

Таблица 1

Удельная активность $^{239+240}\text{Pu}$ в почвах Баргузинского заповедника, Бк/кг

Пункт пробоотбора	$^{239+240}\text{Pu}$, Бк/кг
1	2,0
2	0,9
3	1,6
4	2,2
5	1,6
6	2,9
Фон [1,4]	0,2-0,4

Значения удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ в почвах заповедника (табл.1), значительно превышают уровень глобальных выпадений для почв Сибири, составляющий 0,2 – 0,4 Бк/кг.[1,4]. Также опробовались донные отложения рек заповедника, в которых активность Pu находится в пределах фона глобальных выпадений.

В илах оз. Фролиха обнаружены концентрации $^{239+240}\text{Pu}$ 3,1 Бк/кг. Институтом геохимии СО РАН $^{239+240}\text{Pu}$ уже был обнаружен в илах оз. Байкал с удельной активностью 0,5 – 5 Бк/кг.

Максимальная активность изотопов плутония в почвах Фролихинского заказника обнаружена у подножия г. Медвежья – 6,7 Бк/кг. Также высокие значения активности Pu отмечены в прибрежной зоне оз. Байкал (бухта Ая) – 3,4 Бк/кг.

Таким образом, вышеизложенный материал подтверждает, что особо-охраняемые природные территории, находящиеся на большом расстоянии от мест проведения ядерных взрывов, всё же подверглись радиационному воздействию.

Литература

1. Агурова В.П. Плутоний в почвах Красноярского края: автореф. дис... канд. биол. наук. - Красноярск, 2001.
2. Болтнева Л.И., Израэль Ю.А., Ионов В.А., Назаров И.М. /Атомная энергия, 1977, с. 335-360.
3. Медведев В.И., Коршунов Л.Г., Черняго Б.П. Радиационное воздействие Семипалатинского ядерного полигона на Южную Сибирь (опыт многолетних исследований по Восточной и Средней Сибири и сопоставление результатов с материалами по Западной Сибири) // Сибирский экологический журнал. 2005. Т.12, N 6. С. 10551071. Библиогр.: с. 10701071
4. Рихванов Л.П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиэкологии: учебное пособие. - Томск: СТУ, 2009. - 430 с.
5. Черняго Б.П., Медведев В.И., Непомнящих А.И. Современная радиационная обстановка в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории // Геология и геофизика. - Новосибирск, 2012. - Т. 53, № 9. - С. 1206-1218. - Библиогр.: 29 назв.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МХОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РТУТЬЮ

В.В. Говоруха

Научный руководитель доцент А.М. Межибор

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет,
г.Томск, Россия

Ртуть - элемент конца периодической системы (№80), кларк в земной коре которого довольно низок ($4,5 \cdot 10^{-6}\%$). В биосфере ртуть не концентрируется, и организмы не приспособились к повышенным количествам этого металла. Ртуть относится к первому классу опасности (в почвах). Ртуть технофильна, присутствует во всех компонентах окружающей среды, имеет множество форм нахождения, что сильно затрудняет ее изучение. Металл является супертоксичным и суперпатологичным даже в очень низких концентрациях, обладает высокой деструктивной биологической активностью, может давать скрытые антропогенные скопления. Месторождения ртути стали разрабатываться несколько тысячелетий назад, и с тех пор в окружающую среду ртути поступает с каждым годом все больше. В отдельных ландшафтах концентрация ртути значительно повышена (например, вблизи заводов, использующих ртутные препараты или спускающих часть ртути со сточными водами). Ртуть накапливается в почвах, растениях, водах, поступает в организм человека [12]. В средние века отравление ртутью получило название «болезни сумасшедшего шляпочника», так как ею заболели мастера, применявшие ртутные препараты при производстве фетровых шляп. Теперь эта болезнь вспыхнула вновь. Так, в Японии сбросы отходов промышленности в р. Агано и залив Минамата привели к обогащению ртутью крабов, устриц и рыб. Потребление их в пищу вызвало заболевания у людей. Возрожденная болезнь получила название «болезни Минамата», которая может передаваться по наследству [8].

Высокая подвижность ртути в окружающей среде определяется ее физическими и химическими особенностями, большим количеством форм нахождения и их взаимопереходами при изменении Ph и E_h среды. Ртуть принимает активное участие в глобальных и локальных циклах миграции. Благодаря воздушному переносу, ртуть довольно широко распространяется в природных экосистемах и особую значимость при ее изучении приобретают природные компоненты, сильно реагирующие на изменение ее концентрации в окружающей среде. При всех путях поступления ртути в компоненты окружающей среды, особое значение имеют концентрирующие ее природные объекты, которые могут использоваться как индикаторы ее атмосферной эмиссии: лишайники, мхи, грибы, хвоя, годовые кольца деревьев [1,2,3,8,9].

Среди перечисленных объектов мхи – чувствительные к загрязнению организмы, в связи с чем их активно используют в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды. Целью данных исследований является обзор и анализ информации по особенностям накопления и содержания ртути во мхах различных регионов.

Мох впитывает большой объем микропримесей из атмосферы, накапливая и удерживая их в себе на протяжении своей жизни. Мхи не имеют корневой системы, что делает их оптимальными накопителями атмосферных выпадений. В сравнении с традиционными методами исследования загрязнителей атмосферного воздуха, использование мхов в качестве мониторов атмосферного загрязнения имеет весьма ощутимые преимущества. Благодаря особому строению поверхности, моховой покров является прекрасным сорбентом, а низкий уровень метаболизма способствует накоплению в биомассе веществ широкого спектра. Способность к биоаккумуляции у мхов намного выше, чем у других сосудистых растений, ввиду уникальности их физиологии и морфологии. Кроме того, некоторые виды способны накапливать частицы загрязнения в течение целого года, даже при низких температурах. Состав и концентрации загрязняющих веществ во мхах зависят от ряда факторов: степени загрязнения окружающей среды и состава загрязнителей, сорбционной емкости различных видов мхов, времени экспонирования, скорости роста растений, климатических факторов (влажности, скорости ветра). Основным источником поступления растворенных веществ, в том числе и загрязнителей, являются осадки, росы, туманы. Высокое соотношение поверхности мхов к их весу, а также плохо развитый внешний защитный слой при высокой способности тканей поглощать катионы, делают их практически неспособными к защите от проникновения токсических примесей из атмосферного воздуха [6,9].

Существуют различные виды мхов. Сфагновые мхи произрастают на заболоченных участках. Это многолетние растения с сильно ветвящимся стеблем, высотой 10-20 см. Сфагнум, благодаря особым воздушным клеткам, способен накапливать в себе различные химические элементы. Листостебельные мхи произрастают на сухой подстилке, что, в сравнении с мхом сфагнумом, значительно упрощает отбор проб, а также расширяет территорию проведения биомониторинга. Эпифитные (древесные) мхи способны аккумулировать различные химические элементы напрямую из атмосферы. Эпифиты произрастают в сухом лесном климате на деревьях, поднимаясь на высоту от поверхности почвы на 10-20 см и выше. Наибольшей удерживающей способностью по отношению к загрязнителям обладают сфагновые мхи, которые способны накапливать широкий спектр химических элементов из атмосферных сухих и влажных выпадений [9].

Накопление ртути мхами зависит от атмосферно-геохимических условий и представляет собой процесс, основанный на физико-химических свойствах мембран и не затрагивает метаболические процессы [4,6]. Существенное отличие отмечается в накоплении ртути эпифитными видами мхов. Это объясняется их высокой чувствительностью к составу атмосферных осадков. Кроме того, более низкие концентрации ртути в напочвенных мхах, по сравнению с эпифитными, можно интерпретировать тем, что их поверхность имеет связь с атмосферным воздухом только в период, когда они не находятся под снежным покровом. Зимой эпигейные (напочвенные) виды мхов защищены снегом от влияния атмосферных загрязнений, тогда как эпифитные мхи продолжают активно накапливать компоненты атмосферного загрязнения.

В таблице 1 приведены сведения о содержании ртути в мхах различных регионов России. Максимальные концентрации ртути были зафиксированы в республике Алтай (880 нг/г), минимальные содержания характерны для Томской области, республики Тыва и Читинской области. Исследования ртути во мхах, проведенные в Томской области, показали схожее соответствие с другими результатами, приведенными в литературе для некоторых регионов Западной Сибири. Средние содержания ртути во мхах, отобранных на участках фоновых болотных массивов и на участках осушенных болот Томской области, варьировали от 27 до 78 нг/г, что соответствует средним значениям для мхов Алтайского края (от 50 до 90 нг/г) [1,2,5]. В литературе отмечено, что неоднородность в содержании ртути не зависит от места отбора пробы и от концентрации поллютанта в субстрате.

Таблица 1

Содержание ртути во мхах разных регионов России

Место отбора пробы	Природный объект	Hg, нг/г (min-max / среднее)	Источник
Алтайский край	зеленый мох	27-460 / 104	[10]
	смешанные виды	50-190 / 100	[11]
Республика Алтай	зеленый мох	35-880 / 163	[10]
	смешанные виды	40-110 / 90	[11]
Кемеровская область	Polytrichum commune (фон)	- / 50	[7]
Кемеровская обл. (г. Прокопьевск)	территория месторождения	250-1650 / 400	
	Эпифитные мхи	70-160 / 107	данные автора
Новосибирская область	смешанные виды	40-400 / 160	[11]
Томская область	Сфагнум	27-90 / 58	[6]
Западная Сибирь	Hylocomium splendens	- / 30	[9]
	Pleurozium schreberi	- / 20	
Республика Тыва	смешанные виды	24-130 / 57	[11]
Иркутская область	смешанные виды	60-240 / 120	[11]
Читинская область	смешанные виды	20-250 / 80	[11]
Республика Саха	смешанные виды	28-200 / 90	[11]
	смешанные виды	20-320 / 90	[11]

В результате проведенных исследований по изучению особенностей накопления и содержания ртути во мхах можно сделать следующие выводы: накопление ртути во мхах зависит от морфологических особенностей

мхов, атмосферно-геохимических условий и не зависит от метаболических процессов; на территории Западной Сибири содержания ртути находятся примерно на одном уровне, при этом отмечаются как максимальные (от 400 до 880 нг/г), так и минимальные (20-30 нг/г) концентрации в разных регионах.

Литература

1. Аношин Г.Н., Маликова И.Н., Бадмаева Ж.О., Густайтис М.А. Подвижные формы ртути в почвах природных и природно-техногенных ландшафтов юга Западной Сибири // *Материалы международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты»*. – М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С.169–174.
2. Аношин Г.Н., Маликова И.Н., Ковалев С.И. и др. Ртуть в окружающей среде юга Западной Сибири // *Химия в интересах устойчивого развития*, 1995. – Т.3. – №1–2. – С.69–111
3. Большаков А.П., Дьякова Н.И., Птушко Л.И. и др. К фитогеохимии ртути // *Биогеохимия растений. Труды бурятского института естественных наук*. – 1979. – Вып. 2. – С. 183–189.
4. *Геохимия тяжелых металлов в природных и техногенных ландшафтах* / под ред. М.А. Глазовской. – М.: изд-во МГУ, 1983. – 195с.
5. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 150с.
6. Ляпина Е.Е., Головацкая Е.А., Ипполитов И.И. Исследование содержания ртути в природных объектах Западной Сибири // *Сибирский экологический журнал*. – 2009. – №1. – С. 3–8.
7. Межибор А.М., Рихванов Л.П. Биогеохимическая характеристика мхов *Polytrichum commune* на территории Урского хвостохранилища в Кемеровской области. Томский политехнический университет, 2016. - С.3-11.
8. Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высшая школа, 1989. – С. 355–369.
9. Рогова Н.С., Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г. Изучение аккумуляционных свойств мхов, используемых при мониторинге загрязнений атмосферы // *Оптика атмосферы и океана*. – 2011. – С. 79–83.
10. Свирко Е.В., Страховенко В.Д. Тяжелые металлы и радионуклиды в слоевищах лишайников в Новосибирской области, Алтайском крае и республике Алтай // *Сибирский экологический журнал*. – 2006. – №3. – С. 385–390.
11. Страховенко В.Д., Маликова И.Н., Щерборь В.Л. Распределение ртути в компонентах окружающей среды Сибири // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2012. – С. 117–123.
12. Янин Е.П. Ртуть в пылевых выбросах промышленных предприятий // *Ртуть. Комплексная система безопасности: Сборник материалов III-й научно-технической конференции*. – СПб., 1999. – С. 26–30.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РТУТИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ОМСКА ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОБ ПОЧВ И ЛИСТЬЕВ ТОПОЛЯ

К. А. Губина

Научный руководитель доцент Л. В. Жорняк

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия*

В ходе осуществления своей деятельности промышленные предприятия оказывают отрицательное воздействие на состояние природной среды, которое сопровождается привнесением вредных веществ во все её компоненты.

При этом наиболее интенсивному воздействию подвергается почвенный покров, который является депонирующей средой, несущей в себе долговременную информацию о техногенном воздействии и обладающий способностью накапливать вредные вещества. Почва, представляя собой основу среды обитания растений и вступая в тесные обменные процессы с ними, является источником поступления ряда опасных химических элементов в различные части растений, в том числе и листья. Кроме того, листья обладают высоким биоиндикационным потенциалом, поскольку поглощают из атмосферного воздуха большое количество токсичных компонентов, одним из которых является ртуть.

В связи с опасностью ртути и ее токсичных соединений как для живых организмов, так и для здоровья населения, а также отсутствием современной информации о ее концентрации в рассматриваемых средах на территории города Омска, тема исследований является актуальной и предполагает проведение площадной и детализированной съемки для оценки состояния почв и листьев тополя.

Цель исследования: изучение особенностей распределения ртути на территории города Омска по данным исследований проб почв и листьев тополя.

Задачи: 1) провести обзор литературных материалов и данных о ранее проведенных исследованиях по тематике исследования; 2) запланировать пункты отбора и осуществить отбор проб; 3) определить содержание ртути в пробах почв и листьев тополя, отобранных на территории города Омска; 4) сравнить полученные значения с результатами исследования фоновых проб, ПДК (для почв), литературными данными.

Ранее проблема содержания ртути в городских почвах была освещена рядом исследователей и отражена в их трудах. Оценка загрязненности ртутью почв г. Москвы проведена Корчагиной К.В. [4]; содержание ртути в почвенном покрове г. Иркутска описано в статье Халбаева В.Г. и Гребенщиковой В.И. [8]; Кагола В.М. описал закономерности распределения содержания ртути в атмосфере и почвах г. Благовещенска [3]; Скугоровой С.Г. и Ашихминой Т.Я. изучено содержание ртути в компонентах природной среды вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината г. Кирова [7]. Результаты исследований по оценке содержания ртути в почвах на территории г. Томска отражены в публикациях Рихванова Л.П. и др. [6]; Ляпиной Е.Е. [5]; Язикова Е.Г. и др. [11].

Имеются работы авторов, посвященные исследованию содержания ртути в листьях тополя на территории различных городов. Так, определено содержание данного опасного химического элемента в листьях тополя, пробы которых отобраны в Новосибирске, Новокузнецке, Междуреченске и других городах [9]. В труде Баргальи Р. «Биогеохимия наземных растений» было определено типичное содержание следовых элементов в листьях или хвое растений из слабозагрязненных районов. Так, согласно проведенным исследованиям, для ртути это