

ГЕОХИМИЯ РТУТИ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ОКРАИННЫХ МОРЕЙ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ

Иванов М.В., Алаторцев А.В., Аксентов К.И.,

*ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г.
Владивосток*

Аннотация. Изучено содержание ртути в донных осадках Восточно-Сибирского, Лаптевых, Чукотского морей и примыкающей части Северного Ледовитого океана. Установлена зависимость содержания ее от гранулометрического состава осадков и редокс-условий придонных вод, что в общем виде проявляется как батиметрическая зональность распределения.

Ключевые слова: *Ртуть, донные осадки, геоэкология, Арктика, Восточно-Сибирское море, море Лаптевых*

GEOCHEMISTRY OF MERCURY IN BOTTOM SEDIMENTS OF THE MARINE ZONES OF THE EASTERN ARCTIC

Ivanov M.V., Alatorsev A.V., Aksentov K.I.,

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute Far Eastern Branch, Vladivostok

Annotation. The mercury content in the bottom sediments of the East Siberian, Laptev, Chukchi seas and the adjacent part of the Arctic Ocean was studied. The dependence of its contents on the granulometric composition of sediments and redox conditions of bottom waters is established, which generally manifests itself as the bathymetric zonality of the distribution.

Keywords: *Mercury, bottom sediments, geoecology, Arctic, East Siberian Sea, Laptev Sea*

Введение. Изучение распределения ртути в донных осадках является в настоящее время весьма актуальной задачей в связи с ее значимостью как индикатора поступления эндогенных флюидов и поискового критерия на рудные и углеводородные залежи, так и в качестве опасного и глобального загрязнителя окружающей среды.

Наиболее информативной частью водных систем с позицией оценки степени их устойчивого загрязнения являются донные осадки, несомненно связанные со всеми другими компонентами и способные аккумулировать вклады различных источников. Типичные содержания ртути в донных осадках на 3-4 порядка выше, чем в воде. Это снимает многие аналитические трудности и делает, как правило, оценку картины загрязнения бассейна по донным осадкам существенно более надежной, чем по воде.

Материалы и методы. В работе использованы пробы донных осадков, отобранные в экспедициях на НИС «Профессор Хромов» в 2002, 2004, 2009 г.г., ГИСУ «Север» в 2006 г., МБ «Шуя» в 2006 г., НИС «Академик М.А. Лаврентьев» в 2008 г., 2016, 2018, 2020 г.г. Пробы отбирались дночерпателями, бокс-корером, гравитационными и гидростатическими трубками различной длины.

Для определения ртути, использовался анализатор ртути РА-915М+ с пиролитической приставкой ПИРО-915+. Нижний предел обнаружения – 0,5 нг/г. Погрешность анализа составляла 2-3%. Стандартными образцами на ртуть служили ГСО 7183-95, СПДС-1,2,3, НISS-1, MESS-4, PACS-3, BCR-277R. Внешний контроль ежегодно выполнялся в лаборатории фирмы-производителя (ООО Люмэкс, г. Санкт-Петербург). Статистические параметры

распределения были определены с помощью программы GeoStat. Для определения форм нахождения ртути в донных осадках использовалась комбинированная схема термического и атомно-абсорбционного анализов с экспериментально-аналитическим подходом. Физико-механические свойства осадков определялись по стандартной методике.

Гранулометрический состав донных осадков определялся на лазерном анализаторе «Анализетте-22».

Статистические параметры распределения были определены с помощью программы GeoStat (версия 7.06).

Результаты. В результате обработки данных было установлено, что содержание ртути изменяется с батиметрическим уровнем (рис. 1). Район исследований характеризуется выборкой 527 проб поверхностных донных осадков (0-5 см), которые подразделяются на 2 группы: 1) до глубин 100 м (n=395) и 2) интервале глубин 100-2600 м (n=132). Содержания ртути для данного района варьирует от 5 до 95 нг/г. При среднем и медианном содержании 33 и 30 нг/г соответственно. За фоновое содержание принято значение медианы, что хорошо согласуется с ранее определенным фоном, который составляет 30 нг/г для донных осадков Чукотского моря и прилегающей части Северного Ледовитого океана [Иванов, 2014, Trefry, 2014, Wang, 2022].

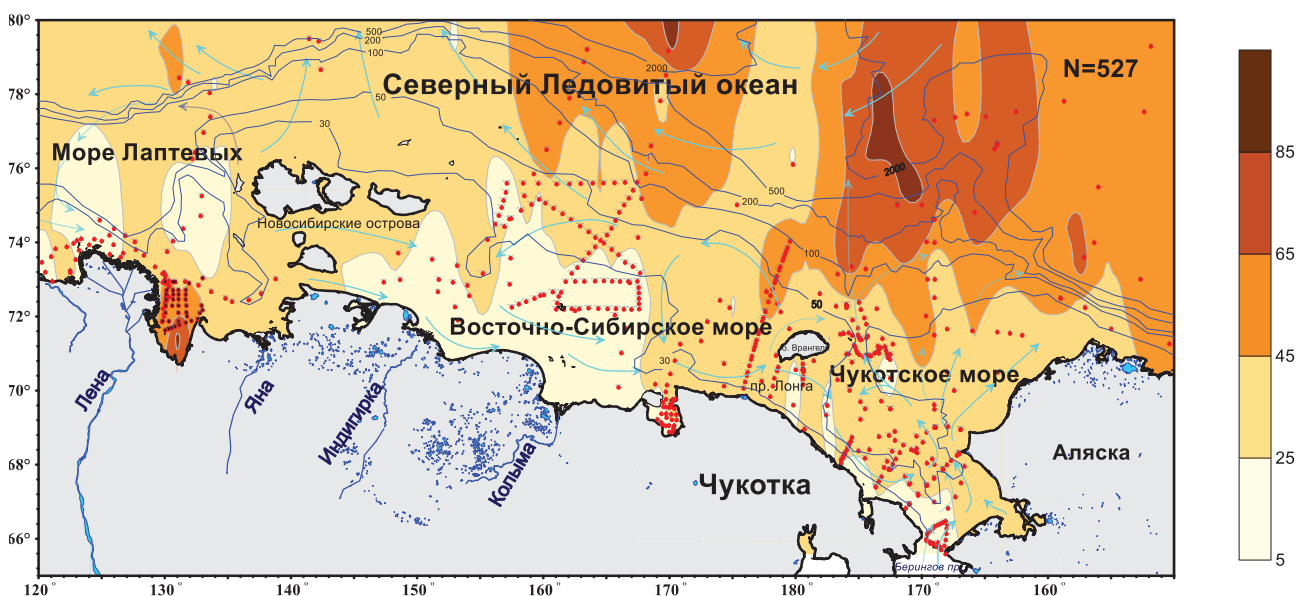


Рис.1. Содержания ртути (нг/г) в поверхностных донных осадках Чукотского, Восточно-Сибирского, Лаптевых морей и прилегающей часть Северного Ледовитого океана. Точками показаны станции отбора. Изолиниями рельеф дна (м).

Основным фактором, влияющим на вариабельность содержания ртути в донных отложениях, является наличие окисленных или восстановленных осадков. На глубине около 2600 метров, где преобладают окисленные осадки, концентрация ртути в 3-6 раз превышает фоновые значения (рис. 1) [Астахов, 2010]. В прибрежных зонах морей Лаптевых, Чукотского и Восточно-Сибирского, на глубинах 0-100 метров, где встречаются восстановленные осадки различного состава, содержание ртути ниже. Тем не менее, здесь прослеживается влияние речного стока, в частности реки Лены. Следует учитывать, что поступление континентального органического материала в море обусловлено процессами абразии береговых льдов под воздействием термических и волновых факторов. В образцах, отобранных в устье реки Лены в 2008-2009 годах, были зафиксированы аналогичные концентрации ртути [Иванов, 2011]. Повышенные уровни ртути на станции LV77-32 в центральной части Восточно-Сибирского моря связаны с присутствием на дне железо-марганцевых конкреций.

Подобная картина распределения ртути в верхнем слое донных осадков наблюдается и в других арктических регионах с природными источниками этого элемента. В центральной части Северного Ледовитого океана, где преобладают окисленные осадки [Астахов, 2010], уровень ртути составляет 80-100 нг/г. В прибрежных районах моря Бофорта он варьируется от 20 до 100 нг/г, в прибрежных зонах Восточно-Сибирского и Лаптевых морей – от 20 до 40 нг/г, а в районах устья крупных рек – около 60-80 нг/г [Экологический атлас Арктики, 2000; West, 2022].

По результатам термического анализа, установлено, что ртуть в поверхностных донных осадках Чукотского моря находится в сульфидной форме. Сульфидная форма ртути характеризуется выходом из осадка при температуре 340-410 °С. Другие формы нами не были выявлены. Сульфидная форма является наиболее устойчивой и Hg в донных осадках не оказывает существенного влияния на экосистему. Однако при определенных геохимических условиях и биохимической деятельности микроорганизмов может образовывать высокотоксичная метилртуть. Опасные для морской биоты и человека формы ртути могут возникать путем ресуспензии загрязненных осадков при их перемещении.

Заключение. Результаты исследований показали, что основным фактором, определяющим изменчивость содержания ртути в поверхностных донных осадках и ядрах исследуемого района, является наличие окисленных или восстановленных осадков. Так же, как и для других морей Арктики содержания ртути зависит от гранулометрического состава донных осадков

Антропогенное загрязнение осадков ртутью нами не отмечено, но нельзя исключать, что какая-то её часть, поступающая с речными водами р. Лены и накапливающаяся в мелководной части моря Лаптевых, может иметь антропогенное происхождение.

Благодарность. Автор благодарит главного научного сотрудника ТОИ ДВО РАН д.г.-м.н. Астахова А.С. за помощь в выполнении экспедиционных и аналитических работ.

Финансирование. Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект №25-27-00443).

Литература

1. Астахов А.С., и др. Ледовые условия Чукотского моря в последние столетия: реконструкции по седиментационным записям // Доклады Академии наук. – 2018. – Т. 480. – № 4. – С. 485–490.
2. Иванов М.В. Ртуть в донных осадках окраинных морей северо-восточной Азии // Тихоокеанская геология. – 2014. – №4. – С. 63-74.
3. Экологический атлас Арктики. 2000. <http://www.arctic.noaa.gov/aro/atlas/>
4. Иванов М.В. Ртуть в поверхностных донных осадках моря Лаптевых // Строение литосферы и геодинамики: Материалы XXIV Всероссийской молодежной конференции. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2011. – С. 95- 96.
5. Trefry J.H. et al. Trace metals and organic carbon in sediments of the northeastern Chukchi Sea // Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. – 2014. – V. 102. – Pp. 18–31.
6. Wang J. et al. Ecological Risk Assessment of Trace Metal in Pacific Sector of Arctic Ocean and Bering Strait Surface Sediments // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2022. V. 19. № 8. P. 4454.
7. West G. et al. Late Holocene Paleomagnetic Secular Variation in the Chukchi Sea, Arctic Ocean // Geochemistry, Geophys. Geosystems. – 2022. – V. 23. – № 5. – P. e2021GC010187.
8. Yury A. Fedorov Asya E. Ovsepyan Alina A. Zimovets Et al.,// Mercury Distribution in Bottom Sediments of the White Sea and the Rivers of Its Basin // Sedimentation Processes in the White Sea. – 2018. – Pp. 207-240.