Гидробиол. журн. 2009. Т. 45, № 5. С. 98-109.
5. Мамырбаев, А.А. Токсикология хрома и его соединений: монография. – Актобе, 2012. 284 с.
6. Минакова, В.В. Двустворчатые моллюски родов *Unio* и *Anodonta* – компоненты биологических ресурсов р. Урал и участие их лизоцима в процессах регуляции бактериоценозов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Оренбург, 2005. 25 с.
7. Превращение токсичных веществ в организмы. Влияние факторов среды и свойств организма на степень токсического эффекта [Электронный ресурс]. 2009. Режим доступа: http://abc.vvsu.ru/Books/ecolog_tocsicolog/page0008.asp.
8. Стравинскене, Е.С. Проблема биодоступности тяжёлых металлов в экологическом мониторинге природных вод: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2012. 24 с.
9. Сухенко, С.А. Ртуть в водохранилищах: новый аспект антропогенного загрязнения биосферы. Аналит. Обзор. СО РАН. Ин-т вод. и экол. проблем, ГПНТБ. – Новосибирск, 1995. 59 с.
10. Ульрих, С.М. Ртуть в природных водных объектах: обзор фактов, влияющих на метилирование / С.М.

- Ульрих, Т.В. Тантон, С.А. Абдрашитова // Environmental Science and Technology. 2001. №31(3). С. 241-293.
11. Федотова, И.В. Ртутное загрязнение природной среды при добыче россыпного золота саралинского золоторудного района республики Хакасия. – Материалы IV всерос-й науч.-практ. конф. посвящённой 130-летию со дня рождения первого зав. каф. географии ПГСГА, проф. К.В. Полякова. – Самара, 2013. С. 249-252.
12. Andersen, V. Heavy metals in blue mussels (*Mutilus edulis*) in the Bergen Harbor Area, Western Norway / V. Andersen, L. Maage, P. Johannesen // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 1996. № 57. P. 589-596.

RESEARCH THE MERCURY TOTAL CONTENT IN BOTTOM SEDIMENTS AND SOME BODIES OF BEACH CLAMS UNIO PIC- TORUM AT MIDDLE WATERFLOW OF URAL RIVER WITHIN ORENBURG CITY

© 2013 T.V. Osinkina¹, G.N. Solovykh¹, N.N. Vereshchagin², V.G. Belomestnova²,
O.V. Vodyanitskaya², I.V. Karnaukhova³, V.V. Minakova³, G.M. Tikhomirova¹,
V.V. Minakova¹

¹ Orenburg State Medical Academy

² Center of Hygiene and Epidemiology in Orenburg oblast

³ Orenburg State Pedagogical University

The mercury total content in bottom sediments and some bodies of beach clams at middle waterflow of Ural river near Orenburg city is investigated. In bottom sediments excess of the ecological standard for mercury by 280 times is revealed. Uneven distribution of toxicant in bodies of mollusks is noted: the maximum contents is defined in hepatopancreas, minimum – in "foot", that apparently is defined by unequal metabolic activity of these tissues.

Key words: *beach clams, microelements, bottom sediments, bioindicators, mercury*

Tatiana Osinkina, Post-graduate Student

Galina Solovykh, Doctor of Biology, Professor, Head of the Biology.

E-mail: bio_orgma@mail.ru

Nikolay Vereshchagin, Doctor of Medicine, Professor, Director.

E-mail: fguz2005@mail.ru

Vera Belomestnova, Chief of the Spectrometer Methods of Research Laboratory

Olga Vodyanitskaya, Doctor

Irina Karnaukhova, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Chemistry and Methods of Teaching Chemistry

Viktoriya Minakova, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Chemistry and Methods of Teaching Chemistry

Galina Tikhomirova, Candidate of Biology, Associate Professor at the Biology Department

Vladislava Minakova, Post-graduate Student