



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-4-431-440

УДК 57.044:504.454

Особенности миграции ртути в воде и донных отложениях устьевой области реки Красная во Вьетнаме

Н.Т.Т. Нгуен, И.В. Волкова, В.И. Егорова

Астраханский государственный технический университет
Российская Федерация, 414056, Астрахань, ул. Татищева, 16Г

В работе проведена оценка содержания ртути в воде и донных отложениях в устьевой области р. Красная во Вьетнаме. Даны пространственные распределения ртути в растворенной и взвешенной формах, а также в донных отложениях. Исследования проводились на 30 станциях 2 раза в год (в период половодья и межени) в 2014–2016 гг. Пробы донных отложений отбирали в поверхностном слое. Пространственное распределение ртути осуществлялось методом кригинга в ArcGIS 10.2.2. Установлено, что концентрация ртути в воде р. Красная изменяется от 0,05 до 0,08 мкг/л в межени и от 0,07–0,11 мкг/л в период половодья. По направлению к морю концентрации растворенной ртути уменьшались. Содержание ртути в взвешенной форме и донных отложениях увеличивается по направлению к морю и достигает максимума в маргинальном фильтре. В речных водах главные формы существования ртути — растворенная и взвешенная, а в маргинальном фильтре — в донных отложениях. Донные отложения устьевой области р. Красная отличаются более высоким содержанием Hg по сравнению с незагрязненными грунтами в водоемах умеренных и северных широт и донными отложениями водных объектов другой области Вьетнама.

Ключевые слова: устьевая область; ртуть; донные отложения; пространственная интерполяция; кригинг; маргинальный фильтр

Введение

Ртуть является одним из наиболее токсичных металлов, чаще других встречаемым в окружающей среде. В водной среде ртуть существует в растворенных, взвешенных формах в воде и донных отложениях (ДО). Основными растворенными формами ртути являются элементарная ртуть (Hg^0), комплексные соединения Hg^{2+} с различными неорганическими и органическими лигандами и органические формы металла, главным образом метиловая (CH_3Hg^+) и диметиловая ртуть (CH_3HgCH_3) [1; 2]. В связи с чем при исследовании ртутного загрязнения необходимо рассматривать содержание и распределения как ртути, так и ее соединений в различных формах.

© Нгуен Н.Т.Т., Волкова И.В., Егорова В.И., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Содержание ртути в водной среде определяется совокупностью факторов, в том числе путями поступления и расстоянием от природных и антропогенных источников. Устьевая область р. Красная является важным промышленным центром на севере Вьетнама. К основным антропогенным источникам ртути на этой территории относятся сжигание топлива, производство первичных металлов, особенно золота, источники света с содержанием ртути, сжигание и размещение отходов [3—5]. В настоящее время ртутное загрязнение рассматривается как серьезная проблема данной области. Таким образом, исследование содержания и распределения различных форм ртути является актуальным вопросом и требует особого внимания.

Цель работы — определение уровня содержания ртути в воде и донных отложениях, а также ее пространственного распределения в устьевой области р. Красная.

Материал и методы исследования

Река Красная является наибольшей из рек на севере Вьетнама. Она имеет два основных притока: правый — река Да и левый — река Ло [3]. Для населения р. Красная выполняет важные функции: она является объектом рекреации, источником воды для сельского хозяйства, промышленности и приемником для сточных воды. Объектами исследования были вода и ДО устьевой области р. Красная. Вершина устьевой области находится в 210 км от моря, немного ниже устья притоков. Ниже вершины начинается главный рукав дельты, имеющий то же название. От главного рукава дельты влево и вправо отходят рукава Дай, Балат, Чали, Ньинко (рис. 1).

Устьевая область р. Красная относится к эстуарно-дельтовому типу [4] и разделяется на обширную многорукавную дельту, небольшие эстуарии на нижних участках некоторых рукавов и открытое приглубое приливное устьевое взморье. Устьевое взморье р. Красная занимает прибрежную зону залива Бакбо Восточного моря.

Исследования проводились на 30 станциях на основных дельтовых водотоках (река Красная и рукава Дай, Балат, Чали, Ньинко) и взморье (рис. 1).

Материалом для исследования служили образцы воды и ДО. Отбор проб воды и ДО осуществлялся в межень и половодье 2014—2016 гг. и проводился согласно ГОСТ 31861—2002 [6] и ГОСТ 17.1.5.01—80 [7].

ДО отбирали дночерпателем с глубиной захвата 0—10 см (поверхностный слой ДО).

Воду фильтровали через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм. Фильтр высушивали и определяли содержание ртути на взвешенном веществе, с последующим пересчетом на объем профильтрованной воды. Каждый образец сушили в течение 11 часов при температуре 110 °С, после чего определяли содержание Hg [8].

Содержание ртути в каждой пробе воды и ДО определяли в лаборатории биохимии кафедры инженерной экологии Вьетнамского морского университета на ртутном анализаторе РА-915+ с приставкой ПИРО атомно-абсорбционным методом холодного пара с диапазоном измерения 0,001—5 мг/кг [7].



Рис. 1. Карта-схема района исследования: ● — место проб отбора
[**Figure 1.** Index map of the study area: ● — sampling location]

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием языка программирования R-3.5.1 for Windows. Результаты представлены в виде средних значений и их ошибок ($\bar{x} \pm m\bar{x}$). Достоверность различий оценивалась методом дисперсионного анализа (ANOVA) при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Пространственное распределение ртути осуществлялось методом кригинга в программе ArcGIS 10.2.2, который использует вариограмму для выражения пространственного изменения и минимизирует погрешность прогнозируемых значений, оцениваемых пространственным распределением [9]. В контексте геостатистики кригинг является обобщенным методом линейной регрессии, используемым с вариограммовой моделью для интерполяции пространственных данных. В нашем исследовании пространственными данными являются измеренные концентрации ртути растворенной, взвешенной и в ДО.

Результаты исследования и их обсуждение

Концентрации ртути в растворенной и взвешенной формах и в ДО в основных водотоках и взморье устьевой области р. Красная представлены в таблице.

Растворенная ртуть

Как видно из таблицы, средние концентрации растворенной ртути в воде устьевой области р. Красная варьируют от 0,007 до 0,11 мкг/л. Наибольшие концен-

трации растворенных форм Hg (0,98–0,11 мкг/л) наблюдались в вершине дельты (Ст. 1) р. Красная, где сосредоточены химические предприятия и промышленные центры. На всех исследуемых участках р. Красная концентрация металла отмечена в 3–4 раза больше, чем его содержание в Чали, Ньинко и Дай, равное в среднем 0,035 мкг/л.

Пространственное распределение растворенной формы ртути по различным гидрологическим сезонам представлено на рис. 2.

Таблица

**Содержания различных форм ртути в устьевой области р. Красная
(a, b, c – различия достоверны при $p < 0,05$)**

Станции	Концентрации ртути		
	Растворенная форма, мкг/л	Взвешенная форма, мкг/л	ДО, мкг/кг
Река Красная			
Ст. 1	0,11 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,01 ^a	0,15 ± 0,01 ^a
Ст. 3	0,07 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,1 ^b	0,82 ± 0,02 ^a
Ст. 7	0,06 ± 0,01 ^{ab}	0,65 ± 0,1 ^{bc}	1,23 ± 0,017 ^{ab}
Притоки			
Чали	0,035 ± 0,01 ^a	0,22 ± 0,11 ^a	0,16 ± 0,01 ^a
Ньинко	0,055 ± 0,01 ^a	0,26 ± 0,2 ^a	0,54 ± 0,011 ^a
Дай	0,02 ± 0,01 ^a	0,38 ± 0,1 ^a	0,78 ± 0,01 ^a
Взморье			
Ст. 12	0,075 ± 0,01 ^a	0,75 ± 0,2 ^a	1,3 ± 0,7 ^a
Ст. 22	0,018 ± 0,01 ^a	0,42 ± 0,1 ^a	0,75 ± 0,1 ^a
Ст. 32	0,008 ± 0,01 ^a	0,25 ± 0,01 ^a	0,65 ± 0,1 ^a
Ст. 42	0,007 ± 0,01 ^a	0,12 ± 0,01 ^a	0,55 ± 0,01 ^a

Table 1

**Content of different forms of mercury in the estuary area of the Red River
(a, b, c – the differences were significant at $p < 0.05$)**

Stations	Mercury concentration		
	Dissolved form, µg/l	Suspended form, µg/l	BS, µg/l
The Red River			
St. 1	0.11 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.01 ^a	0.15 ± 0.01 ^a
St. 3	0.07 ± 0.01 ^a	0.06 ± 0.1 ^b	0.82 ± 0.02 ^a
St. 7	0.06 ± 0.01 ^{ab}	0.65 ± 0.1 ^{bc}	1.23 ± 0.017 ^{ab}
Branches			
Tra Ly	0.035 ± 0.01 ^a	0.22 ± 0.11 ^a	0.16 ± 0.01 ^a
Ninh Co	0.055 ± 0.01 ^a	0.26 ± 0.2 ^a	0.54 ± 0.011 ^a
Dai	0.02 ± 0.01 ^a	0.38 ± 0.1 ^a	0.78 ± 0.01 ^a
Seashore			
St. 12	0.075 ± 0.01 ^a	0.75 ± 0.2 ^a	1.3 ± 0.7 ^a
St. 22	0.018 ± 0.01 ^a	0.42 ± 0.1 ^a	0.75 ± 0.1 ^a
St. 32	0.008 ± 0.01 ^a	0.25 ± 0.01 ^a	0.65 ± 0.1 ^a
St. 42	0.007 ± 0.01 ^a	0.12 ± 0.01 ^a	0.55 ± 0.01 ^a

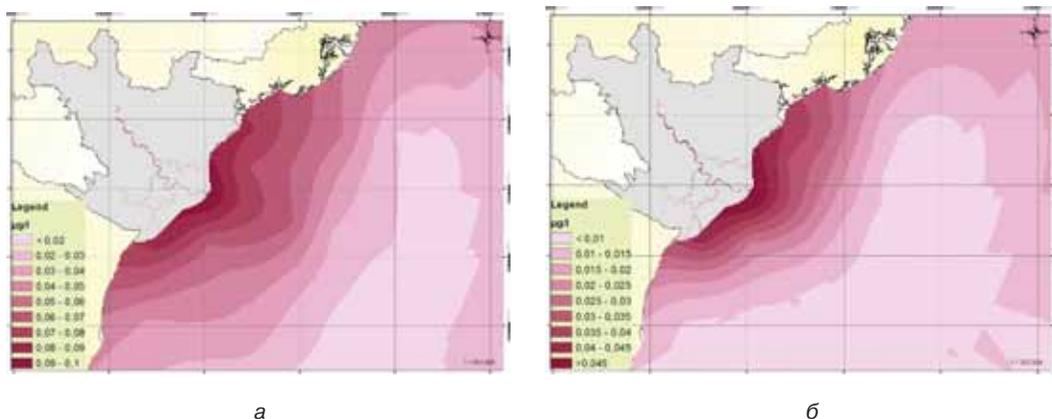


Рис. 2. Пространственное распределение растворенной ртути в воде в устьевой области р. Красная за 2014—2016 гг.:

а — в период половодья; б — в межени

[Figure 2. The spatial distribution of dissolved mercury in water in the mouth area of the Red River for 2014—2016:

а — during the flood period; б — in low water]

Содержание растворенной ртути в речной воде р. Красная распределено неравномерно и изменяется от 0,05 до 0,08 мкг/л в межени и от 0,07—0,11 мкг/л в период половодья. Минимальная концентрация выявлена на Ст. 7. В устье р. Красная (Ст. 12) содержание ртути возрастает по сравнению с Ст. 7 в 1,5 раз и составляет в среднем 0,075 мкг/л. В прилегающей части акватории залива Бакбо по направлению к морю концентрация растворенной ртути уменьшается.

По данным исследования Н.В. Лобуса и др. (2011), средняя концентрация растворенной ртути в незагрязненных пресных водах северных и умеренных широт составляет 0,005—0,015 мкг/л [8]. В цветных водах озер и рек, богатых гуминовым веществом, она может достигать до 0,02 мкг/л [10].

Данные о концентрации Hg в водоемах тропического региона существенно отличаются друг от друга. В воде рек Южной Америки содержание растворенной ртути колеблется от 0,003 до 0,01 мкг/л [10]. Воды р. Бунг (провинция Хуе, Центральный Вьетнам) содержат от 0,001 до 0,021 мкг/л [8]. В водоемах Южного Вьетнама средняя концентрация в пресных водах составляет 0,013—0,04 мкг/л [3].

Таким образом, содержание растворенной ртути в воде устьевой области р. Красная несколько выше по сравнению с величинами, указанными для незагрязненных пресных вод умеренных и северных широт, а также для пресных водных объектов Южной Америки, Центрального и Южного Вьетнама.

В водоемах главные растворенные формы металла — элементарная ртуть (Hg^0) и комплексные соединения Hg^{2+} с различными неорганическими и органическими лигандами, а также его органические формы. Выявлено, что поверхностные воды могут быть перенасыщены Hg^0 по сравнению с атмосферой и из-за ее высокой летучести (элементарная ртуть быстро испаряется) [2; 10]. Высокая температура поверхностных вод в тропиках может увеличивать скорость этого процесса, способствуя снижению концентрации ртути в поверхностном слое стоячих водоемов и мелководных притоков.

Взвешенная форма ртути

Как видно из таблицы, в большинстве отобранных проб воды р. Красная содержание растворенной ртути в несколько раз выше такого в взвешенном веществе. По направлению к морю концентрация взвешенной формы ртути в водотоках повышается и достигает в устьях 0,6—0,7 мкг/л. Высокая концентрация также наблюдалась на расстоянии 25—30 км от берега (рис. 3).

При смешении морских и речных вод преобразуются миграционные формы химических элементов и формируется геохимический барьер «река — море» [1; 11]. Такой узкий пояс называется маргинальным фильтром [11].

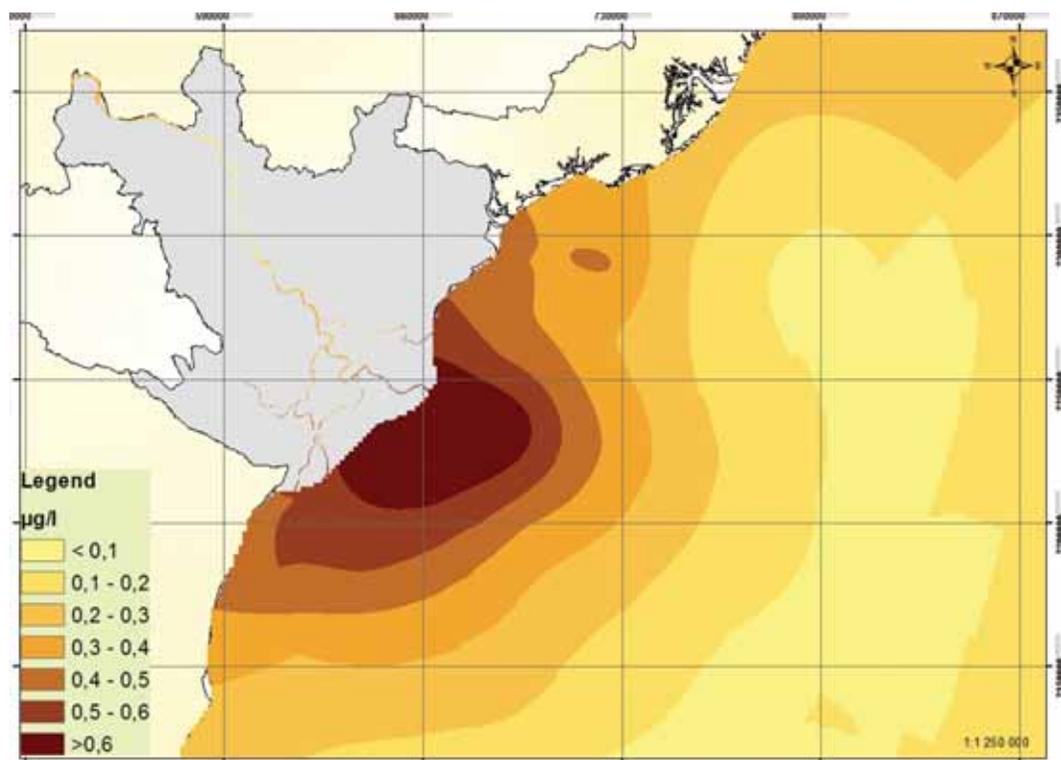


Рис. 3. Пространственное распределение взвешенной формы ртути в устьевой области р. Красная в 2014—2016 гг.
[Figure 3. Spatial distribution of mercury suspended form in the estuary area of the Red River for 2014—2016]

Маргинальный фильтр характеризуется адсорбцией неорганических и органических растворенных веществ с сопутствующим захватом растворенных форм различных металлов [11], что может приводить к повышению доли ртути, переносимой на взвешенном веществе.

Во взморье концентрация взвешенной формы ртути снижается до 0,1 мкг/л (на Ст. 42). Содержание взвешенных форм металла снижается вследствие уменьшения общей концентрации взвеси и самоочищения водной экосистемы от речного материала и перехода к морским условиям.

Ртуть в донных отложениях

Содержание Hg в ДО р. Красная наблюдается в пределах 0,1–1,25 мг/кг сухой массы. В верхнем течении оно варьирует в узком интервале и имеет минимальное значение (0,09–0,19 мг/кг сухой массы). В среднем течении оно отмечено на уровне 0,7–0,8 мг/кг вследствие интенсивного поступления ртути из источников. Максимальные концентрации Hg в грунтах (1,25 мг/кг) отмечены в устье реки (Ст. 7) (рис. 4).

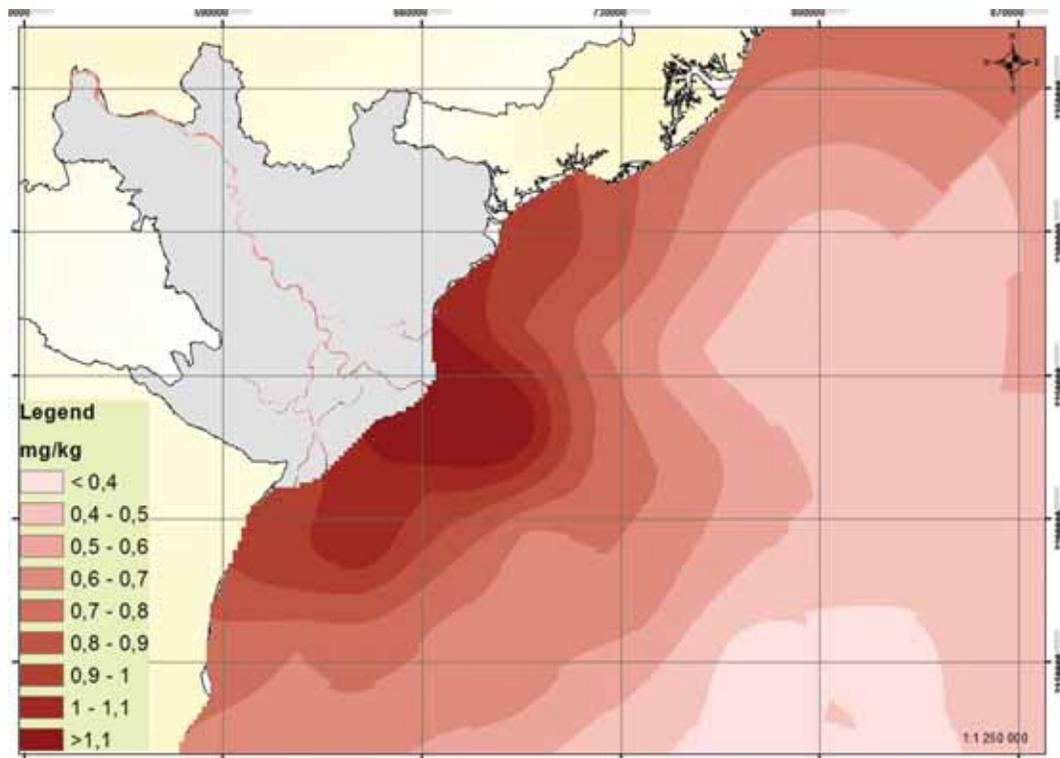


Рис. 4. Пространственное распределение ртути в донных отложениях в устьевой области р. Красная в 2014–2016 гг.

[Figure 4. Spatial distribution of mercury in bottom sediments in the estuary area of the Red River for 2014–2016]

Низкие значения исследуемого показателя выявлены и для ДО притока Чали — 0,16 мг/кг, содержание металла в грунтах притоков Ньинко и Дай составило в среднем 0,6–0,7 мг/(кг сухой массы). На взморье содержание Hg в ДО показывает максимальное значение в устье основного русла (Ст. 12), а дальше уменьшается до фонового.

Концентрация металла в грунтах устьевой области р. Красная наблюдается в пределах 0,1–1,3 мг/кг сухой массы. Можно отметить, что для ДО этой зоны характерны более высокие концентрации элемента по сравнению с ДО незагрязненных водоемов умеренных и северных широт Европы, Северной Америки и водоемов других областей Вьетнама.

В речных водных объектах устьевой области р. Красная главными формами существования ртути являются растворенная и взвешенная. В маргинальном фильтре основная часть взвешенной формы ртути выпадает в ДО [12].

Выводы

Установлено, что максимальные содержания растворенной ртути наблюдались в вершине дельты (0,08 мкг/л в межени и 0,11 мкг/л в половодье). По направлению к морю ее концентрация уменьшалась.

Особенность распределения ртути в взвешенных формах и ДО в устьевой области р. Красная заключается в увеличении ее концентрации в дельтовых водотоках по направлению к морю, максимальных значениях в устьях р. Красная и общем убывающем градиенте на взморье.

ДО водоемов исследованного региона отличаются более высоким содержанием Hg по сравнению с незагрязненными грунтами в водоемах умеренных и северных широт, а также с ДО водных объектов других областей Вьетнама. Донные отложения на расстоянии 25–30 км от берега, находясь в маргинальном фильтре, маркируют локальные барьеры внутри устьевой области.

Список литературы

- [1] *Mason R.P., Fitzgerald W.F. et al.* Mercury biogeochemical cycling in a stratified estuary // *Limnol. Oceanogr.* 1993. Vol. 38. No. 6. Pp. 1227–1241.
- [2] *Hai Luu Duc et al.* Accumulation of mercury in sediment and bivalves from Cua Dai estuary, Hoi An city // *VNU Journal of Science, Earth Sciences.* 2010. Vol. 26. Pp. 48–54.
- [3] *Кы Н.В.* Устьевые области рек Вьетнама. Одесса: Астропринт, 2004. 360 с.
- [4] *Mai C.V., Stive M.J.F., Selder P.H.A.J.M.* Coastal protection strategies for the Red River delta // *J. Coastal Research.* 2009. Vol. 25. No. 1. Pp. 105–116.
- [5] *Luu T.N.M., Garnier J., Billen G., Orange D., Nemery J., Le T.P.Q., Tran H.T., Le L.A.* Hydrological regime and water budget of the Red River Delta (Northern Vietnam) // *Journal of Asian Earth Sciences.* 2017. Vol. 37. Pp. 219–228.
- [6] ГОСТ 31861—2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2013.
- [7] ГОСТ 17.1.5.01—80. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность (с изм. № 1). М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 7 с.
- [8] *Лобус Н.В., Котов В.Т., Нгуен Тхи Хай Тхань.* Содержание ртути в компонентах экосистем водоемов и водотоков провинции Кхань Хоа (Центральный Вьетнам) // *Водные ресурсы.* 2011. Т. 37. № 6. С. 733–739.
- [9] *Beiras R. et al.* Mercury concentration in seawater, sediments and wild mussels from the coast of Galicia (Northwest Spain) // *Marine Pollution Bulletin.* 2002. Vol. 44. Pp. 340–349.
- [10] *Нгуен Тхи Тхуи Ньунг, Волкова И.В.* К вопросу о накоплении тяжелых металлов (Pb, Hg, As) в компонентах водных экосистем устьевой области реки Красная (Хонгха) (Вьетнам) // *Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство.* 2018. № 1. С. 132–140.
- [11] *Лисицын А.П.* Маргинальный фильтр океанов // *Океанология.* 1994. Т. 34. № 5. С. 735–747.
- [12] *Аникиев В.В., Горячев Н.А. и др.* Поведение тяжелых металлов при смешении речных и морских вод // *Геохимия.* 1991. № 7. С. 1642–1651.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 21.12.2018

Дата принятия к печати: 27.12.2018

Для цитирования:

Нгуен Н.Т.Т., Волкова И.В., Егорова В.И. Особенности миграции ртути в воде и донных отложениях устьевой области реки Красная во Вьетнаме // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 4. С. 431–440. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-4-431-440

Сведение об авторах:

Нгуен Ньунг Тхи Тхуи — магистр экологии, аспирант Астраханского государственного технического университета. *Контактная информация:* e-mail: nguenthuyhung.ast@gmail.com

Волкова Ирина Владимировна — доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры гидробиологии и общей экологии Астраханского государственного технического университета. eLIBRARY SPIN-код: 3433-8124. *Контактная информация:* e-mail: gridasova@mail.ru

Егорова Вера Ивановна — кандидат биологических наук, доцент, кафедры прикладной биологии и микробиологии Астраханского государственного технического университета. *Контактная информация:* e-mail: lekaego@mail.ru

Peculiarities of migration of mercury in water and bottom sediments of the estuary area of the Red River (Vietnam)

N.T.T. Nguyen, I.V. Volkova, V.I. Egorova

Astrakhan State Technical University
16G Tatischeva St., Astrakhan, 414056, Russian Federation

The paper assessed the content of mercury in water and bottom sediments in the mouth area of the Red River of Vietnam. Given the spatial distribution of mercury in the dissolved, suspended forms and in sediments. The studies were conducted at 30 stations 2 times a year (during the flood and low-water periods) in 2014–2016. Samples of bottom sediments were collected in the surface layer. The spatial distribution of mercury was carried out using the kriging method in ArcGIS 10.2.2. During the study period it was found that the concentration of mercury in the water of the Red River varies from 0,05 to 0,08 $\mu\text{g/l}$ during low-water periods and 0,07 to 0,11 $\mu\text{g/l}$ during the flood period. Towards the sea, the concentration of dissolved mercury decreased. Mercury concentrations in suspended form and bottom sediments increase towards the sea and reach a maximum in the marginal filter. In river waters, the main forms of mercury existence are dissolved and suspended, and in the marginal filter — in bottom sediments. The bottom sediments of the estuary area of the Red River are distinguished by a higher content of Hg compared to uncontaminated soils in reservoirs of temperate and northern latitudes, as well as with bottom sediments of water bodies in another region of Vietnam.

Keywords: estuary area; mercury; bottom sediments; spatial interpolation; kriging; marginal filter

References

- [1] Mason RP, Fitzgerald WF, Hurley J, Hanson AK, Donaghay PL, Sieburth JM. Mercury biogeochemical cycling in a stratified estuary. *Limnol. Oceanogr.* 1993;38(6): 1227–1241.

- [2] Hai Luu Duc et al. Accumulation of mercury in sediment and bivalves from Cua Dai estuary, Hoi An city. *VNU Journal of Science, Earth Sciences*. 2010;26: 48—54.
- [3] Ky NV. Ust'evye oblasti rek V'etnama [Estuarine areas of the rivers of Vietnam]. Odessa: Astroprint Publ.; 2004.
- [4] Luu TNM, Garnier J, Billen G, Orange D, Nemery J, Le TPQ, Tran HT, Le LA. Hydrological regime and water budget of the Red River Delta (Northern Vietnam). *Journal of Asian Earth Sciences*. 2017;37: 219—228.
- [5] Mai CV, Stive MJF, Selder PHAJM. Coastal protection strategies for the Red River delta. *J. Coastal Research*. 2009;25(1): 105—116.
- [6] GOST 31861—2012. Voda. Obschie trebovaniya k otboru prob. Moscow: Standartinform Publ.; 2013.
- [7] GOST 17.1.5.01—80. Ohrana prirody (SSOP). Gidrosfera. Obschie trebovaniya k otboru prob donnyh otlozhenij vodnyh ob"ektov dlya analiza na zagryaznennost' (s izm. No. 1). Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov; 2002.
- [8] Lobus NV, Komov VT, Nguen Thi Haj Than'. Soderzhanie rtuti v komponentah ehkositsem vodoemov i vodotokov provincii Kkhan' Hoa (Central'nyj V'etnam). *Vodnye resursy*. 2011;37(6): 733—739.
- [9] Beiras R et al. Mercury concentration in seawater, sediments and wild mussels from the coast of Galicia (Northwest Spain). *Marine Pollution Bulletin*. 2002;44: 340—349.
- [10] Nguyen Thi Thuy Nhung, Volkova IV. K voprosu o nakoplenii tyazhelyh metallov (Pb, Hg, As) v komponentah vodnyh ehkositsem ust'evoy oblasti reki Krasnaya (Hongha) (V'etnam) [To the question of accumulation of heavy metals (Pb, Hg, As) in the components of aquatic ecosystems of estuarine area of the Red River (Vietnam)]. *Vestnik AGTU. Seriya: Rybnoe hozyaystvo*. 2018;1: 132—140.
- [11] Lisitsyn AP. Marginal'nyy fil'tr okeanov [A Marginal Filter of the Oceans]. *Okeanologiya*. 1994;34(5): 735—747.
- [12] Anikiev VV, Goryachev HA i dr. Povedenie tyazhelyh metallov pri smeshenii rechnyh i morskikh vod. *Geokhimiya*. 1991;7: 1642—1651.

Article history:

Received: 21.12.2018

Revised: 27.12.2018

For citation:

Nguyen NTT, Volkova IV, Egorova VI. Peculiarities of migration of mercury in water and bottom sediments of the estuary area of the Red River (Vietnam). *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(4): 431—440. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-4-431-440

Bio Note:

N. T. T. Nguyen — master of environment, postgraduate student, Astrakhan State Technical University. *Contact information*: e-mail: nguyenthuyhung.ast@gmail.com

Irina V. Volkova — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology, Astrakhan State Technical University. eLIBRARY SPIN-code: 3433-8124. *Contact information*: e-mail: gridasova@mail.ru

Vera I. Egorova — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Applied Biology and Microbiology, Astrakhan State Technical University. *Contact information*: e-mail: lekaego@mail.ru