

НАКОПЛЕНИЕ И ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ РТУТИ В ЛИСТОВОМ ОПАДЕ ТОПОЛЯ ВБЛИЗИ ТЕХНОГЕННОГО ИСТОЧНИКА

Е.М. Турсуналиева

Научные руководители профессор Л.П. Рихванов, доцент Д.В. Юсупов, н.с. Е.Е. Ляпина
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия

В огромном списке глобальных экологических проблем в числе приоритетных стоит проблема загрязнения окружающей среды различного рода загрязняющими веществами. Одним из самых токсичных загрязнителей является ртуть и ее соединения. Этот элемент присутствует в окружающей среде повсеместно и имеет как природные, так и техногенные источники поступления, причем доля последних перманентно сокращается [2]. С 2013 г. в России при поддержке ЮНЕП поэтапно реализуется проект по созданию Кадастра ртутных загрязнений [4]. В 2014 г. Россия подписала Минаматскую конвенцию [6] - межгосударственное соглашение, направленное на осуществление контроля ртутного загрязнения от антропогенных источников.

В исследованиях экогеохимии ртути особое место занимают изучение процессов миграции поллютанта, вопросы формирования аномальных концентраций на загрязненных территориях, способы их демеркуризации, усовершенствование методов определения ртути в различных средах, включая биологические объекты и др.

Листва деревьев может безбарьерно внекорневым путем поглощать ртуть из приземного воздуха [11]. Результаты изучения процессов массообмена ртути между растениями и атмосферой с использованием листьев тополя представлены в экспериментальной работе Б.И. Фоминых и др. [9]. Поглощение и адсорбирование паров ртути осуществляется не только на поверхности эпикутикулярного воскового покрова листа, но и в подустьичных полостях, и в воздушных каналах межклетников мезофилла внутри листовой пластины. Атмосферными осадками пары ртути с поверхности не смываются, они накапливаются в листьях с постепенным увеличением концентрации к концу вегетационного периода [8]. Анализ ртути в сухой фитомассе позволяет получить качественную и количественную характеристику загрязнения территории [7, 10].

Цель работы - проследить сезонную динамику накопления ртути, а также определить термоформы ртути в сухой массе, золе листьев и листовом опаде тополя в зоне влияния техногенного источника её эмиссии.

Исследования проводились на территории Калининского района г. Новосибирск, в зоне влияния Новосибирского завода химконцентратов (НЗХК). НЗХК - единственное в России предприятие-производитель металлического лития и материалов из него. В технологии электролитического получения лития используется ртутный катод, при этом существуют потери металлической ртути. НЗХК потребляет ртути порядка 24 тонн/год [4]. Литиевое производство действует с 50-х годов прошлого столетия. За многолетний период производства Li на территории промышленной площадки НЗХК сформировались аномалии ртути с превышением ПДК [1].

Для 1-ого эксперимента отбор проб листьев и листового опада тополя проводились на трех близкорасположенных участках вблизи НЗХК. В конце каждого месяца образцы листьев отбирали на высоте 1,5-2 м от земли, согласно методическим рекомендациям [5]. Отобранный материал проб высушивали при комнатной температуре и измельчали вручную. Общее количество проб сухого материала - 23.

Для 2-го эксперимента пробы отобраны через 1 м по всей высоте кроны с отдельно стоящего дерева. Для получения черной золы навеску осторожно обугливали до прекращения выделения дыма на электроплитке с отрегулированной температурой - 150°C. Для получения белой золы, навески в тиглях с черной золой помещали в электропечь, устанавливали температуру 250°C и повышали на 50°C каждые 30 мин до 450°C [3]. Суммарное время прокаливания золы в электропечи составило 5 часов. Общее количество проб золы - 56.

В ходе 3-го эксперимента определены формы нахождения Hg в зеленых листьях, опаде тополя и почве.

Определение содержания ртути проводили на ртутном анализаторе РА-915+ с пиролитической приставкой ПИРО-915 в лаборатории микроэлементного анализа в Международном научно-образовательном центре «Урановая геология» в Томском политехническом университете методом атомной абсорбции (метод пиролиза). Нижний предел определения ртути - 5 нг/г. Концентрации рассчитаны на 1 г сухого вещества. Формы нахождения ртути определяли методом термодесорбции на разных температурных режимах.

Среднее содержание ртути в листьях тополя на исследуемой территории составило 198 нг/г. Максимальная концентрация ртути в листьях тополя (1298 нг/г) обнаружена на северо-западной стороне границы НЗХК [10]. Максимальное среднее содержание выявлено в листовом опаде - 2006 нг/г (1153-2425 нг/г). Среднее содержание ртути в почве - 294 нг/г, что значительно ниже ПДК.

Содержание ртути в сухой массе листьев тополя в среднем в 1,5 раза выше в восточной (навстречной) части кроны, чем западной (ветровой тени). Это объясняется расположением в 300 м к востоку от опробованного дерева площадного источника загрязнения ртути. Анализ черной и белой золы показывает на остаточное присутствие ртути после сухой минерализации проб при температуре как 150°C, так и 450°C.

Результаты первого исследования показали четкую тенденцию увеличения накопления ртути в листьях тополя в течение вегетационного периода. Самое высокое содержание ртути обнаружено в пожелтевших листьях тополя, отобранных в октябре, и в опаде (рис. 1а).

Исследование форм нахождения ртути в пробах листьев тополя показало, что преобладающей является свободная форма ртути (от 4 до 100%) в виде Hg₂Cl₂. В отдельных пробах из разных экспериментов конкуренцию ей составляет физически связанная форма - HgCl₂ (от 7 до 80%).

На всех трех участках отбора проб на долю свободной и физически связанной форм приходится 53% и 45% соответственно. С восточной стороны дерева на высоте 5 и 15 м поллютант присутствует в физически связанной, тогда как на 10 м от поверхности земли - в свободной форме. С западной и восточной стороны присутствуют три формы ртути - свободная (52%), физически сорбированная (46%) и хемосорбированная (2%).

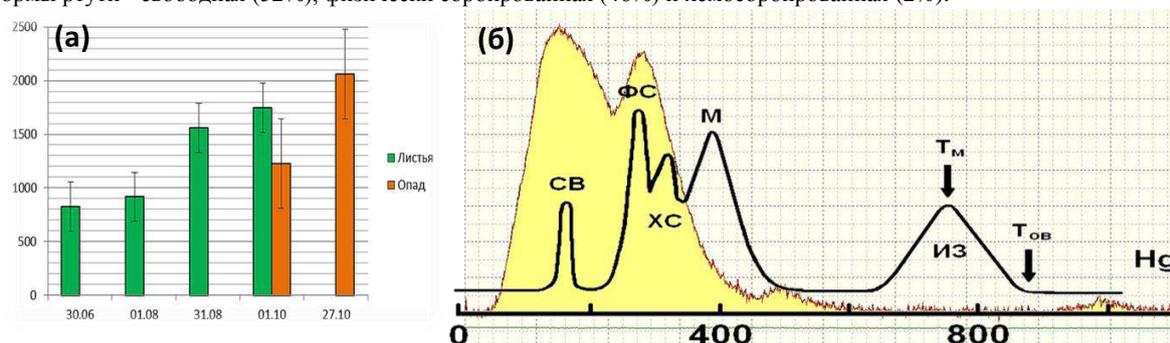


Рис.1. Изменение концентрации ртути (в нг/г) в сухой массе и опаде листьев тополя в течение сезона (а) и формы нахождения ртути в опаде листьев тополя (б). Условные обозначения форм ртути: СВ - свободная, ФС - физически связанная, ХС - химически связанная, М - сульфидная, ИЗ - изоморфная.

Следует отметить, так же, что с изменением физиологических особенностей листа тополя в течение вегетационного периода формы нахождения накопленной в листовой пластине ртути также меняются. В начале вегетации в пробах листьев тополя фиксируется преобладание физически связанной ртути (67%), на втором месте свободная форма - 32%, со следовыми значениями химически связанных и сульфидных форм ртути (менее 1%). Тогда как в конце вегетационного периода преобладающие формы меняются местами.

Соединения ртути в листовом опаде во всех исследованных образцах представлены в свободной и физически связанной форме (рис. 1б). При этом следует отметить, что долевое соотношение форм примерно одинаково на трех участках опробования и составляет 60/40.

В пробах почвы, отобранных на тех же участках, присутствуют в основном три формы: свободная (46%), физически сорбированная (50%) и хемосорбированная (3%), за исключением одного участка, где обнаружена изоморфная форма ртути (наиболее прочносвязанная и менее биодоступная).

Среднее содержание ртути в листьях тополя на исследуемой территории почти в 8 раз превышает региональный фон (25 нг/г) городов Сибири и Дальнего Востока [10].

В ходе изучения форм нахождения ртути в листьях тополя установлено, что Hg содержится в них преимущественно в свободной и физически связанной формах. Данные соединения ртути являются наиболее подвижными, способными к миграции и трансформации, а значит наиболее опасными с точки зрения экологии.

Литература

1. Владимиров А.Г., Бабушкин А.В., Белозеров И.М., Островский Ю.В., Владимиров В.Г., Подлипский М.Ю., Минин В.А. Экогеохимия ртути и способы демеркуризации твердых ртутьсодержащих отходов в условиях Южной Сибири (на примере промплощадки ОАО "Новосибирский завод химконцентратов"). // Химия в интересах устойчивого развития, 2012. - № 20. - С. 531 - 542.
2. Геохимия ландшафтов и география почв. 100 лет со дня рождения М.А. Глазовской / под. ред. Н.С. Касимова, М.И. Глазовской. - М.: АГПР, 2012. - 600 с.
3. ГОСТ 26929-94, Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. - 31 с.
4. ОТЧЕТ о выполнении работ в рамках гранта РСА/2013/030 GFL-2310-2760-4С83 от 02.02.2013 от Программы ООН по окружающей среде / Глобальный экологический фонд, Пилотный проект по формированию кадастра выбросов ртути в Российской Федерации. - М., 2016. - 131 с.
5. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / под. ред. Н.Г. Зырина, С.Г. Малахова. - М.: Гидрометеиздат, 1981. - 108 с.
6. Минаматская конвенция о ртути // ЮНЕП, ООН, 2013. - 65 с.
7. Рапута В.Ф., Юсупов Д.В., Ярославцева Т.В., Ляпина Е.Е., Турсуналиева Е.М. Экспериментальное исследование и численный анализ распространения ртути в окрестностях Новосибирского завода химконцентратов // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2018. - Т. 4. - № 2. - С. 48 - 58.
8. Турсуналиева Е.М. Опытные-методические и экспериментальные исследования содержания ртути в листьях тополя в городской среде // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XX Международного симпозиума студ., аспирант. и молодых ученых. - Томск, 2018. - Т.1. - С. 861 - 863.
9. Фомин Б.И., Николишин И.Я., Вороненая Г.Н. Исследование миграции ртути и кадмия в системе атмосфера-растение-почва с использованием изотопно-трассерных экспериментов в многоотсековых экостатах // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. - Т. XIV. - СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - С. 103 - 118.
10. Юсупов Д.В., Рихванов Л.П., Робертус Ю.В., Ляпина Е.Е., Турсуналиева Е.М., Барановская Н.В., Осипова Н.А. Ртуть в листьях тополя на урбанизированных территориях юга Сибири и Дальнего Востока // Экология и промышленность России, 2018. - №12. - С. 56 - 62.
11. Assad M., Parelle J., Cazaux D., Gimbert F., Chalot M., Tatin-Froux F. Mercury uptake into poplar leaves // Chemosphere, 2016. - Vol. 146. - P. 1 - 7.