

Ртуть в аэрозолях г. Томска

Е.Е. Ляпина*

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3*

Поступила в редакцию 22.01.2013 г.

Техногенное геохимическое преобразование атмосферного воздуха урбанизированных территорий — один из актуальных вопросов современной экологии. Наиболее чувствительным, доступным и достоверным индикатором уровня загрязнения атмосферного воздуха и площади распространения потоков загрязняющих веществ в условиях города является снеговой покров.

Ключевые слова: ртуть, снег, аэрозоль, мониторинг, токсичность, концентрация; mercury, snow, aerosol, monitoring, toxicity, concentration.

Введение

Ртуть — один из химических элементов, который содержится во всех сферах окружающей среды: в атмо-, гидро-, лито-, а также биосфере. В геохимических циклах Hg большую роль играет ее атмосферный перенос. Значительная часть ртути, поступающая из техногенных источников, может переноситься на большие расстояния. Главное направление очищения атмосферы от ртути — ее сухое и влажное осаждение на подстилающую поверхность [1].

Снеговой покров как кратковременная депонирующая среда обладает рядом свойств, обуславливающих его широкое применение в эколого-геохимических и геоэкологических исследованиях. Химический состав пылевых выпадений позволяет косвенно оценить состояние атмосферного воздуха [1–4]. Выявляя содержание ртути в снеговом покрове, можно определить ее вклад за самый продолжительный в нашем регионе период года с наиболее интенсивным использованием разного вида топлива (уголь, газ, дрова), что увеличивает нагрузку на городские экосистемы с точки зрения экологии [5–7]. Кроме того, накопленная в снежном покрове ртуть во время весеннего снеготаяния попадает в почву и реки, загрязняя их. Часть ртути возвращается обратно в атмосферу.

Объекты и методы

Исследование по определению содержания ртути в твердом осадке снега г. Томска проводилось ртутным газоанализатором РГА-11 методом атомно-абсорбционной спектроскопии (методом пиролиза). Методика определения содержания ртути в почве разработана в Институте мониторинга климатических и экологических систем СО РАН со-

вместно с лабораторией контроля окружающей среды химико-технологического факультета Томского политехнического университета. Концентрации ртути рассчитаны на 1 г сухого вещества пробы [8].

Пробы снега отбирались в конце зимнего периода в середине квадратов (60 точек) сетки, равномерно покрывающей всю территорию города, методом шурфа на всю глубину снегового покрова согласно [9]. Подготовка и обработка проб проводились с учетом методических рекомендаций, приводимых в работах В.Н. Василенко и др. [10], И.М. Назарова и др. [11], методических рекомендаций Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (г. Москва) [12] и руководства по контролю загрязнения атмосферы [13] в соответствии с [9].

Пробы, а также расчет показателей пылевой нагрузки предоставлены сотрудником кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета к.г.-м.н. А.В. Таловской.

Результаты и обсуждение

Распределение концентраций ртути в снеге по территории города носит очаговый характер (рис. 1).

Содержание Hg в очагах колеблется от 60 до 258 нг/г при фоновых концентрациях ртути в снеге 57 нг/г (пос. Киреевск) [14, 15]. В среднем полученные концентрации ртути выше фоновых, но вполне сравнимы с данными по Новосибирску (30–18000 нг/г, в среднем 80 нг/г) [16], Иркутску (56 нг/г) [17], Благовещенску (68–120 нг/г) [18], Усолью-Сибирскому (40–1730 нг/г) [17].

Более высокие концентрации ртути получены для северной части города, что объясняется преобладающим направлением ветра над городом в зимний период: с юго-запада на северо-восток.

Основной очаг с максимальными концентрациями (258 нг/г) ртути отмечается в северной части города (район Соснового Бора). Но кроме самого крупного есть еще два очага с повышенным

* Елена Евгеньевна Ляпина (eeldv@mail.ru).

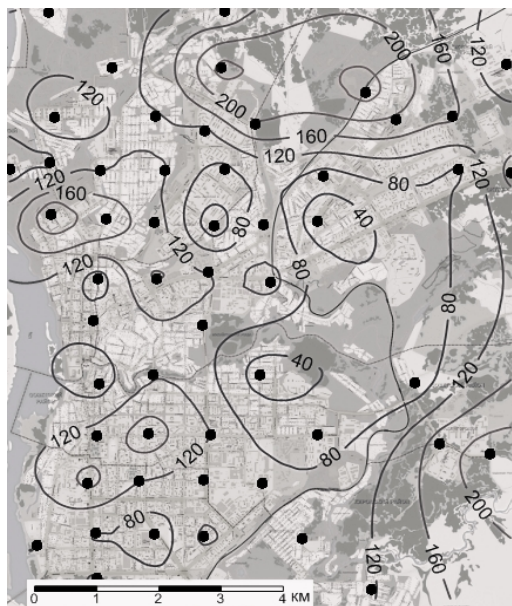


Рис. 1

содержанием ртути в них, расположенные в районе Черемошников (243 нг/г), что объясняется большим количеством домов с печным отоплением, и практически над всей центральной частью города в районе проспектов Ленина и Фрунзе (175 нг/г), так как это основные пути движения автотранспорта с очень низкой пропускной способностью, а также район влияния ГРЭС-2, которая оказывает многокомпонентное негативное воздействие. Кроме того, получены достаточно высокие концентрации ртути в районе Академгородка (222 нг/г) — района, считающегося довольно чистым, без промышленных предприятий и крупных транспортных магистралей. Возможно, такая картина связана с достаточно большим количеством дней в течение зимы 2006/07 г. (82,5%), когда направление ветра было преимущественно западным и юго-западным (со стороны города и ГРЭС-2). Также на распределение загрязнения по территории города, кроме преобладающего направления ветра, влияют топография города и характер жилой застройки районов, который создает особый тип циркуляции воздушных масс.

Исходя из средних концентраций ртути в снегу среди районов города следует отметить Октябрьский (125 нг/г) и Ленинский (121 нг/г) районы, как наиболее загрязненные. Наиболее чистым можно считать Советский район (98 нг/г).

Ртуть поступает в атмосферу в основном в парогазовой форме. В воздухе, в результате фотохимических реакций, Hg сорбируется аэрозольными частицами размером $< 0,4$ мкм. В городах наблюдается увеличение количества ртути, переносимой с аэрозолями и атмосферной пылью [19].

Пылевая нагрузка на территорию г. Томска в зимний период относится к низкой [7, 20] согласно принятому делению на уровни: 0–250 мг/(м²·сут) — низкий уровень загрязнения; 251–450 мг/(м²·сут) — средний уровень загрязнения; 451–850 мг/(м²·сут) — высокий уровень загрязнения; более 850 мг/(м²·сут) — очень высокий уровень загрязнения [12], но превышает значение фоновой нагрузки в 1,1–9,7 раза.

Согласно методическим рекомендациям по геохимической оценке загрязнения территории химическими элементами принято в качестве фоновой нагрузки 20 мг/(м²·сут) [12]. Более высокую пылевую нагрузку испытывают Советский и Октябрьский районы, наименьшую — Кировский район.

Данные по всем экогеохимическим показателям ртутной нагрузки на территорию города, рассчитанные для снегового покрова, приведены в таблице. По районам города максимум общей ртутной нагрузки (P_{Hg}) отмечается в Ленинском районе, минимум — в Кировском. Сравнивая полученные значения с литературными данными (200 мг/(м²·сут) [2]), стоит отметить превышение ртутной нагрузки на территорию г. Томска в очагах в 1–2,5 раза.

Приток ртути, рассчитанный по коэффициенту общей ртутной нагрузки ($K_{P_{Hg}}$), на территорию г. Томска превышает таковой на фоновом участке от 0,76 — в Кировском до 5,06 — в Ленинском районах, с максимальным превышением фона в Советском и Ленинском районах в 15,62 и 18,69 раза соответственно. Сравнивая наши данные с результатами исследований, проведенных Бояркиной и др. в 1976–1977 гг. [21], следует отметить увеличение притока ртути в 2 раза за последние 30 лет.

Геоэкологические показатели ртутной нагрузки на территорию г. Томска в зимний период

Объект	Район			
	Кировский	Советский	Октябрьский	Ленинский
<i>Снег</i>				
C_{Hg} , нг/г	50–183/113	19–222/96	7–194/121	4–258/111
K_c	0,5–1,84/1,12	0,18–2,24/0,99	0,07–1,96/1,27	0,04–2,6/1,22
K_a	0,02–0,06/0,04	0,02–0,07/0,03	0,02–0,06/0,04	0,01–0,07/0,03
P_{Hg} , мг/(м ² ·сут)	9,6–206,6/20,4	3,9–417,1/21,2	2,4–295,8/44,0	1,3–498,9/134,1
$K_{P_{Hg}}$	0,36–7,74/0,76	0,15–15,62/0,79	0,09–11,08/1,65	0,05–18,69/5,02
ВДК	1,16–4,25/2,59	0,42–5,16/2,27	0,16–4,62/2,99	0,10–6,0/2,82
C_a	0,04–2,13/1	0,16–1,95/0,86	0,7–1,7/1,1	0,48–2,26/1,07

Примечание. C_{Hg} — концентрация ртути, K_c — коэффициент концентрации ртути относительно фона, K_a — коэффициент аэрозольной аккумуляции ртути относительно кларка в гранитном слое континентальной земной коры, P_{Hg} — общая ртутная нагрузка на снеговой покров, $K_{P_{Hg}}$ — коэффициент общей ртутной нагрузки, ВДК — временно-допустимая концентрация, C_a — минимальная аномальная концентрация; цифры в графах обозначают min–max/среднее значение.

Полученные в ходе расчета коэффициента аэрозольной аккумуляции цифры (K_a) указывают на отрицательную интенсивность обогащения аэрозоля ртутью в г. Томске по классификации, предложенной Добровольским [19].

Значение коэффициента аэрозольной концентрации меньше единицы означает снижение содержания элемента по сравнению с данными для кларка ртути в гранитном слое континентальной земной коры [22].

Превышение содержания ртути в твердом аэрозоле г. Томска над минимальным аномальным содержанием составляет от 0,04 до 2,26 раза, а над временной допустимой концентрацией от 0,16 до 6,0 раз.

Заключение

Содержание ртути в твердом осадке снега на территории г. Томска отражает экологическую обстановку в зимний период и подтверждает роль преобладающего направления ветра в перераспределении ртутного загрязнения по территории города.

Проведенная оценка ртутной нагрузки на территорию города в зимний период позволяет выделить Ленинский и Октябрьский районы как более загрязненные, а Кировский и Советский — как менее загрязненные по всем экогеохимическим показателям. Доля ртути в объеме пылевых выпадений на территории города значительно превышает фоновые концентрации. Поскольку основная масса ртути попадает в снежный покров из атмосферы во время снегопадов, то загрязнение снежного покрова можно рассматривать как индикатор загрязнения приземных слоев воздуха г. Томска.

В Томске формирование ореолов рассеяния ртути связано с деятельностью ряда промышленных предприятий, а также с рельефом города и преобладающим направлением ветров. Существенным источником поступления ртути в среду города может являться деятельность ГРЭС-2, шпалопропиточного, радиотехнического, электромеханического заводов, ООО «Эмальпровод», а также автотранспорт.

1. *Алехин Ю.В., Лапцкий С.А., Макарова (Фроликосва) М.А., Мухамадиярова Р.В., Карпов Г.А., Кузьмин Д.Ю.* Геохимическое значение процессов аэрозольного переноса // Электронный научно-информационный журнал «Вестник Отделения наук о Земле РАН» № 1(27) 2009, http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dggms/1-2009/informbul-1_2009/geoecol-1.pdf
2. *Гладышев В.П.* Хемодинамика и мониторинг ртути в окружающей среде // Мат-лы Симпозиума «Контроль и реабилитация окружающей среды» / Под общ. ред. М.В. Кабанова, Н.П. Солдаткина. Томск: Изд-во «Спектр» Института оптики атмосферы СО РАН, 2000. С. 34–38.
3. *Зилов Е.А.* Химия окружающей среды: Учебн. пособие. Иркутск: Иркут. ун-т, 2006. 148 с.
4. *Иванов В.В.* Экологическая геохимия элементов: Справочник. М.: Экология, 1997. Кн. 5. 576 с.
5. *Анненков А.Ф.* Состав и структура техногенных образований в снеговом покрове территории Томской

- «ГРЭС-2» / Проблемы геологии и освоения недр // Труды десятого Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 100-летию первого выпуска сибирских инженеров и 110-летию основания Томского политехнического университета. Томск: ТПУ, 2006. С. 13–14.
6. *Белан Б.Д., Ивлев Г.А., Пирогов В.А., Покровский Е.В., Симоненков Д.В., Ужегова Н.В., Фофанов А.В.* Сравнительная оценка состава воздуха промышленных городов Сибири в холодный период // Труды Международ. конф. по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS-2004. Томск: Томский ЦНТИ, 2004. С. 152–158.
7. *Ляпина Е.Е., Таловская А.В.* Ртуть в снеговом покрове г. Томска // Контроль и реабилитация окружающей среды: Мат-лы симпоз. / Под общ. ред. М.В. Кабанова, А.А. Тихомирова. Томск: Аграф-пресс, 2008. С. 299–301.
8. *Газоанализатор ртутный РГА-11.* Техническое описание и инструкция по эксплуатации. АМЯ 2.770.001. Томск, КТИ «Оптика», 1990.
9. *ГОСТ 17.1.5.05-85.* Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. М.: Гидрометеиздат, 1985.
10. *Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д.* Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 181 с.
11. *Назаров И.М., Фридман Ш.Д., Рене О.С.* Использование сетевых снегосъемок для изучения загрязнения снежного покрова // Метеорол. и гидрол. 1978. № 7. С. 74–78.
12. *Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами.* М.: ИМГРЭ, 1982. 112 с.
13. *Руководство по контролю загрязнения атмосферы.* РД 52.04.186-89. М.: Госкомгидромет, 1991. 693 с.
14. *Буренков Э.К., Янин Е.П.* Эколого-геохимические проблемы ртути // Сб. науч. ст. РАН. Ин-т минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов; Отв. ред. Э.К. Буренков, Е.П. Янин. М.: ИМГРЭ, 2000. 181 с.
15. *Дорожукосва С.Л.* Опыт исследования загрязнения атмосферного воздуха по содержанию загрязняющих веществ в снежном покрове и почвах (на примере компрессорной станции «Вынгапуловская») // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения № 3 (2002), http://www.ipdn.ru/rics/ve2/_private/ve3.htm
16. *Сотников В.И.* Влияние рудных месторождений и их обработки на окружающую среду // Сорос. образ. ж. 1997. № 5. С. 62–65.
17. *Гребенищев В.И., Пастухов М.В., Акимова М.С.* Миграция ртути с атмосферными выпадениями в Прибайкалье // Ртуть в биосфере. М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 104–109.
18. *Юсупов Д.В., Степанова В.А., Радомская В.И., Рогулина Л.И., Трутнева Н.В., Куимова Н.Г., Павлова Л.М., Кезина Т.В.* Геохимия и минералогия снегового покрова г. Благовещенска // Современные проблемы геохимии: Мат-лы Всерос. совещания (с участием иностранных ученых), посвященного 95-летию со дня рождения академика Л.В. Таусона. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Соцавы СО РАН, 2012. Т. 1. С. 290.
19. *Добровольский В.В.* Основы биогеохимии: Учебник для студ. вузов. М.: Изд. центр «Академия», 2003. 400 с.

20. Язиков Е.Г., Таловская А.В., Жорняк Л.В. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: Монография. Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2010. 264 с.
21. Бояркина А.П., Байковский В.В., Васильев Н.В. и др. Аэрозоли в природных ландшафтах Сибири. Томск: Изд-во ТГУ. 1993 г. С. 157.
22. Янин Е.П. Ртуть в окружающей среде промышленного города. М.: ИМГРЭ, 1992. 180 с.

E.E. Lyapina. Mercury in aerosols of Tomsk.

Technogenic geochemical transformation of atmospheric air of the urbanized territories is one of important problems of modern ecology. The most sensitive, accessible, and authentic indicator of pollution level of atmospheric air and the area of distribution of streams of polluting substances in the conditions of a city is the snow cover.