

Пространственное распределение тяжелых металлов (Pb, Hg, As) в устьевой области реки Красная (Вьетнам)

Представлены результаты изучения особенностей пространственного распределения некоторых тяжелых металлов (Pb, Hg, As) в системе "взвешенное вещество – донные отложения" в устьевой области реки Красная (Вьетнам). Исследования проводились в период основных гидрологических сезонов 2014–2016 гг. (периоды половодья и межени). Пространственный анализ количества тяжелых металлов (ТМ) во взвешенной форме и в донных отложениях был проведен с помощью модели интерполяции в среде ArcGIS 10.2.2. Распределение концентрации Pb, Hg, As во взвешенной форме и в фазах донных отложений в устьевой области р. Красная характеризуется наличием максимума в устьях рукавов и общим убывающим градиентом в сторону моря. Максимальные концентрации Pb, Hg во взвешенных формах наблюдались в поверхностном слое воды на барьере река – море. Содержание Hg и As в устьевой области р. Красная наблюдалось в порядке: $ВВ_{пов} < ВВ_{дно} < ДО$; а содержание Pb – $ВВ > ДО$. По величинам среднего коэффициента обогащения $K_{ВВ/ДО}$ изученные тяжелые металлы располагаются в следующий убывающий ряд: $Pb > Hg > As$. Донные отложения на расстоянии 20–30 км от берега, находясь на речной и морской границах зоны смешения соленых и пресных вод, маркируют локальные барьеры внутри устьевой области. На этих локальных барьерах происходят интенсивные осаждения и аккумуляция ТМ в донных отложениях в результате последовательной смены гидродинамических и гидрохимических условий в устьевой области реки Красная.

Ключевые слова: тяжелый металл, взвешенная форма, донные отложения, пространственное распределение, аккумуляция, интерполяция.

Введение

Устьевая область реки Красная – одна из крупнейших во Вьетнаме, в современных условиях она состоит из дельты (14,6 тыс. км²) и устьевого взморья (1 300 км²) [1; 2].

На этой территории располагаются мощный транспортно-промышленный узел на базе крупных городов и маленькие промышленные поселки Северного Вьетнама [1; 3]. Здесь также концентрируются основные рисовые поля. Кроме того, в р. Красная попадает значительное количество сбросов из промышленных центров Китая и добывающей промышленности в вершине дельты. Такое сосредоточение производственных объектов определяет высокий уровень загрязнения в устьевой области р. Красная.

Дельтовые водотоки являются главными путями попадания загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов, во взморье. Тяжелые металлы (ТМ), попадающие в устьевую область, могут частично там накапливаться, избыток же металлов вместе с водой попадает во взморье. Они могут существовать в виде различных форм – взвешенных, коллоидных и истинно растворенных частиц; свободных гидратированных катионов, оксо- и гидроксокомплексов, комплексов с неорганическими, особенно органическими лигандами, сорбируются и аккумулируются гидробионтами и донными отложениями [4]. Однако донные отложения могут служить источником вторичного загрязнения водной экосистемы [5; 6]. Вследствие этого при оценке экологического состояния устьевой области актуальное значение имеет изучение миграции ТМ в системе "вода – донные отложения" на территории данной области.

Маргинальный фильтр – это узкий в глобальных масштабах пояс (от сотен км для крупных рек до сотен метров для мелких), где происходит смешение речных и морских вод [7]. В исследованиях Исупова М. В. (2011) и Кы Н. В. (2004) показано, что для реки Красная морской маргинальный фильтр располагается до 40 км от берега [1; 2]. Процессы сорбции и десорбции в условиях маргинального фильтра играют особенно важное значение для распределения ТМ в устьевой области р. Красная.

Цель работы – исследование пространственного распределения ТМ (Pb, Hg, As) во взвешенной форме и в донных отложениях устьевой области р. Красная.

Материалы и методы

Наблюдения проводились по следующим стационарам: по основному руслу р. Красная и дельтовым водотокам (станции 1–5); на устьях рук. Чали, Балат и рук. Нинько (станции 6–9); на взморье (26 станций) (рис. 1).

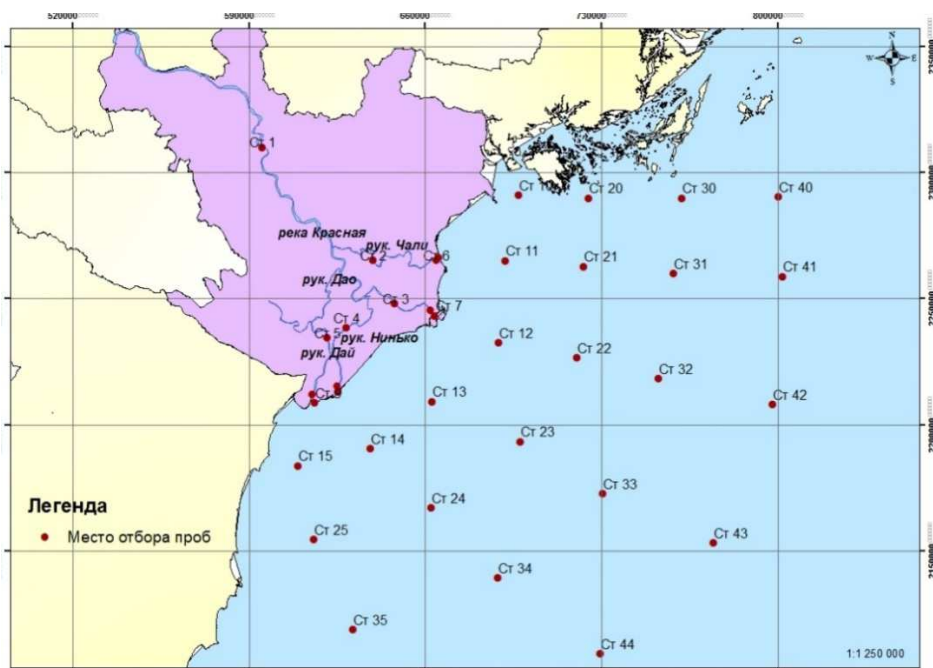


Рис. 1. Карта-схема устьевой области р. Красная; ● место отбора проб
 Fig. 1. Index map of the Red River estuary area; ● – sampling location

Исследования проводились в период основных гидрологических сезонов 2014–2016 гг. (периоды половодья и межени). При отборе проб речных вод использовали пластмассовый батометр объемом 1 л. Отбор проб морских вод осуществлялся с помощью батометра морской БМ-48 (батометр Ф. Нансена). Пробы донных отложений отбирались на глубине 1 м синхронно с отбором проб воды в соответствии с требованиями Вьетнама. Для отбора проб ДО применяли ковшовый дночерпатель SKU-196-B12 Wildco¹.

Определение ТМ (Pb, Hg, As) во взвешенных веществах и в донных отложениях проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии² [8].

Алгоритм расчета количества ТМ, сорбированных донными отложениями [9; 10]:

$$C_{\text{ДО}} = \Gamma \times C_t;$$

$$C_\tau = C_0 \times e^{-K\tau \frac{S}{V}}.$$

По уравнению материального баланса рассчитывается количество сорбированного ТМ:

$$q = C_0 \times V - C_t \times V_s.$$

Суммарное количество ТМ, сорбированного донными отложениями:

$$q_{\text{сум}} = q + q_{\text{Fe}(\text{OH})_3},$$

где C_0 – исходная концентрация ТМ, мг/дм³; C_t – концентрация ТМ в воде на момент времени τ , мг/дм³; $C_{\text{ДО}}$ – содержание ТМ в донных отложениях, мг/кг; S – площадь, занятая ДО, м²; Γ – коэффициент распределения; V – объем воды, поступившей в водный объект за расчетный период времени, дм³; τ – время, сут; K – константа скорости процесса сорбции ТМ донными отложениями; q – количество ТМ, сорбированного донными отложениями (илами, песчанистыми илами, песком); $q_{\text{Fe}(\text{OH})_3}$ – количество ТМ, сорбированного гидроксидом железа (III).

Математическая обработка результатов осуществлялась с применением стандартных пакетов программ для статистических вычислений (Excel). Результаты концентрации взвешенной формы ТМ и их содержания в донных отложениях получены с помощью пространственного анализа в среде ArcGIS 10.2.2.

¹ Р 52.24.353-2012. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. Ростов н/Д : Росгидромет, ФГБУ "ГХИ", 2012. 36 с. ; ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М., 2013. 32 с.

² ПНД Ф 14.1:2:4.139-98. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций кобальта, никеля, меди, цинка, хрома, марганца, железа, серебра, кадмия и свинца в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектроскопии. М., 1998 ; QCVN 08-MT:2015/BTNMT. National technical regulation on surface water quality. 7 p.

Для пространственного анализа количества ТМ во взвешенной форме и в донных отложениях использовалась модель интерполяции в специальных инструментах ArcToolbox [11].

Результаты и обсуждение

Тяжелые металлы в воде и во взвешенном веществе

Самые высокие концентрации растворенных форм Pb, Hg, As наблюдались в вершине дельты, где сосредоточены промышленные центры с многочисленными химическими предприятиями, а также расположены рисовые поля.

Распределение концентрации взвешенной формы Pb, Hg, As в воде устьевой области р. Красная характеризуется наличием максимума в устьях рукавов (рис. 2). Из-за снижения скорости течения в основном русле и дельтовых рукавах по мере приближения к морскому краю дельты и на взморье наблюдается процесс аккумуляции взвешенных веществ и сорбированных на них загрязняющих веществ [12].

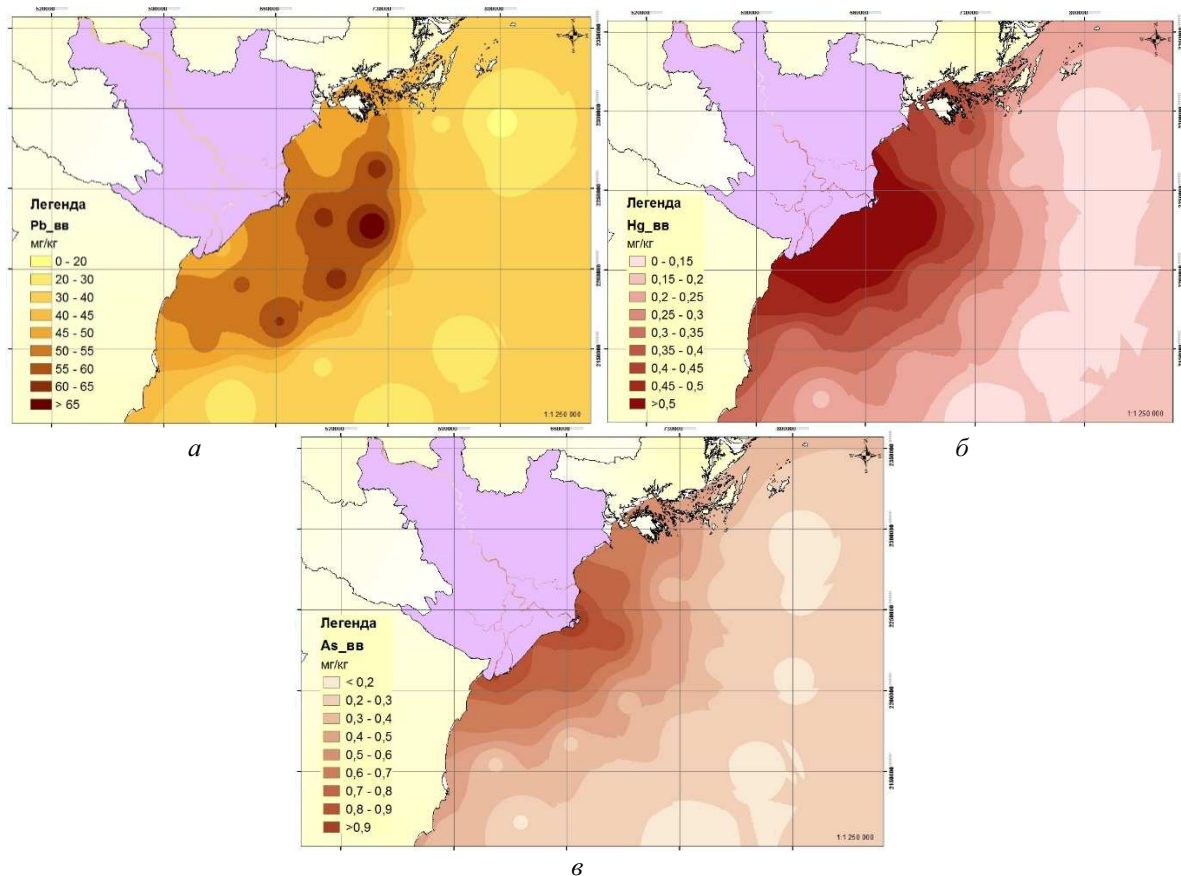


Рис. 2. Пространственное распределение взвешенной формы тяжелых металлов в устьевой области р. Красная (2014–2016 гг.): а – свинец; б – ртуть; в – мышьяк

Fig. 2. Spatial distribution of heavy metals suspended form in the estuary area of the Red River (2014–2016): а – lead; б – mercury; в – arsenic

По направлению к морю концентрация взвешенной формы свинца сначала снижается, затем повышается на расстоянии 30–40 км от устья. Максимальные концентрации этих элементов наблюдались в поверхностном слое воды маргинального фильтра (до 70,5 мг/кг в период половодья и 60–65 мг/кг в межени). Это может быть обусловлено коагуляцией и флокуляцией неорганических и органических растворенных веществ с сопутствующим захватом растворенных форм металлов [13].

Максимальные содержания As во взвешенной форме отмечены в устье основного русла (1,12 мг/кг в период половодья и 0,95 мг/кг в межени). Концентрации взвешенной формы ртути наблюдались в объеме 0,6–0,7 мг/кг на устьях, высокие концентрации также наблюдались на расстоянии 20–30 км от устья.

Также можно отметить, что основным источником поступления элементов в устьевое взморье является речной сток.

Потери взвешенных форм исследуемых металлов во взморе пропорциональны потерям самого взвешенного вещества, а распределение подчиняется закономерности: по мере удаления от устья уменьшается как общая концентрация взвеси, так и доля терригенных частиц в ее составе [14]. Содержание взвешенных форм ТМ снижается вследствие самоочищения водной системы от речного материала и переходу к морским условиям.

Распределение тяжелых металлов между взвешенной фазой и фазой донных отложений

На рис. 3 представлены сравнительные гистограммы содержания изучаемых элементов во взвешенном веществе поверхностного слоя воды (ВВ_{пов}), во взвешенном веществе придонного слоя воды (ВВ_{дно}) и в поверхностном слое донных отложений (ДО) на станциях 1, 7, 12, 22, приуроченных к дельте, речному, среднему и морскому районам устьевой области р. Красная.

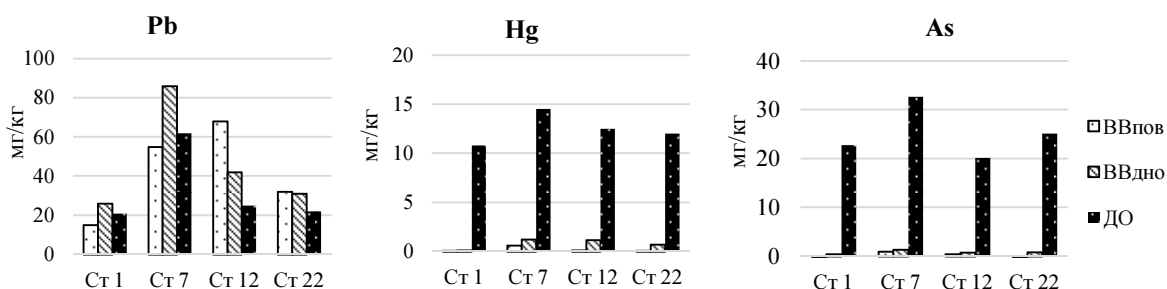


Рис. 3. Сравнительные гистограммы содержания изучаемых элементов во взвешенном веществе поверхностного слоя воды (ВВ_{пов}), во взвешенном веществе придонного слоя воды (ВВ_{дно}) и в донных отложениях (ДО) на основных частях устьевой области р. Красная (2014–2016 гг.)

Fig. 3. Comparative histograms of the studied elements' content in the suspended matter of the surface water layer (SS_{surf}), in the suspended solids of the bottom layer of water (SS_{bot}) and in the bottom sediments (BS) on the main parts of the estuary area of the Red River (2014–2016)

Распределение Hg, Pb и As отличается следующими особенностями: содержания Hg и As в устьевой области р. Красная распределяют в порядке возрастания: ВВ_{пов} < ВВ_{дно} < ДО; в распределении Pb общей особенностью является преобладание взвешенной фазы данных элементов над фазой донных отложений.

Максимум содержания всех изученных металлов во взвешенном веществе поверхностного водного слоя и донных отложениях находится на станции 7 (устье рук. Балат).

Для исследования характеристики распределения ТМ между взвешенной формой и донными отложениями необходимо определить коэффициенты обогащения ТМ ($K_{ВВ/ДО}$) [9; 14; 15], представляющие собой усредненное по районам устьевой области р. Красная отношение содержания металла во взвешенном веществе поверхностного слоя воды к его содержанию в ДО. Результат расчета этих коэффициентов показан в таблице.

Таблица. Коэффициенты обогащения взвешенного вещества тяжелыми металлами поверхностного слоя донных отложений
Table. Coefficients of enrichment of suspended solids with heavy metals of the surface layer of bottom sediments

Номер станции	K_{Pb}	K_{Hg}	K_{As}
1	0,962	0,006	0,003
7	1,106	0,041	0,031
12	1,020	0,048	0,034
22	2,203	0,037	0,022
32	1,434	0,024	0,012
42	1,915	0,011	0,010
Среднее значение на устьевой области р. Красная	1,479	0,027	0,019

По величинам среднего коэффициента обогащения $K_{ВВ/ДО}$ изученные тяжелые металлы располагаются в следующий убывающий ряд: Pb > Hg > As.

Средние значения $K_{ВВ/ДО}$ для Hg и As составляют 0,003–0,04. Содержание этих металлов повышено в донных отложениях относительно взвешенного вещества и возрастает в ходе ряда речные взвешенные формы – осаждающийся материал – донные отложения. По-видимому, эти элементы

преимущественно связаны с минеральной глинистой компонентой твердого речного стока и накапливаются в составе донных отложений в геохимически инертной форме.

$K_{ВВ/ДО}$ для Pb варьирует в широких пределах (0,76–2,72) в различных частях устьевой области, т. е. распределение металла зависит не только от процессов адсорбции взвешенными веществами, но и от физико-химических процессов, протекающих в различных частях устьевой области. В большинстве станций $K_{ВВ/ДО}$ для Pb больше единицы, т. е. содержание Pb во взвешенной фазе превышает его содержание в ДО, что свидетельствует о выносе значительной части взвешенной формы Pb из реки во взморье и потере его в ходе процесса осаждения.

Пространственное распределение ТМ в донных отложениях устьевой области р. Красная

В распределении изучаемых тяжелых металлов (Pb, Hg, As) в донных отложениях в устьевой области (рис. 4) выявляется ярко выраженная общая черта: повышение содержания ТМ в донных отложениях устьевой области по направлению к морю увеличивается.

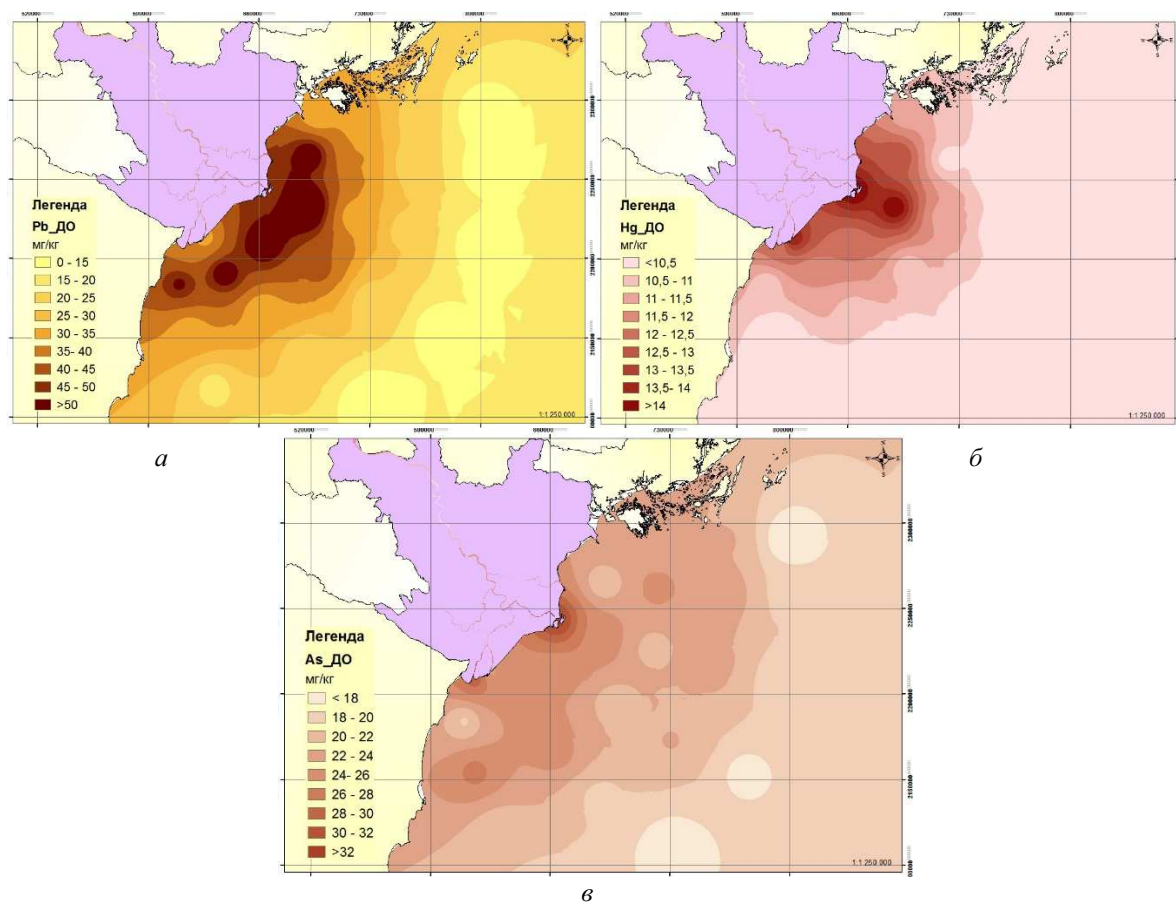


Рис. 4. Пространственное распределение тяжелых металлов в донных отложениях в устьевой области р. Красная (2014–2016 гг.): а – свинец; б – ртуть; в – мышьяк
Fig. 4. Spatial distribution of HM in bottom sediments in the estuary area of the Red River (2014–2016): а – lead; б – mercury; в – arsenic

В речной части устьевой области содержания ТМ на станциях 1–7 достаточно высокие (концентрация Pb – 26–30 мг/кг, Hg – 11,2 мг/кг и As – 20,6 мг/кг) вследствие интенсивного поступления сбросов из источников ТМ.

Содержание свинца начинается возрастать от устьев водотоков до расстояния 30–40 км в морской части, причем максимум содержания свинца в донных отложениях приурочен к станциям 12, 13 (концентрация Pb достигает 68,5–87 мг/кг), которые находятся в 30 км от берега.

Пики повышенного содержания Hg и As в донных отложениях отмечаются в устье основного русла (станция 7), далее содержание понижается до фоновых значений.

В речных водах главные формы существования ТМ – растворенная и взвешенная. На барьере река – море происходит коренное изменение структуры стока ТМ: основная часть взвешенной формы ТМ выпадает в осадок в маргинальном фильтре [7]. В устьях водотоков ТМ активно сорбируются на частях взвешенного вещества, особенно гидроксидов железа и марганца [9; 13]. Такое явление

сопровождается повышением размера взвешенной формы ТМ и аккумуляцией ТМ в донных отложениях. Кроме этого, в маргинальном фильтре большое значение имеют также биологические процессы – биоассимиляция и биоаккумуляция. Вследствие высокой биологической продуктивности такие процессы осаждения ТМ гидробионтами в устьевой области р. Красная выше, чем в другой области моря.

Заключение

Таким образом, пространственное распределение взвешенной формы и фаз донных отложений ТМ в устьевой области р. Красная характеризуется увеличением концентрации в дельтовых водотоках по направлению к морю, наличием максимума в устьях рукавов и общим убывающим градиентом на взморье. Для распределения Pb и Hg во взвешенном веществе характерна значительная неоднородность, максимальные концентрации этих элементов наблюдались в поверхностном слое воды на расстоянии 30–40 км от устьев водотоков.

Распределение Hg и As отличается тем, что содержание этих элементов в устьевой области р. Красная подчиняется отношению: $ВВ_{пов} < ВВ_{дно} < ДО$. В распределении Pb общей особенностью является преобладание взвешенной фазы над фазой донных отложений.

Такие характеристики распределения ТМ между взвешенной формой и донными отложениями доказаны коэффициентами обогащения ТМ. По величинам среднего коэффициента обогащения $K_{ВВ/ДО}$ изученные тяжелые металлы располагаются в следующий убывающий ряд: $Pb > Hg > As$.

Донные отложения на расстоянии 20–30 км от берега, находясь на речной и морской границах зоны смешения соленых и пресных вод, маркируют локальные барьеры внутри устьевой области. На этих локальных барьерах происходят интенсивные осаждения и аккумуляции ТМ в донных отложениях в результате последовательной смены гидродинамических и гидрохимических условий в устьевой области р. Красная.

Результат пространственного анализа распределения ТМ является основой для экологической оценки опасности загрязнения тяжелыми металлами экосистемы, а также может быть использован при разработке природоохранных мероприятий и систем фоновой мониторинга на территории заповедника в устьевой области реки Красная (Вьетнам).

Библиографический список

1. Кы Н. В. Устьевые области рек Вьетнама. Одесса : Астропринт, 2004. 360 с.
2. Исупова М. В., Михайлов В. Н. Гидрологические процессы в устьевой области р. Хонгха (Красная) // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 5. С. 524–537.
3. Павлов Д. С. [и др.]. Экология внутренних вод Вьетнама. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2014. 435 с.
4. Линник П. Н., Набиванец Б. И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л. : Гидрометеиздат, 1986. 270 с.
5. Беззапонная О. В. К вопросу об оценке самоочищающей способности водных объектов от соединений тяжелых металлов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2002. Т. 4, № 3. С. 280–288.
6. Воробьев В. И., Зайцев В. Ф., Щербакова Е. Н. Биогенная миграция тяжелых металлов в организме русского осетра (*Acipenser Guldenstadti Brandt*) : [монография]. Астрахань : ООО "ЦНТЭП", 2007. 116 с.
7. Лисицын А. П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. 1994. Т. 34, № 5. С. 735–747.
8. Муравьев А. Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 3-е изд., доп. и перераб. СПб. : Кримас+, 2009. 248 с.
9. Новиков М. А. К вопросу о фоновых значениях уровней содержания тяжелых металлов в донных отложениях Баренцева моря // Вестник МГТУ. 2017. Т. 20, № 1/2. С. 280–288.
10. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти : Самар. науч. центр РАН, 2003. 463 с.
11. Raulinaitis M., Ignatavičius G. Assessment of heavy metal contamination and spatial distribution in surface and subsurface sediment layers in the northern part of Lake Babrukas // *Ecologija*. 2012. V. 58, N 1. P. 33–43.
12. Полонский В. Ф., Михайлов В. Н., Кирьянов С. В. [и др.]. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря : [монография]. М. : ГЕОС, 1998. 278 с.
13. Шулькин В. М. Геохимия металлов при седиментогенезе в прибрежной зоне моря // Геохимия. 1990. № 3. С. 457–462.
14. Manasreh W., Hailat I., El-Hasan T. M. Heavy metal and anionic contamination in the water and sediments in Al-Mujib reservoir, central Jordan // *Environmental Earth Sciences*. 2010. V. 60, N 3. P. 613–621.
15. 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 Астраханского государственного технического университета. Сер. Рыбное хозяйство. 2018. № 1. С. 132–140.

References

1. Kyi N. V. Ustevye oblasti rek Vetnama [Estuarine areas of the rivers of Vietnam]. Odessa : Astroprint, 2004. 360 p.
2. Isupova M. V., Mihaylov V. N. Gidrologicheskie protsessy v ustevoy oblasti r. Hongha (Krasnaya) [Hydrological processes in the estuarine area of the River Khongha (Red)] // Vodnye resursy. 2011. V. 38, N 5. P. 524–537.
3. Pavlov D. S. [i dr.]. Ekologiya vnutrennih vod Vetnama [Ecology of the inland waters of Vietnam]. M. : Tovarischestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2014. 435 p.
4. Linnik P. N., Nabivanets B. I. Formy migratsii metallov v presnykh poverhnostnykh vodakh [Forms of metals migration in the surface fresh waters]. L. : Gidrometeoizdat, 1986. 270 p.
5. Bezzaponnaya O. V. K voprosu ob otsenke samoochischayushey sposobnosti vodnykh ob'ektov ot soedineniy tyazhelykh metallov [On evaluation of self-cleaning ability of water objects from heavy metal compounds] // Vodnoe hozyaystvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie. 2002. V. 4, N 3. P. 280–288.
6. Vorobev V. I., Zaytsev V. F., Scherbakova E. N. Biogennaya migratsiya tyazhelykh metallov v organizme russkogo osetra (Acipenser Guldenstadti Brandt) [Biogenic migration of heavy metals in the body of the Russian sturgeon (Acipenser guldenstadti Brandt)] : [monografiya]. Astrahan : OOO "TsNTEP", 2007. 116 p.
7. Lisitsyn A. P. Marginalnyi filtr okeanov [Marginal filter of the oceans] // Okeanologiya. 1994. V. 34, N 5. P. 735–747.
8. Muravev A. G. Rukovodstvo po opredeleniyu pokazateley kachestva vody polevymi metodami [Handbook for measuring the parameters of water quality by field methods]. 3-e izd., dop. i pererab. SPb. : Kriskas+, 2009. 248 p.
9. Novikov M. A. K voprosu o fonovykh znacheniyah urovney sodержaniya tyazhelykh metallov v donnykh otlozheniyah Barentseva morya [On the background values of heavy metal content in bottom sediments of the Barents Sea] // Vestnik MGTU. 2017. V. 20, N 1/2. P. 280–288.
10. Shitikov V. K., Rozenberg G. S., Zinchenko T. D. Kolichestvennaya gidroekologiya: metody sistemnoy identifikatsii [Quantitative hydroecology: methods of the system identification]. Tolyatti : Samar. nauch. tsentr RAN, 2003. 463 p.
11. Raulinaitis M., Ignatavičius G. Assessment of heavy metal contamination and spatial distribution in surface and subsurface sediment layers in the northern part of Lake Babrukas // Ecologija. 2012. V. 58, N 1. P. 33–43.
12. Polonskiy V. F., Mihaylov V. N., Kiryanov S. V. [i dr.]. Ustevaya oblast Volgi: gidrologo-morfologicheskie protsessy, rezhim zagryaznyayuschiy veschestv i vliyaniye kolebaniy urovnya Kaspiyskogo morya [Estuarine area of the Volga: hydrological and morphological processes, regime of contaminating substances and influence of fluctuations of the Caspian Sea levels] : [monografiya]. M. : GEOS, 1998. 278 p.
13. Shulkin V. M. Geohimiya metallov pri sedimentogeneze v pribrezhnoy zone morya [Geochemistry of metals under sedimentogenesis in the coastal zone] // Geohimiya. 1990. N 3. P. 457–462.
14. Manasreh W., Hailat I., El-Hasan T. M. Heavy metal and anionic contamination in the water and sediments in Al-Mujib reservoir, central Jordan // Environmental Earth Sciences. 2010. V. 60, N 3. P. 613–621.
15. Nguen Thi Thui Nung, Volkova I. V. K voprosu o nakoplenii tyazhelykh metallov (Pb, Hg, As) v komponentakh vodnykh ekosistem ustevoy oblasti reki Krasnaya (Hongha) (Vietnam) [To the question of accumulation of heavy metals (Pb, Hg, As) in the components of aquatic ecosystems of estuarine area of the River Red (Vietnam)] // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta. Ser. Rybnoe hozyaystvo. 2018. N 1. P. 132–140.

Сведения об авторах

Нгуен Тхи Тхунг Ньунг – ул. Татищева, 16, г. Астрахань, Россия, 414056; Астраханский государственный технический университет, аспирант; e-mail: nguenthuyhung.ast@gmail.com

Nguyen T. T. N. – 16, Tatishcheva Str., Astrakhan, Russia, 414056; Astrakhan State Technical University, Ph.D. Student; e-mail: nguenthuyhung.ast@gmail.com

Волкова Ирина Владимировна – ул. Татищева, 16, г. Астрахань, Россия, 414056; Астраханский государственный технический университет, д-р биол. наук, профессор; e-mail: gridasova@mail.ru

Volkova I. V. – 16, Tatishcheva Str., Astrakhan, Russia, 414056; Astrakhan State Technical University, Dr of Biol. Sci., Professor; e-mail: gridasova@mail.ru

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

Spatial distribution of heavy metals (Pb, Hg, As) in the estuary area of the Red River (Vietnam)

The features of spatial distribution of some heavy metals (Pb, Hg, As) in the system "suspended substance – bottom sediments" in the mouth area of the Red River (Vietnam) have been studied. The studies have been carried out during the main hydrological seasons of the years 2014–2016 (during the flood and low-water periods). Spatial analysis of the amount of heavy metals (HM) in the suspended form and in the bottom sediments has been carried out using the interpolation model in ArcGIS 10.2.2. Distribution of Pb, Hg, As concentration in the suspended form and bottom sediment phases in the estuary area of the Red River is characterized by a maximum in the mouths of the arms and a general decreasing gradient towards the sea. The maximum concentrations of Pb, Hg in suspended forms are observed in the water surface layer at the river – sea barrier. The content of Hg and As in the estuary region of the Red River has been observed in the following order: $SS_{surf} < SS_{bott} < BS$; and content of Pb – $SS > BS$. By the values of the average enrichment coefficient of $K_{SS/BS}$, heavy metals are located in the following decreasing series: $Pb > Hg > As$. Being on the river and sea boundaries of saline and fresh waters mixing zone, bottom sediments mark the local barriers within the mouth area at a distance of 20 to 30 km from the shore. Intense sedimentations and accumulations of HM in bottom sediments take place at these local barriers as a result of successive changes in the hydrodynamic and hydrochemical conditions in the mouth area of the Red River.

Key words: heavy metal, suspended form, bottom sediment, spatial distribution, accumulation, interpolation.