

М. В. Иванов^{1}, К. И. Аксентов¹, А. В. Алаторцев¹*

Распределение ртути в донных осадках в восточном секторе Арктики

Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева
Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток, Российская Федерация

*e-mail: kirov-max@mail.ru

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

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

M. V. Ivanov^{1}, K. I. Aksentov¹, A. V. Alatorsev*

Distribution of mercury in bottom sediments in the eastern sector of the Arctic

V.I.Ilichev Pacific Oceanological Institute, Vladivostok, Russian Federation

e-mail: kirov-max@mail.ru

Abstract: The mercury content in the bottom sediments of the East Siberian, Laptev, Chukchi Seas and the adjacent part of the Arctic Ocean has been studied. The dependence of its contents on the granulometric composition of sediments and the redox conditions of bottom waters has been established, which in general is manifested as a bathymetric zonality of distribution. Background Hg contents in bottom sediments of various study areas were determined.

Keywords: mercury, bottom sediment, geoecology, Arctica, East Siberian Sea, Laptev Sea

Введение

Быстрые климатические изменения наиболее чутко проявляются в арктическом регионе. Наблюдаемое изменение климата создает перспективы для освоения территорий высоких широт и интенсификации эксплуатации Северного Морского пути, что неизбежно приведет к поступлению загрязняющих веществ в прибрежные акватории и накоплению их в донных осадках. 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.

Чукотское море, Восточно-Сибирское, море Лаптевых и прилегающая часть Северного Ледовитого океана отличаются от других арктических бассей-

нов тем что, находятся в большой удаленности от районов с развитой промышленностью и в бассейнах рек, впадающих в этой регион отсутствуют промышленные объекты. Районы исследования расположены вне зоны влияния трансграничного переноса ртути от техногенных источников в странах Юго-Восточной Азии, что делает его весьма благоприятным для изучения природного поступления ртути в донные осадки.

Методы и материалы

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 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.

Результаты

В результате обработки данных было установлено, что содержание ртути изменяется с батиметрическим уровнем (рис. 1). Район исследований характеризуется выборкой 374 проб поверхностных донных осадков (0-5 см), которые подразделяются на 2 группы: 1) до глубин 100 м (n=242) и 2) интервале глубин 100-2600 м (n=132). Содержания ртути для данного района варьирует от 3 до 92 нг/г. При среднем и медианном содержании 31 и 29 нг/г соответственно. За фоновое содержание принято значение медианы, что хорошо согласуется с ранее определенным фоном, который составляет 28 нг/г для донных осадков Чукотского моря и прилегающей части Северного Ледовитого океана [1, 2, 3].

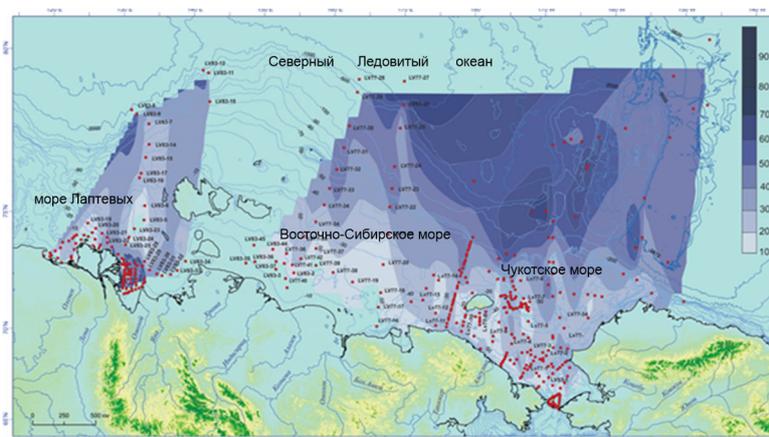


Рис. 1. Содержания ртути (нг/г) в поверхностных донных осадках Чукотского, Восточно - Сибирского, Лаптевых морей и прилегающей часть Северного Ледовитого океана. Точками показаны станции отбора. Изолиниями рельеф дна (м)

Обсуждения

Основным фактором, определяющим изменчивость содержания ртути в донных осадках, является наличие окисленных или восстановленных осадков. Превышение над фоном в 3-6 раза характерно для глубоководной части (глубина около 2600 м) района (рис. 1), где распространены окисленные осадки [4]. В мелководной части (0-100 м) море Лаптевых Чукотского и Восточно-Сибирского морей, где распространены восстановленные осадки различного состава, содержания ртути значительно меньше, однако также прослеживается влияние р. Лены. Необходимо учитывать, что поступление терригенного органического вещества в море определяется продуктами термической и волновой абразии материала берегового ледового комплекса. В пробах поверхностных донных осадков, отобранных в устье р. Лены в 2008-2009 гг., были получены аналогичные содержания ртути [5]. Так же повышенные содержания на станции LV77-32 в центральной части Восточно-Сибирского моря связаны с наличием на дне скопления железо-марганцевых конкреций.

Подобная картина распределения ртути в поверхностных донных осадках характерна для других районов Арктики с природными источниками её поступления (табл.1). В центральной части Северного Ледовитого океана, где распространены окисленные осадки [4] содержания её составляют 80-100 нг/г, в поверхностных осадках прибрежной части моря Бофорта составляют – 20-100 нг/г, прибрежной части Восточно-Сибирского и моря Лаптевых – 20-40 нг/г, в районе устья крупных рек около 60-80 нг/г [6, 7].

Таблица 1

Содержания ртути (нг/г) в поверхностных донных осадках арктических и дальневосточных морей

Объект	Количество проб	Hg, ср.	Фон	Пределы вариаций фона	Аномально высокие содержания	Источник
Чукотское море и прилегающая часть Северного Ледовитого океана	263	36	26	7-92	146	[1]
Котловина Дерюгина Охотского моря	51	61	29	6-197	371	[1]
Амурский залив Японского моря	119	50	13	12-198	550	[1]
Восточно-Сибирское, Лаптевых морей	35	27	28	3-50	-	Наши данные
Карское море	-	28	-	-	-	[8]
Море Бофорта	-	-	-	17-74	-	[8]

Исследуемые колонки донных осадков сложены в основном алеврито-пелитовыми частицами, доля песка увеличивается в отложениях, распространенных на внутреннем шельфе в зонах влияния крупных рек (Лена, Индигирка, Колыма). Окисленный слой (от коричневого до светло-коричневого) залегает в поверхностных горизонтах мощностью от первых сантиметров на внутреннем шельфе и до 30-50 сантиметров на внешнем шельфе и склоне. Доля биогенных компонентов (диатомовые, радиолярии, спикулы губок) возрастает в донных осадках Чукотского моря. Современные скорости осадконакопления на внутреннем шельфе составляют 0.15-0.20 см/год, на внешнем шельфе и глубоководных частях уменьшаются до 0.02-0.05 см/год [9]. Содержания ртути в колонке LV77-27, отобранной в глубоководном районе (глубина 2500 м) Северного Ледовитого океана составляют от 2 до 174 нг/г (рис.2). В колонках LV77-36 (Восточно-Сибирское море), LV83-16 (море Лаптевых), LV83-32 (море Лаптевых) и LV77-3 (Чукотское море) расположенных на шельфе (рис.2), содержания ртути значительно меньше, около 25 нг/г (рис.2).

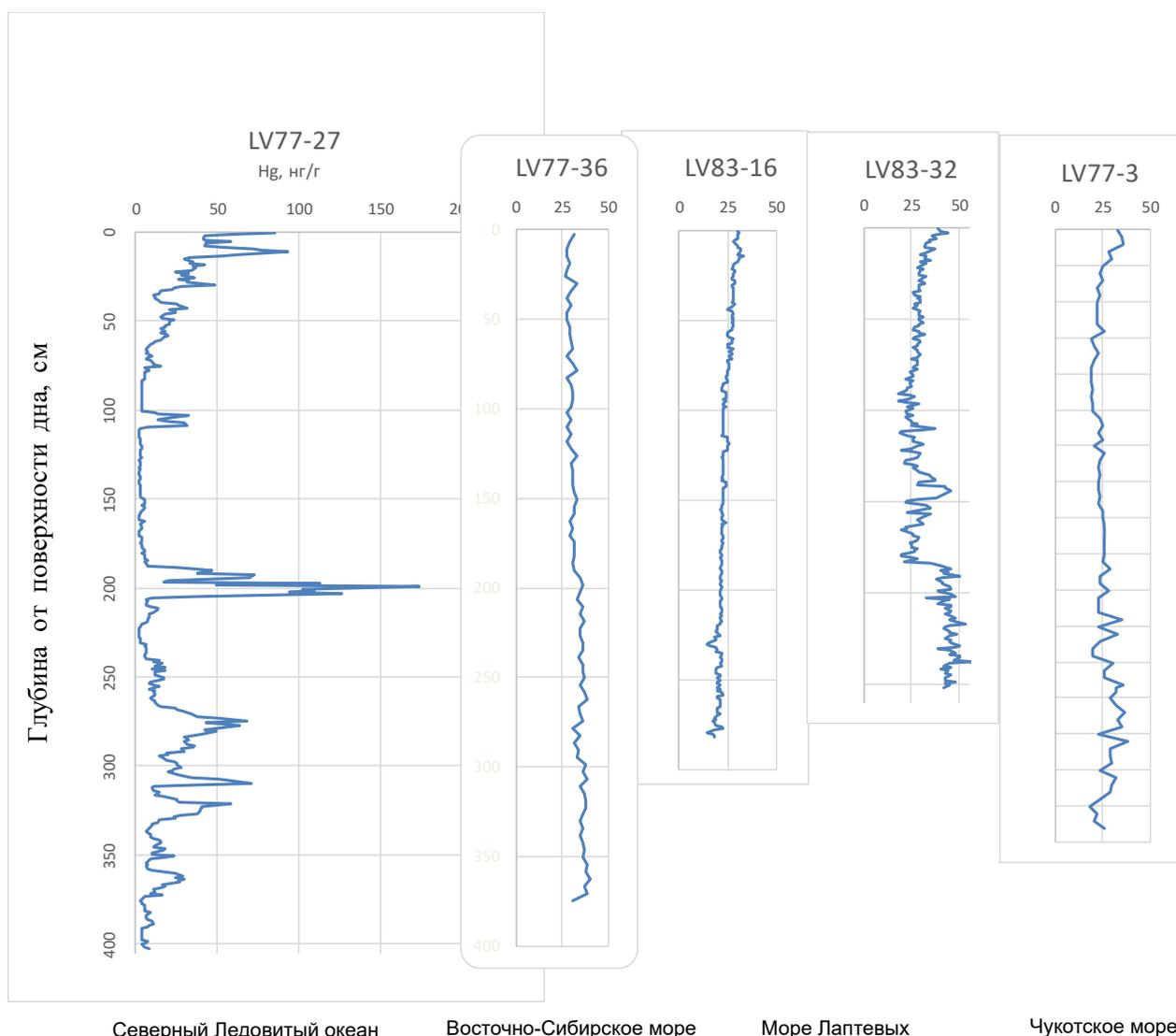


Рис.2. Содержание ртути (нг/г) в колонках донных осадков

Заключение

Результаты исследований показали, что основным фактором, определяющим изменчивость содержаний ртути в поверхностных донных осадках и кернах 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 накапливающая в мелководной части моря Лаптевых, может иметь антропогенное происхождение.

Благодарности

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

Исследования выполнены за счет средств госбюджетной темы № 121021700342-9.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов М.В. Ртуть в донных осадках окраинных морей северо-восточной Азии // Тихоокеанская геология. – 2014. – №4. – С. 63-74.
2. 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. – Vol. 102. – P. 18–31.
3. 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. – Vol. 19. – № 8. – P. 4454.
4. Астахов А.С. Босин А.А., Колесник и др. Геологические исследования в Чукотском море и примыкающих районах Северного Ледовитого океана в экспедиции RUSALCA-2009 // Тихоокеанская геология. – 2010. – Том 29. – №6. – С. 110-116.
5. 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.
6. Экологический атлас Арктики. 2000. <http://www.arctic.noaa.gov/aro/atlas/>
7. West G. et. al. Late Holocene Paleomagnetic Secular Variation in the Chukchi Sea, Arctic Ocean // Geochemistry, Geophys. Geosystems. – 2022. – Vol. 23. – № 5. – P. e2021GC010187.
8. Fedorov Yury A., Ovsepyan Asya E., Zimovets Alina A. et al. Mercury Distribution in Bottom Sediments of the White Sea and the Rivers of Its Basin // Sedimentation Processes in the White Sea. – 2018. – P. 207-240.
9. 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.

© М. В. Иванов, К. И. Аксентов, А. В. Алаторцев, 2023