

Научная статья
УДК 504.064.36:574.587
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-1-82-88>
EDN CUIWMJ

Аккумуляция ртути в двустворчатых моллюсках в гидроэкосистеме устьевой области реки Красная (Вьетнам)

Нгуен Тхи Тхуи Ньунг¹, Ирина Владимировна Волкова²✉

^{1,2}Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, gridasova@mail.ru✉

¹Вьетнамский морской университет,
Вьетнам

Аннотация. Проведена оценка содержания ртути в различных тканях (жабры, мантия, гепатопанкреас и тело («нога»)) у 4 видов двустворчатых моллюсков в устьевой области р. Красная (Вьетнам). Исследования проводили в течение 2016–2021 гг. в период основных гидрологических сезонов (в период летнего половодья и зимней межени) на 37 станциях в дельте и устьевом взморье р. Красная. Приведены зависимости содержания ртути в тканях моллюсков от показателей возраста (длина, масса тела) и от содержания поллютанта в растворенной, взвешенной формах в придонных слоях воды и в донных отложениях. Содержание ртути в тканях моллюсков меняется от $0,023 \pm 0,001$ до $0,459 \pm 0,007$ мг/кг сырой массы. Наибольшее содержание ртути наблюдалось в гепатопанкреасе *Austriella corrugata*, наименьшее – в «ноге» *Lutraria rhynchaena*. Отмечены тесные достоверные положительные корреляционные связи между концентрациями ртути в тканях моллюсков и ее содержанием в придонных слоях воды и в донных отложениях (r от 0,68 до 0,92; $p < 0,05$). Все исследуемые виды моллюсков отнесены к группе макроконцентраторов для ртути в воде, *Austriella corrugata* активно способен аккумулировать ртуть не только из воды, но также из донных отложений. Двустворчатые моллюски можно использовать как один из объектов биомониторинга при изучении распределения ртути в устьевой области р. Красная.

Ключевые слова: ртуть, река Красная, устьевая область, двустворчатые моллюски, коэффициент биологического накопления, жабры, мантия, тело, гепатопанкреас

Для цитирования: Нгуен Тхи Тхуи Ньунг, Волкова И. В. Аккумуляция ртути в двустворчатых моллюсках в гидроэкосистеме устьевой области реки Красная (Вьетнам) // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2023. № 1. С. 82–88. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-1-82-88>. EDN CUIWMJ.

Original article

Mercury accumulation in bivalve molluscs in hydroecosystem of Red River estuary (Vietnam)

Nguyen Thi Thuy Nhung¹, Irina V. Volkova²✉

^{1,2}Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, gridasova@mail.ru✉

¹Vietnam Maritime University,
Vietnam

Abstract. The article presents analysis of mercury content in different tissues such as gills, mantle, hepatopancreas and body (leg) in 4 species of bivalve molluscs in the estuary of the Red River in Vietnam. The studies were carried out in 2016–2021 during the main hydrological seasons (during the summer flood and winter low water) at 37 stations in the delta and estuarine coast of the Red River. There are shown the dependences of mercury content in mollusc tissues on the age parameters (length and mass of tissues) and on the content of pollutant in dissolved, suspended forms of near-bottom water layers and in bottom sediments. The mercury content in the tissues of molluscs varies within $0,023 \pm 0,001$ to $0,459 \pm 0,007$ mg/kg wet weight. The highest content of mercury was found in the hepatopancreas of *Austriella corrugata*, and the lowest - in the leg of *Lutraria rhynchaena*. Significant close positive correlations were registered between the mercury concentrations in the mollusc tissues and the mercury content in the near-bottom water layer and in bottom sediments (r from 0.68 to 0.92, $p < 0.05$). All studied species of molluscs are classified as macroconcentrators of mercury in water; *Austriella corrugata* can actively accumulate mercury not only from the wa-

ter, but also from the bottom sediments. Bivalve molluscs can be used as an object of biomonitoring when studying the distribution of mercury in the estuary of the Red River.

Keywords: mercury, Red River, estuary area, bivalves, biological accumulation coefficient, gills, mantle, body, hepatopancreas

For citation: Nguyen Thi Thuy Nhung, Volkova I. V. Mercury accumulation in bivalve molluscs in hydroecosystem of Red River estuary (Vietnam). *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2023;1:82-88. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-1-82-88>. EDN CUIWMJ.

Введение

Известно, что некоторые виды двустворчатых моллюсков представляют собой биофильтраторы, т. к. в определенных гидроэкосистемах они способны концентрировать химические элементы до 10 раз больше, чем их содержание в среде обитания [1]. Вследствие способности пропускать через тело потоки микроэлементов из воды и донных отложений и аккумуляции таких элементов в теле двустворчатые моллюски играют особую роль в миграции и трансформации микроэлементов в гидроэкосистеме [2, 3].

Во Вьетнаме, в устьевой области р. Красная основными источниками поступления ртути в водную среду считаются места размещения отходов и сбросы сточных вод [3, 4]. Далее ртуть и ее соединения способны мигрировать в компонентах гидроэкосистемы [5]. Исследование распределения ртути и ее соединений в воде, донных отложениях и их аккумуляции в двустворчатых моллюсках является актуальным при оценке способности и пути их миграции в устьевой области р. Красная.

Цель работы – установить уровни содержания

ртути в тканях основных видов двустворчатых моллюсков в устьевой области р. Красная.

Задачи исследования: определить содержание ртути в различных тканях (жабры, мантия, гепатопанкреас, нога) двустворчатых моллюсков; оценить взаимосвязи между содержанием ртути в придонных слоях воды, в донных отложениях и в моллюсках и сравнить уровень биологического накопления ртути разными моллюсками.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись 4 доминантных и второстепенных в гидроэкосистеме устьевой области р. Красная вида двустворчатых моллюсков (*Meretrix lyrata*, *Anadara granosa*, *Austriella corrugata* и *Lutraria rhynchaena*).

Исследование проводилось в 3 этапа: отбор проб, анализ проб в лаборатории и обработка данных. В период исследования (2016–2021 гг.) пробы отбирались 2 раза в год (в половодье и межени) на 37 станциях в дельте и устьевом взморье р. Красная (рис. 1).

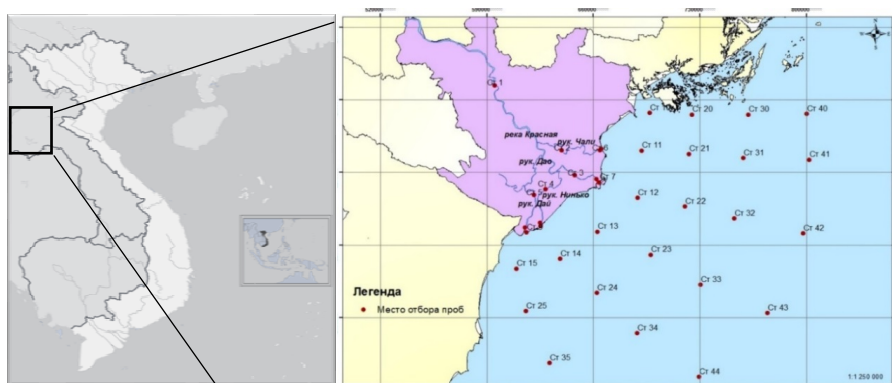


Рис. 1. Карта-схема расположения станций исследований в устьевой области р. Красная

Fig. 1. Map of location of the research stations in the River Red mouth area

На каждой станции выбрали 14 проб, 20 особей моллюсков на 1 пробу. Для эксперимента были использованы моллюски 3-летнего возраста. Отбор проб воды, донных отложений и моллюсков проводили по общепринятым ГОСТам, TCVN и методикам [3, 6, 7].

Измерение массовой концентрации общей ртути в пробах осуществлялось методом беспламенной атомной абсорбции (метод «холодного пара») на анализаторе ртути РА-915М (ЛЮМЕКС, г. Санкт-Петербург) с приставками РП-92 [8, 9].

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы STATGRAPHICS Centurion XVIII. Средние значения написали в виде $x \pm m_x$. Корреляционные зависимости оценивали методом дисперсионного анализа при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Коэффициент биологического накопления (K_d) в тканях моллюсков был рассчитан по формуле [2, 10]:

$$K_d = C_t / C_s \quad (1)$$

где C_t – концентрация твердых металлов в теле двустворчатых моллюсков, мг/кг сухой ткани;

C_s – концентрация твердых металлов в среде (в воде и донных отложениях), мг/л.

Результаты исследования
Содержание ртути в различных тканях дву-

створчатых моллюсков. Согласно результатам исследования содержание ртути в тканях и органах разных видов двустворчатых моллюсков неодинаково (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Содержание ртути в тканях двустворчатых моллюсков

Content of mercury in the tissues of bivalve molluscs

Вид	Длина, мм	Масса тела, г	Содержание ртути, мг/кг сырой массы				
			Жабры	Мантия	Гепато-панкреас	Тело (нога)	Среднее значение
<i>Meretrix lyrata</i>	40,5 ± 2,7	14,5 ± 0,4	0,069 ± 0,016	0,071 ± 0,016	0,076 ± 0,015	0,063 ± 0,017	0,071 ± 0,015
<i>Anadara granosa</i>	36,2 ± 1,8	14,1 ± 0,3	0,105 ± 0,003	0,112 ± 0,004	0,135 ± 0,007	0,104 ± 0,003	0,113 ± 0,004
<i>Austriella corrugata</i>	63,6 ± 2,2	85,2 ± 1,5	0,405 ± 0,006	0,452 ± 0,007	0,459 ± 0,007	0,335 ± 0,013	0,412 ± 0,006
<i>Lutraria rhynchaena</i>	82,5 ± 1,4	67,5 ± 0,8	0,025 ± 0,002	0,038 ± 0,001	0,038 ± 0,002	0,023 ± 0,001	0,031 ± 0,001

В устьевой области р. Красная максимальные значения средних величин содержания ртути (0,412 ± 0,006 мг/кг) отмечены у *Austriella corrugata*, минимальные (0,031 ± 0,001 мг/кг) – у *Lutraria rhynchaena*.

Помимо межвидовых различий накопления ртути наблюдался высокий разброс между органами. Из данных табл. 1 видно, что наибольшие значения содержания ртути наблюдались в гепатопанкреасе, наименьшие – в ноге.

Для *Meretrix lyrata* значения концентрации ртути в различных тканях различались незначительно. Наибольшее содержание ртути отмечено в гепатопанкреасе моллюсков, оно превысило содержание в ноге в 1,15 раза.

Для *Anadara granosa* различие между содержанием ртути в теле (0,104 ± 0,003 мг/кг) и жабрах (0,105 ± 0,003 мг/кг) незначительно. Содержание металла в гепатопанкреасе (0,135 ± 0,007 мг/кг) больше, чем в теле и жабрах, в 1,3 раза.

Для *Austriella corrugata* наименьшее содержание ртути также наблюдалось в ноге (0,335 ± 0,013 мг/кг). Значения содержания ртути в мантии (0,452 ± 0,007 мг/кг) и в гепатопанкреасе (0,459 ± 0,007 мг/кг) раз-

личались незначительно и оказались выше (в 1,35 и 1,38 раза соответственно), чем ее содержание в ноге. Значения содержания ртути в мантии и в гепатопанкреасе для *Lutraria rhynchaena* оказались одинаковыми, но больше, чем в жабрах и ноге (в 1,53 и 1,65 раза соответственно).

Таким образом, содержание ртути в органах и тканях разных двустворчатых моллюсков распределяется в следующем порядке: тело (нога) < жабры < мантия < гепатопанкреас.

Для работы были выбраны моллюски 3-х лет, которые имеют высокую скорость фильтрации и активный метаболизм. Фильтрующая активность двустворчатых моллюсков и их аккумуляционная способность в отношении ртути зависит от их возраста и, в частности, от таких параметров, как масса и длина (табл. 2: n – количество особей на 1 пробу; r_m – коэффициент парной корреляции содержания ртути и массы тела; p_m – уровень значимости парной корреляции содержания ртути и массы тела; r_n – коэффициент парной корреляции содержания ртути и длины тела; p_n – уровень значимости парной корреляции содержания ртути и длины тела).

Таблица 2

Table 2

Коэффициент парной корреляции содержания ртути и параметров возраста (массы и длины тела) двустворчатых моллюсков

Pair correlation coefficient of mercury content and age parameters (body weight and length) of bivalves

Вид	n	r_m	p_m	r_n	p_n
<i>Meretrix lyrata</i>	20	0,82	< 0,05	0,83	< 0,05
<i>Anadara granosa</i>	20	0,44	0,14	0,94	< 0,05
<i>Austriella corrugata</i>	20	0,86	< 0,05	0,88	< 0,05
<i>Lutraria rhynchaena</i>	20	0,83	< 0,05	0,97	< 0,05

Таким образом, для трех видов (*Meretrix lyrata*, *Austriella corrugata* и *Lutraria rhynchaena*) наблюдались достоверные тесные положительные корреляционные связи между содержанием ртути в теле

моллюсков и массой ($r = 0,82$; $0,86$ и $0,83$ соответственно; $p < 0,05$) и длиной тела ($r = 0,83$; $0,88$ и $0,97$ соответственно; $p < 0,05$), т. е. при увеличении массы

и длины тела данных видов моллюсков увеличивает общее содержание ртути в их тканях и органах.

Зависимость содержания ртути в тканях двусторчатых моллюсков от ее содержания в водной среде. Накопление ртути в тканях и органах моллюсков обусловлено не только фильтрационной активностью и уровнем метаболизма мол-

люска, но и содержанием ртути в среде и степенью биологической доступности ионов ртути в области исследования. По результатам статистического анализа были выявлены линейные зависимости между содержанием ртути в моллюсках и во взвешенной форме придонного слоя воды (рис. 2, 3).

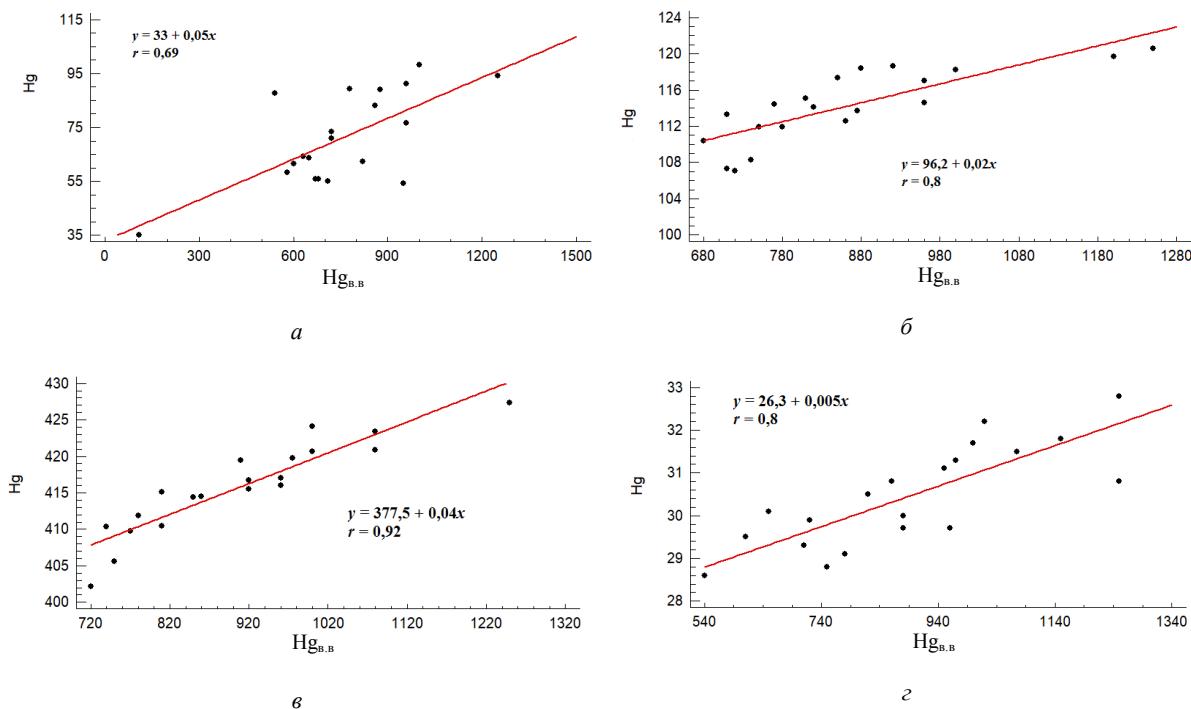


Рис. 2. Зависимость содержания ртути в тканях моллюсков (Hg) от ее концентрации в придонном слое воды ($Hg_{B,B}$): а – *Meretrix lyrata*; б – *Anadara granosa*; в – *Austriella corrugata*; з – *Lutraria rhynchaena*

Fig. 2. Dependences of mercury content in mollusk tissues (Hg) on its suspended form concentration in the bottom water layer ($Hg_{B,B}$): а – *Meretrix lyrata*; б – *Anadara granosa*; в – *Austriella corrugata*; з – *Lutraria rhynchaena*

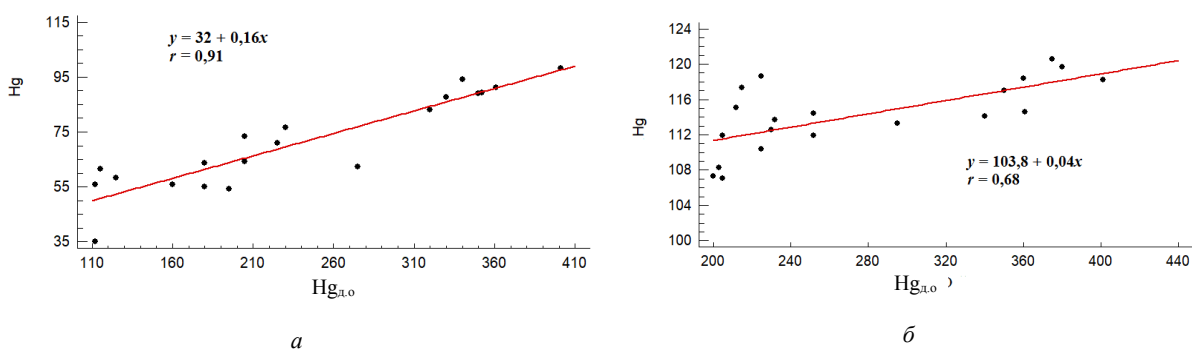


Рис. 3. Зависимость содержания ртути в тканях моллюсков (Hg) от ее содержания в донных отложениях ($Hg_{D,O}$): а – *Meretrix lyrata*; б – *Anadara granosa*

Fig. 3. Dependences of mercury content in mollusk tissues (Hg) on its content in bottom sediments ($Hg_{D,O}$): а – *Meretrix lyrata*; б – *Anadara granosa*

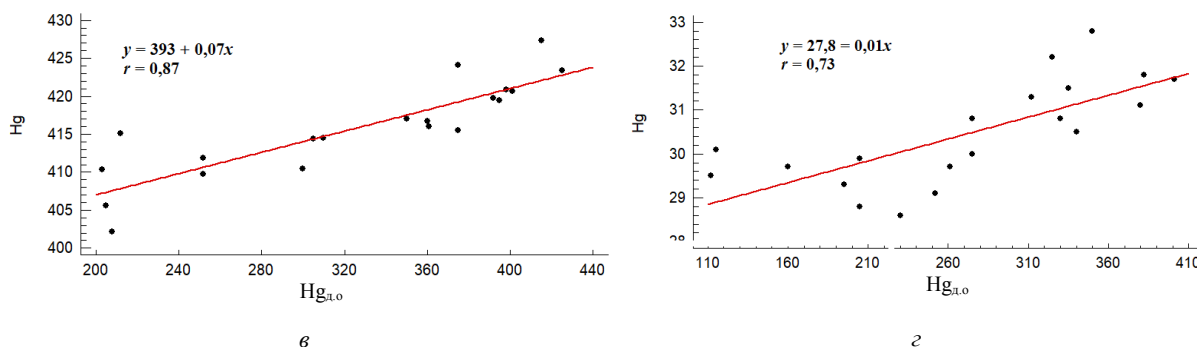


Рис. 3 (окончание). Зависимость содержания ртути в тканях моллюсков (Hg) от ее содержания в донных отложениях ($Hg_{д.о}$): а – *Austriella corrugata*; з – *Lutraria rhynchaena*

Fig. 3 (cont'd). Dependences of mercury content in mollusk tissues (Hg) on its content in bottom sediments ($Hg_{д.о}$): а – *Austriella corrugata*; з – *Lutraria rhynchaena*

Таким образом, результаты статистического анализа подтверждают тесные достоверные положительные зависимости содержания ртути в тканях моллюсков от концентрации ее взвешенной формы в придонных слоях воды и от ее содержания в донных отложениях (r от 0,68 до 0,92; $p < 0,05$). Наиболее тесной является зависимость между содержанием в *Austriella corrugata* и взвешенной формой ртути придонного слоя воды ($r = 0,92$; $p < 0,05$) и в *Meretrix lyrata* и донных отложениях ($r = 0,91$; $p < 0,05$), т. е. при увеличении содержания ртути в придонных слоях воды и в донных отложениях ее содержание в тканях моллюсков также увеличивается. Не выявлено статистически значимых зависимостей между содержанием растворенной формы ртути в воде и ее концентрациями в тканях моллюсков. Данное явление иллюстрирует влияние адсорбции ртути взвешенным веществом в придонных слоях воды и донными отложениями на ее аккумуляцию. В устьевой области р. Красная миграционными формами ртути преимущественно являются взвешенные формы и ртуть в донных отложениях. Рас-

пределение разных фракцией ртути наблюдалось по следующей закономерности: остаточная фракция (минеральная фракция) > органическая фракция > растворенная фракция в воде [2]. В донных отложениях на всех станциях отсутствовала ртуть в карбонатной фракции и железо-марганцевых оксидах. Большая часть ртути присутствует в остаточной фракции (минеральной и неподвижной) (до 90–95 % от общей концентрации ртути), только ее органические фракции подвижно накапливаются в двустворчатых моллюсках через процесс фильтрации. Однако содержания Hg в тканях и кишечнике находились практически на одном уровне, т. е. из пищеварительного тракта данный элемент переходит в мягкие ткани и там накапливается [2, 3]. Таким образом, источником ртути, аккумулирующейся в тканях двустворчатых моллюсков устьевой области р. Красная, преимущественно является органическая фракция во взвешенных веществах и в донных отложениях.

Для определения степени накопления ртути моллюсками были рассчитаны коэффициенты биологического накопления (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

Значения коэффициентов накопления ртути для некоторых тканей двустворчатых моллюсков

Values of mercury accumulation coefficients for bivalve mollusc tissues

Вид	Ткани	Коэффициент бионакопления для воды $K_{д(вода)}$	Коэффициент бионакопления для донных отложений $K_{д(ДО)}$
<i>Meretrix lyrata</i>	Жабры	110,5	0,53
	Мантия	111,2	0,42
	Гепатопанкреас	116,4	0,44
	Тело (нога)	107,8	0,39
<i>Anadara granosa</i>	Жабры	120,1	0,66
	Мантия	127,5	0,68
	Гепатопанкреас	154,2	0,75
	Тело (нога)	116,8	0,58

Вид	Ткани	Коэффициент бионакопления для воды $K_{d(вода)}$	Коэффициент бионакопления для донных отложений $K_{d(до)}$
<i>Austriella corrugata</i>	Жабры	462,8	2,35
	Мантия	511,5	2,61
	Гепатопанкреас	531,4	2,68
	Тело (нога)	380,1	1,93
<i>Lutraria rhynchaena</i>	Жабры	27,8	0,15
	Мантия	42,1	0,22
	Гепатопанкреас	42,6	0,23
	Тело (нога)	25,4	0,15

Отмечено, что ртуть неодинаково накапливается в различных тканях двусторчатых моллюсков. Для всех видов моллюсков наибольшее значение K_d , рассчитанное для воды и донных отложений, наблюдалось для гепатопанкреаса, наименьшее – для ноги: $K_{d(гп)} > K_{d(мантия)} > K_{d(жабры)} > K_{d(нога)}$. Для всех тканей и органов самый высокий уровень бионакопления ртути в воде и донных отложениях было отмечено у *Austriella corrugata* ($K_{d(вода)} = 531,4$ и $K_{d(до)} = 2,68$), а самый низкий уровень – для *Lutraria rhynchaena* ($K_{d(вода)} = 25,4$ и $K_{d(до)} = 0,15$).

Полученные данные (см. табл. 3) указывают на то, что для всех исследуемых тканей моллюсков коэффициент $K_{d(вода)} > 2$, т. е. такие ткани и органы являются макроконцентраторами, соответственно, они имеют высокую биологическую доступность для ртути. Наиболее высокой концентрирующей способностью обладает гепатопанкреас *Austriella corrugata* ($K_{d(вода)} = 531,4$).

Уровень бионакопления ртути разными моллюсками. Согласно коэффициенту $K_{d(до)} < 1$ три из 4-х видов моллюсков (*Meretrix lyrata*, *Anadara granosa* и *Lutraria rhynchaena*) выступают деконцентраторами, т. е. большинство ртути в тканях и органах таких видов моллюсков было аккумулировано из придонных слоев воды, накопление ртути из донных отложений является незначительным. Ткани и органы *Austriella corrugata* обладают наиболее высокой концентрирующей способностью, при которых «нога» является микроконцентратором ($1 < K_{d(до)} < 2$), а другие органы – макроконцентраторами ($K_{d(до)} > 2$), т. е. такой вид моллюска способен аккумулировать ртуть не только из придонных слоев воды, но из донных отложений.

Заключение

Таким образом, ртуть обнаружена во всех тканях исследуемых видов двусторчатых моллюсков из устьевого области р. Красная (Вьетнам). Максимальное содержание ртути ($411,8 \pm 5,9$ нг/г) отмечено в гепатопанкреасе *Austriella corrugata*, минимальные ($30,1 \pm 1,5$ нг/г) – в ноге *Lutraria rhynchaena*. Ртуть в различных тканях и органах моллюсков распределяется в следующем порядке: тело (нога) < жабры < мантия < гепатопанкреас.

Наблюдалась положительная тесная корреляционная зависимость среднего содержания ртути в теле моллюсков от их массы и длины тела, т. е. масса и длина тела двусторчатых моллюсков могут быть использованы как один из параметров биомониторинга при оценке содержания ртути в моллюсках устьевого области р. Красная.

В системе «вода – донные отложения – двусторчатые моллюски» выявлены корреляционные взаимосвязи между содержанием ртути в разных компонентах системы. Выявлены положительные зависимости содержания ртути в тканях моллюсков от концентрации ее взвешенной формы в придонном слое воды и ее содержания в донных отложениях (r от 0,68 до 0,92, $p < 0,05$).

Наибольший уровень накопления ртути из воды и донных отложений для всех видов моллюсков отмечен в гепатопанкреасе, наименьший – в ноге. Все исследуемые виды моллюсков отнесены к группе макроконцентраторов ртути в придонном слое воды. «Нога» *Austriella corrugata* является микроконцентратором ртути в донных отложениях, а другие органы – макроконцентраторами, а остальные 3 вида моллюсков (*Meretrix lyrata*, *Anadara granosa* и *Lutraria rhynchaena*) отнесены к группе деконцентраторов ртути в донных отложениях.

Список источников

1. Купина Н. М. Основные результаты исследования двусторчатых моллюсков прибрежной зоны Японского моря // Изв. ТИНРО. 2015. Т. 18. С. 249–257.
2. Pham Kim Phuong, Nguyen Thi Dung. To study accumulation of heavy metals As, Cd, Pb and Hg in Bivalves from natural environment // Science and Technology (in Vietnam). 2007. V. 45. N. 5. P. 57–62.
3. Нгуен Тхи Тхуи Ньунг, Волкова И. В. К вопросу о накоплении тяжелых металлов (Pb, Hg, As) в компонентах водных экосистем устьевого области реки Красная (Хонгха) (Вьетнам) // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2018. № 1. С. 132–140.
4. Лобус Н. В., Комов В. Т., Нгуен Тхи Хай Тхань. Содержание ртути в компонентах экосистем водоемов

и водотоков провинции Кхань Хоа (Центральный Вьетнам) // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 6. С. 733–739.

5. Чаплыгин В. А., Ершова Т. С., Зайцев В. Ф. Содержание ртути в мышцах гидробионтов Каспийского моря // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2016, № 2. С. 108–114.

6. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2019. 31 с.

7. Муравьев А. Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. СПб.: Кримас+, 2004. 248 с.

8. ГОСТ 31950-2012. Вода. Методы определения содержания общей ртути беспламенной атомно-абсорбционной спектрометрией. М.: Стандартинформ, 2013. 17 с.

9. Методические указания по определению ртути, мышьяка, сурьмы и селена с использованием ртутно-гидридного генератора «ГРГ-107». М.: ООО «Кортэк», 2004. 45 с.

10. Лукашев Д. В. Распределение тяжелых металлов в органах моллюсков *Anodonta anatina* в условиях поступления загрязненных стоков // Гидробиол. журн. 2009. № 45 (5). С. 98–109.

References

1. Kupina N. M. Osnovnye rezultaty issledovaniia dvustvorchatykh molliuskov pribrezhnoi zony Iaponskogo moria [Main results of studying bivalve mollusks in coastal zone of Sea of Japan]. *Izvestiia TINRO*, 2015, vol. 18, pp. 249-257.

2. Pham Kim Phuong, Nguyen Thi Dung. To study accumulation of heavy metals As, Cd, Pb and Hg in Bivalves from natural environment. *Science and Technology (in Vietnam)*, 2007, vol. 45, no. 5, pp. 57-62.

3. Nguen Tkhi Tkhui N'ung, Volkova I. V. K voprosu o nakoplenii tiazhelykh metallov (Pb, Hg, As) v komponentakh vodnykh ekosistem ust'evoi oblasti reki Krasnaia (Khongkha) (V'etnam) [On problem of accumulating heavy metals (Pb, Hg, As) in components of aquatic ecosystems in estuary of Red (Hong Ha) River (Vietnam)]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Serii: Rybnoe khoziaistvo*, 2018, no. 1, pp. 132-140.

4. Lobus N. V., Komov V. T., Nguen Tkhi Khai Tkhan'. Soderzhanie rtuti v komponentakh ekosistem vodoemov i vodotokov provintsii Kkhan' Khoa (Tsentral'nyi V'etnam) [Mercury content in components of ecosystems of reservoirs and streams of Khanh Hoa province (Central Vietnam)]. *Vodnye resursy*, 2011, vol. 38, no. 6, pp. 733-739.

5. Chaplygin V. A., Ershova T. S., Zaitsev V. F. Soderzhanie rtuti v myshtsakh gidrobiontov Kaspiiskogo moria [Mercury content in muscles of hydrobionts of Caspian Sea]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Serii: Rybnoe khoziaistvo*, 2016, no. 2, pp. 108-114.

eskogo universiteta. Serii: Rybnoe khoziaistvo, 2016, no. 2, pp. 108-114.

6. GOST 31861-2012. Voda. Obshchie trebovaniia k otboru prob [GOST 31861-2012. Water. General requirements for sampling]. Moscow, Standartinform Publ., 2019. 31 p.

7. Murav'ev A. G. Rukovodstvo po opredeleniiu pokazatelei kachestva vody polevymi metodami [Guidelines for determining water quality by field methods]. Saint-Petersburg, Kriskas+ Publ., 2004. 248 p.

8. GOST 31950-2012. Voda. Metody opredeleniya sodержaniya obshchei rtuti besplamennoi atomno-absorbционной спектрометрией [GOST 31950-2012. Water. Method for determination of total mercury by flameless atomic absorption spectrometry]. Moscow, Standartinform Publ, 2013. 17 p.

9. Metodicheskie ukazaniia po opredeleniiu rtuti, mysh'iaka, sur'my i sелena s ispol'zovaniem rtutnogidridnogo generatora «GRG-107» [Methodical recommendations on determination of mercury, arsenium, stibium and selenium using mercury-hydride generator “GRG-107”]. Moscow, ООО «Kortek», 2004. 45 p.

10. Lukashev D. V. Raspredelenie tiazhelykh metallov v organakh molliuskov *Anodonta anatina* v usloviakh postupleniia zagriaznennykh stokov [Distribution of heavy metals in organs of mollusks *Anodonta anatina* in polluted effluents]. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 2009, no. 45 (5), pp. 98-109.

Статья поступила в редакцию 06.10.2022; одобрена после рецензирования 19.02.2023; принята к публикации 14.03.2023
The article is submitted 06.10.2022; approved after reviewing 19.02.2023; accepted for publication 14.03.2023

Информация об авторах / Information about the authors

Нгуен Тхи Тхуи Ньунг – аспирант кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; преподаватель кафедры инженерной экологии; Вьетнамский морской университет; nhung_nguyen@mail.ru

Nguyen Thi Thuy Nhung – Postgraduate Student of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; Lecturer of the Department of Engineering Ecology; Vietnam Maritime University; nhung_nguyen@mail.ru

Ирина Владимировна Волкова – доктор биологических наук, доцент; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; gridasova@mail.ru

Irina Vladimirovna Volkova – Doctor of Sciences in Biology, Assistant Professor; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; gridasova@mail.ru

