

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АТОМАРНОЙ РТУТИ НАД АКВАТОРИЕЙ МОРЕЙ ВОСТОЧНОЙ АЗИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Лопатников Е.А., Калинин В.В., Иванов М.В.

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, Россия

lopatnikov@poi.dvo.ru

Ключевые слова: атомарная ртуть, трансграничный перенос, источники ртути, CWT анализ, моря востока Азии

Ртуть - это стойкое и токсичное химическое вещество, которое может биоаккумулироваться и отрицательно сказаться на здоровье человека. Особое внимание уделяется атомарной ртути $\text{Hg}(0)$, которая может попадать в атмосферу и переноситься в ней на дальние расстояния в течении долгого периода, вплоть до года [1]. Повышение содержаний ртути в атмосфере связаны с началом индустриального периода. Азиатский регион вносит наибольший вклад в эмиссию атомарной ртути в атмосферу, лидером является Китай [2]. Ранее неоднократно фиксировался атмосферный перенос $\text{Hg}(0)$ в Японское море из Китая и региона Жёлтого моря [3]. Однако мало исследований посвящены зимнему периоду который отмечается повышенной эмиссией $\text{Hg}(0)$ в атмосферу из-за сжигания Hg -содержащего угля в связи с начала отопительного сезона.

В работе используются измерения содержаний $\text{Hg}(0)$ в приземной атмосфере в Японском и Восточно-Китайском морях, полученные в 88 рейсе НИС «Академик Лаврентьев» в октябре-декабре 2019 г. в два этапа: при переходе из порта Владивосток в Южно-Китайское море и обратно. Измерения выполнялись с помощью атомно-абсорбционного анализатора ртути РА-915М (ООО «Люмэкс», г. Санкт-Петербург) с пределом обнаружения 0.3 нг/м^3 по ранее отработанной методике [3]. Показания прибора усреднялись за 1 минуту с контролем нуля каждые 5 минут, для демонстрации пространственного и временного распределения результаты усреднялись до 30 минутных интервалов, а для проведения анализа траекторий с взвешенной концентрацией (Concentration-weighted trajectory (CWT)) - за каждый час. Основные метеопараметры: температура, влажность, давление, осадки, солнечная радиация, скорость и направление ветра определялись каждые 30 мин с помощью метеостанции Davis Vantage Pro (Davis Instruments Corp., США).

Для получения обратных траекторий использовалась хорошо описанная система HYSPLIT с метеорологической базой данной GDAS1 с опцией ансамбля [3–5]. Она позволяет получить 27 возможных траекторий из точки измерения. Моделировались 72-часовые обратные траектории движения воздушных масс для каждого часа исследуемого периода, таким образом было смоделировано 8.343 одиночных обратных траекторий.

В CWT анализе каждая обратная траектория движения воздушных масс в момент измерения связывается с полученной в этот момент концентрацией $\text{Hg}(0)$. Более подробно метод анализа описан в работе [3]. Для фильтрации выбросов учитывались только те значения CWT_{ij} в которых было пересечение как минимум двух траекторий движения воздушных масс.

Анализ проведен в высоком разрешении $0,1 \times 0,1^\circ$, что позволило более четко локализовать регионы источники. На корейском полуострове четко выделяется юго-восточная часть. По данным [1] в этом регионе нет крупных источников ртути, однако ранее было обнаружено, что на

регион имеет большое влияние трансграничный перенос Hg(0) из северных районов Китая [5]. Представление данные CWT анализа совпадают с результатами PSCF (метод потенциального вклада источника) описывающим перенос Hg(0) с региона северного и восточного Китая [5].

Для сравнение регионального вклада в эмиссию Hg(0), результаты CWT анализа были подвержены геообработке, таким образом были получены медианные значения CWT в пределах границ регионов. Для Северо-Восточного, Южно-Центрального Китая и России покрытие смоделированными 72 часовыми обратными траекториями движения воздушных масс не превышает 15 % территории, что говорит о слабой достоверности анализа для данных регионов. Однако среди регионов с % покрытия обратными траекториями >60 % повышенные значения CWT наблюдаются над территорией восточного Китая (1,49 нг/м³), что скорее всего связано с лидерством региона по выбросам антропогенной ртути [2]. Стоит отметить, что Японское море, Желтое море и Восточно-Китайское близки по полученным медианным значениям CWT (от 1.22 до 1.24 нг/м³), исключение Корейский залив (1.35 нг/м³), но через него неоднократно фиксировался перенос Hg(0) с северных районов Китая на Корейский полуостров, что скорее всего и повлияло на повышенные значение CWT.

Экспедиционные работы выполнялись при поддержке Минобрнауки РФ (проект 121021700342-9)

Список литературы

- 1) AMAP/UNEP. Technical Background Report for the Global Mercury Assessment. 2013, 263 p.
- 2) Zhang L., Wang S., Wang L., Wu Y., Duan L., Wu Q., Wang F., Yang M., Yang H., Hao J., Liu X. Updated emission inventories for speciated atmospheric mercury from anthropogenic sources in China // Environ. Sci. Technol. 49(5). 2015. P. 3185–3194.
- 3) Kalinchuk V.V., Lopatnikov E.A., Astakhov A.S., Ivanov M.V., Hu L. Distribution of atmospheric gaseous elemental mercury (Hg (0)) from the Sea of Japan to the Arctic and Hg (0) evasion fluxes in the Eastern Arctic Seas // Sci. Total Environ. 753. 2020. P. 142003.
- 4) Stein A.F., Draxler R.R., Rolph G.D., Stunder B.J.B., Cohen M.D., Ngan F., Stein A.F., Draxler R.R., Rolph G.D., Stunder B.J.B., Cohen M.D., Ngan F. NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system // Bull. Am. Meteorol. Soc. 96. 2015. P. 2059–2077.
- 5) Liu C., Fu X., Zhang H., Ming L., Xu H., Zhang L., Feng X. Sources and outflows of atmospheric mercury at Mt. Changbai, northeastern China // Sci. Total Environ. 663. 2019. P. 275–284.