

УДК 556.555.8:546.49

РТУТЬ В ВОДЕ МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

Ю. А. Федоров*, А. Э. Овсепян, В. А. Савицкий,
А. А. Зимовец, И. В. Доценко

Представлено академиком РАН А. П. Лисицыным 11.08.2017 г.

Поступило 18.08.2017 г.

Представлены результаты экспедиционных исследований поведения ртути в воде малых рек бассейна Онежского залива Белого моря. Определены приоритетные формы миграции ртути и рассчитаны формы её нахождения по стволу р. Кянда. Проанализированы взаимосвязи между содержанием различных форм ртути, с одной стороны, и солёностью, рН, Eh вод, с другой. Выявлено влияние гидрологических фаз на трансформацию неорганических форм ртути. Установлены различия в уровнях содержания растворённой ртути и её связи с солёностью на экстуарных участках маргинальных фильтров рек Субарктики, находящихся в естественных условиях и обстановке антропогенного воздействия.

Ключевые слова: устья рек, Субарктика, поведение ртути, физико-химические свойства.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5652487193-96>

Загрязнение ртутью носит глобальный характер, что выражается в присутствии её повышенных концентраций в различных районах Субарктики, находящихся как вблизи крупных промышленных и сельских центров, так и на значительном удалении от них [1–5]. Малые реки бассейна Онежского залива, не подвергающиеся прямому антропогенному воздействию, представляют собой ценный источник информации о фоновых концентрациях ртути и поведении элемента в воде на различных участках маргинального фильтра.

Исследования в устьевой области р. Кянда (рис. 1) проводились сотрудниками Северо-Западного отделения Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН и Института наук о Земле Южного федерального университета [6]. Определение содержания различных форм миграции ртути производилось в соответствии с модифицированной методикой, применявшейся ранее на различных водных объектах Севера ЕТР [2, 3]. Выполнено более 300 определений физико-химических показателей (содержания кислорода, значений солёности, температуры, рН и Eh), в том числе 80 определений концентраций различных форм миграции ртути и её валового содержания на 10 станциях в Онежском заливе и рек Кянда, Маложма и Чикша. По значениям физико-химических параметров и содержанию ртути были

рассчитаны уравнения регрессии и коэффициенты корреляции (R).

Температура воды в реках во время экспедиции изменялась в пределах от +18,2 до +21,6 °С. Она была наибольшей в период максимального отлива и минимальной при максимальном приливе [6]. Солёность воды по профилю “р. Кянда — Онежский залив” изменялась в пределах 2,39–24,39 епс (в среднем 11,5 епс) [6] и независимо от стадии прилива возрастала в направлении устья. Значения рН по профилю изменялись в пределах 6,78–8,65 (среднее значение 7,72) с общей тенденцией к их снижению при приближении к морскому краю. Величины Eh по разрезу “река—залив” изменялись в пределах от +102 до +185 мВ (среднее значение +143 мВ). Содержание кислорода по профилю р. Кянда изменялось от 7,11 до 8,97 мг/л (в среднем 7,96 мг/л), демонстрируя тенденцию к его снижению (кроме стадии малой воды) по профилю реки в направлении зоны смешения “река—залив”. Самые низкие содержания растворённого кислорода на всех станциях отбора проб воды отмечены во время максимального прилива от 7,11 до 7,63 мг/л (в среднем 7,32 мг/л), а самые высокие от 7,89 до 8,97 мг/л (в среднем 8,57 мг/л) во время малой воды.

Содержание различных форм миграции ртути и её валовых концентраций характеризовалось значительной пространственной и временной изменчивостью (рис. 2). Валовое содержание ртути в воде изменялось в пределах 0,007–0,016 мкг/л (в среднем 0,013 мкг/л). Максимальная концентрация обнару-

Институт наук о Земле

Южного федерального университета, Ростов-на-Дону

*E-mail: fedorov@sfedu.ru; fed29@mail.ru

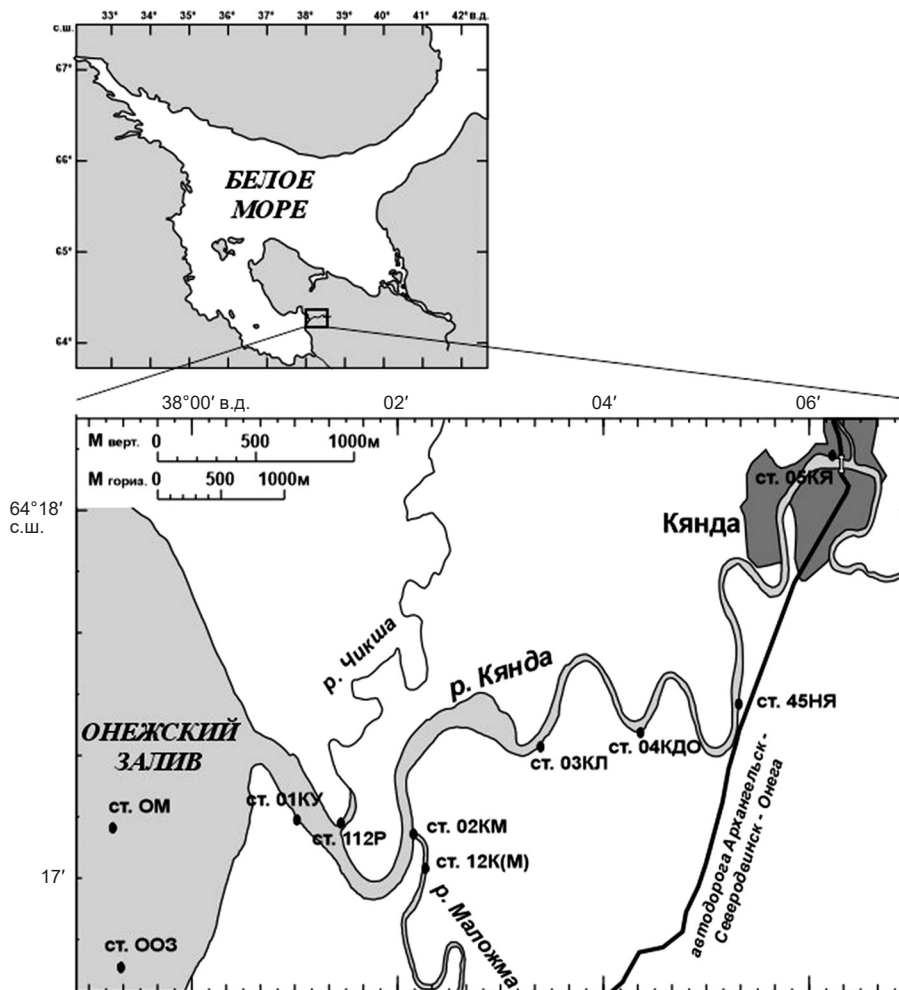


Рис. 1. Район исследований и станции отбора проб на р. Кянда в августе 2014 г.

жена во время прилива на расстоянии 1–2 км вверх по течению реки, минимальное — в самом заливе, к югу от её устья (ст. 003). Относительно низкие концентрации валовой ртути определены в воде верховья реки — ст. 05КЯ. Содержание общей растворённой формы ртути изменялось от 0,003 до 0,009 мкг/л (в среднем 0,007 мкг/л). Максимальные значения отмечены во время прилива на 2,5-километровом участке от устья вверх по течению р. Кянда. Минимальные значения обнаружены во время отлива на ст. 003, относительно невысокие концентрации общей растворённой формы характерны для станции 05КЯ и устья р. Маложма (ст. 12К(М)). Содержание ртути во взвеси изменялось от 0,003 до 0,007 мкг/л и в среднем (0,005 мкг/л) было ниже концентраций общей растворённой формы ртути.

В распределении концентраций всех форм миграции ртути по профилю реки прослеживается тенденция её уменьшения от устья к верховью (рис. 2). Наибольшие концентрации различных форм миг-

рации ртути были обнаружены в фазу большой воды на станциях, расположенных в непосредственной близости от места впадения р. Кянда в Онежский залив. Все пробы содержат растворённую форму миграции ртути в количествах, не превышающих ПДК пресноводных объектов рыбохозяйственного назначения.

Была выявлена обратная линейная связь (R от $-0,52$ до $-0,40$; $p < 0,05$) между содержанием всех форм миграции элемента и валовой ртути, с одной стороны, и значениями температуры, рН, Eh, с другой. Тесная прямая связь (R от $0,56$ до $0,64$; $p < 0,01$) установлена между солёностью и всеми формами миграции ртути и её валовым содержанием в воде, при этом с растворённой формой миграции она была наивысшей. Это свидетельствует о том, что фактор солёности оказывает доминирующее влияние на распределение всех форм миграции ртути в воде по профилю “р. Кянда — Онежский залив”, в то время как температура и рН играют меньшую роль. Отметим, что для маргинального фильтра р. Север-

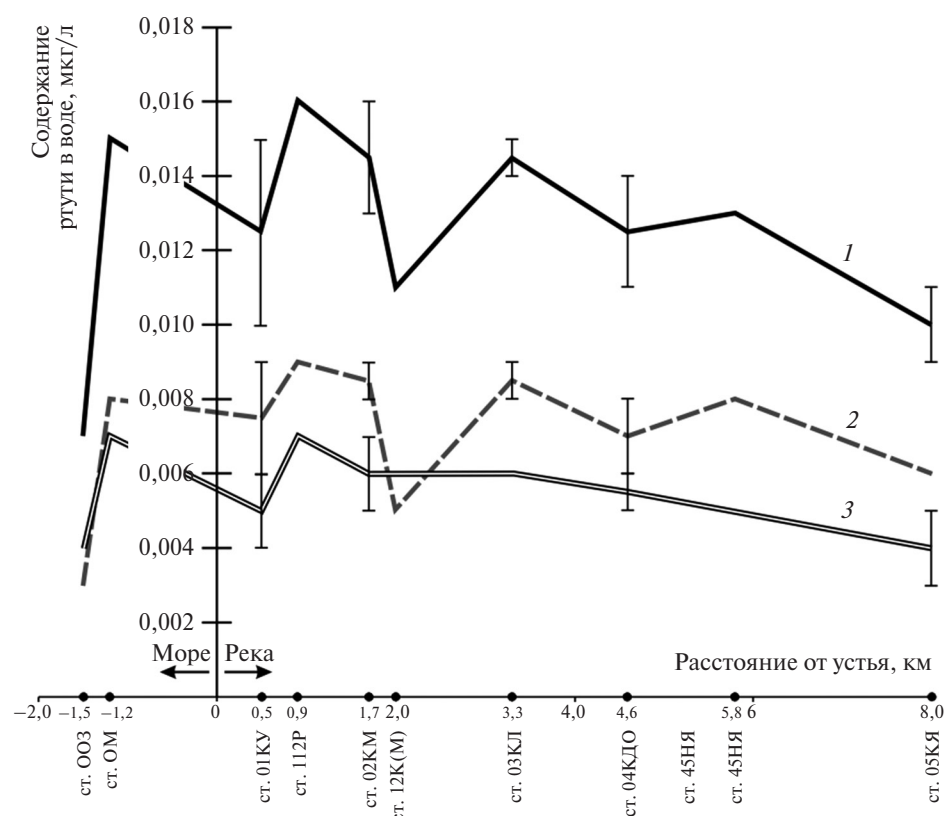


Рис. 2. Пределы колебаний и средние концентрации различных форм миграции ртути в воде по профилю Онежский залив — р. Кянда. 1 — валовое содержание ртути, 2 — содержание растворённой формы миграции ртути, 3 — содержание взвешенной формы миграции ртути.

ная Двина между солёностью и содержанием растворённой ртути наблюдалась обратная зависимость [2, 3].

Для р. Кянда и её притоков установлено преобладание растворённой формы ртути над содержанием металла во взвеси (в среднем 56% ртути мигрирует в растворённой форме). Как максимальное (67%), так и минимальное (43%) относительное содержание ртути в растворённой форме было обнаружено во время отлива. Определение преобладающих неорганических форм ртути в воде р. Кянда было произведено при помощи модельных расчётов и диаграммы зависимости рН воды от обратного логарифма концентрации хлоридов [7]. Выявлено, что при максимальном отливе преобладающими неорганическими формами ртути в воде реки являются гидроксид ртути ($Hg(OH)_2$) в интервале солёности 2,52–2,73 епс и димеркурхлорид ($HgCl_2$) при изменении солёности от 4,85 до 10,76 епс. В морских водах Онежского залива растворённая в воде ртуть при солёности 25,66 епс доминирует в форме тетрамеркурхлорида ($[HgCl_4]^{2-}$). При изменении солёности в интервале 11,91–24,39 епс преобладающая при отливе неорганическая токсичная форма ртути $HgCl_2$ сменяется малотоксичной $[HgCl_4]^{2-}$ при приливе.

Таким образом, в различные гидрологические фазы на одних и тех же станциях возможно изменение форм миграции неорганической ртути, обладающих различной токсичностью. Установлена закономерность, которая заключается в том, что на эстуарных участках маргинальных фильтров рек Субарктики, находящихся под жёстким антропогенным прессом (р. Северная Двина), содержание растворённой формы миграции ртути находится, как правило, в обратной зависимости от солёности, а в фоновых районах (р. Кянда) — в прямой.

Источники финансирования. Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Минобрнауки России № 5.5791.2017/6.7 и Гранта Президента РФ МК-6241.2016.5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. AMAP Assessment 2011: Mercury in the Arctic. Oslo: AMAP, 2011. 210 p.
2. Fedorov Yu.A., Ovsepyan A.E. Mercury and Its Connection with Physicochemical Water Parameters (Case Study of the Rivers of the Northern European Territory of Russia). In: Mercury: Sources, Applications and Health Impacts. N.Y.: Nova Sci. Publ., 2013. P. 155–172.

3. Федоров Ю.А., Овсепян А.Э., Коробов В.Б. Особенности распределения, миграции и трансформации ртути в водах устьевой области р. Северная Двина // Метеорология и гидрология. 2010. № 4. С. 85–92.
4. Федоров Ю.А., Овсепян А.Э., Лисицын А.П., Дотченко И.В., Новигатский А.Н., Шевченко В.П. // ДАН. 2011. Т. 436. № 1. С. 99–102.
5. Система Белого моря. Т. III. Рассеянный осадочный материал гидросферы, микробные процессы и загрязнения / Под ред. А.П. Лисицына. М.: Науч. мир, 2013. 668 с.
6. Лещёв А.В., Коробов В.Б., Федоров Ю.А., Овсепян А.Э., Савицкий В.А., Хоменко Г.Д., Дотченко И.В. Первые комплексные исследования реки Кянда и её маргинального фильтра, Онежский залив Белого моря (22 июля — 3 августа 2014 г.) // Океанология. 2015. Т. 55. № 5. С. 850–851.
7. Lockwood R.A., Chen K.Y. Adsorption of Mercury (II) by Hydrous Manganese Oxides // Environ. Sci. & Technol. 1973. V. 7. № 11. P. 1028–1034.

MERCURY IN THE WATER OF SMALL RIVERS OF THE ONEGA BAY BASIN OF THE WHITE SEA

Yu. A. Fedorov, A. E. Ovsepyan, V. A. Savitskiy, A. A. Zimovets, I. V. Dotsenko

The Institute of Earth Sciences of Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Presented by Academician of the RAS A.P. Lisitsyn August 11, 2017

Received August 18, 2017

The results of the expeditionary studies of the mercury behavior in the water of small rivers of the Onega Bay basin of the White Sea are presented. Priority forms of mercury migration have been identified and the forms of its location along the trunk of the Kyanda River have been calculated. The relationship between the content of various forms of mercury on the one hand and salinity, pH, Eh waters on the other has been analyzed. The influence of hydrological phases on the transformation of inorganic forms of mercury has been revealed. Differences in the levels of content of dissolved mercury and its connection with the salinity in the estuarine areas of the marginal filters of the Subarctic rivers in natural conditions and the environment of anthropogenic impact were established.

Keywords: river mouths, Subarctic, mercury behavior, physical and chemical properties parameters.