

ДЕНДРОГЕОХИМИЯ РТУТИ В ТУНКИНСКОЙ ВПАДИНЕ БАЙКАЛЬСКОГО РИФТА

Е.М. Турсуналиева, А.А. Павлова

Научные руководители профессор Л.П. Рихванов, доцент Д.В. Юсупов,
научный сотрудник Е.Е. Ляпина

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия**

Дендрогеохимия дает возможность получить информацию о загрязнении окружающей среды металлами, радионуклидами [2] и другими химическими элементами, а также их соединениями путем изучения особенностей строения и вещественного состава годовых колец древесных растений. Ртуть относится к элементам первого класса опасности и способна оказывать значительное негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Присутствие ртути в окружающей среде может быть обусловлено как природными, так и техногенными источниками её рассеяния.

В природе ртуть содержится в земной коре (0,08 г/т) [9]. Она высвобождается в окружающую среду в результате сейсмической активизации тектонических разломов рифтовых областей, извержений вулканов, выветривания скальных пород и др. [3]. Техногенными источниками ртути являются преимущественно угольные электростанции, промышленные мусоросжигательные установки, черная и цветная металлургия, коксохимическое производство, производство цемента и извести и др.

Примером дендрогеохимической оценки выбросов Hg от антропогенного источника служит исследование выбросов от хлорно-щелочного завода в западной Европе [7]. Также важной особенностью дендрогеохимических исследований является возможность проследить изменения концентрации ртути в долгосрочном периоде. Например, данные о содержании ртути в годовых кольцах ели канадской (*Picea glauca*) позволили ученым проследить динамику концентрации этого металла в биосфере за последние 400 лет [8].

Глобальное поступление Hg в атмосферу от природных источников составляет 10–100 тыс.т/год, что значительно превышает значения от антропогенных источников равные 6,4 тыс.т/год [5]. В целом можно отметить сильное сокращение уровня показателя технофильности Hg более чем в 5 раз с 1960-х по 2000-е гг, что соответствует общей тенденции уменьшения использования этого металла в промышленном производстве. Таким образом, можно сделать вывод об актуальности изучения именно природных источников эмиссии ртути.

Байкальская рифтовая зона (БРЗ) расположена между южным окончанием Сибирского кратона и Амурской платформой. Она, начав формироваться 30-35 млн. лет назад, представлена рядом рифтогенных впадин с крупнейшими пресными озерами Байкал и Хубсугул. Впадины - тектонические депрессии, ограниченные региональными разломами, совместно с красивыми швами Сибирской платформы - создают единую развивающуюся структуру [1]. Одной из таких впадин является Тункинская котловина. Тункинская котловина выполнена олигоценчетвертичными осадочными отложениями, представленными различными видами зернистых и обломочных осадков [4]. По всей БРЗ ежегодно происходит более 2000 землетрясений с магнитудой обычно меньше 5,0.

Цель исследования - установить многолетние вариации содержания ртути в приземном слое атмосферы в Тункинской котловине в юго-западной части Байкальской рифтовой зоны методом биогеохимической индикации. Объектом исследования служил керн древесины тополя (*Populus L.*).

Пробы керна отобраны на 3-х профилях в крест простирания котловины с шагом 3-5 км. Время отбора - август 2018 года. Пробы керна древесины извлекали с помощью бурава на высоте 1 метр согласно методическим рекомендациям [6]. Извлеченные пробы помещались в бумажные пеналы с указанием номера точки, дерева и стороны света. Пробоподготовка образцов к анализу включала в себя: высушивание при комнатной температуре в бумажных пеналах, зачистку и шлифовку керна, датирование и маркировку колец, разделение керна по годичным кольцам и их измельчение.

Количество, ширина годовых колец и прирост древесины определены на приборе LINTAB в ИМКЭС СО РАН. Ширина годовых колец тополя в среднем составила 3,36 мм. Измерение ртути проводилось на ртутном анализаторе «РА-915М» с приставкой «ПИРО-915+». Анализ проводился в лаборатории микроэлементного анализа в Международном инновационном научно-образовательном центре «Урановая геология» Томского политехнического университета. Массовая доля ртути в пробе определялась по величине интегрального аналитического сигнала с учетом, предварительно установленного перед началом измерений градуировочного коэффициента. Градуировочный коэффициент определяли по стандарту состава «Лист березы» (ГСО 89232007, СО КООМЕТ 0067-2008-RU). Концентрации Hg приведены на 1 г сухого вещества. Нижний предел обнаружения ртути - 2 нг/г.

По данным проведенных измерений максимальное содержание Hg зафиксировано в годовых кольцах 1966 г. на территории посёлка Кырен и составляет $33 \pm 2,1$ нг/г. Среднее (геометрическое) содержание ртути в образцах - 5 нг/г (рис. 1). Анализ полученной динамики изменений содержания Hg за последние 59 лет позволил проследить связь между крупными землетрясениями в 1959 и 1967 гг. и максимальными пиками содержания ртути в годовых кольцах тополя, соответствующих этому периоду времени (рис. 2). Менее выраженный пик ртути в годовых кольцах тополя в 1982 г., вероятно, мог быть вызван сейсмоактивностью в связи с проведением летом того года мирного подземного ядерного взрыва «Рифт-3» в качестве источника волн для глубинного сейсмозондирования в Иркутской области примерно в 250 км к северо-востоку от Тункинской котловины.

В результате исследования прослежена динамика изменения концентраций ртути в период с 1959 по 2018 гг. в Тункинской котловине и установлено совпадение пиковых концентраций ртути с датами крупных и средних землетрясений. Полученные данные позволяют утверждать о целесообразности применения метода дендрогеохимической индикации ртути в рифтовых зонах.

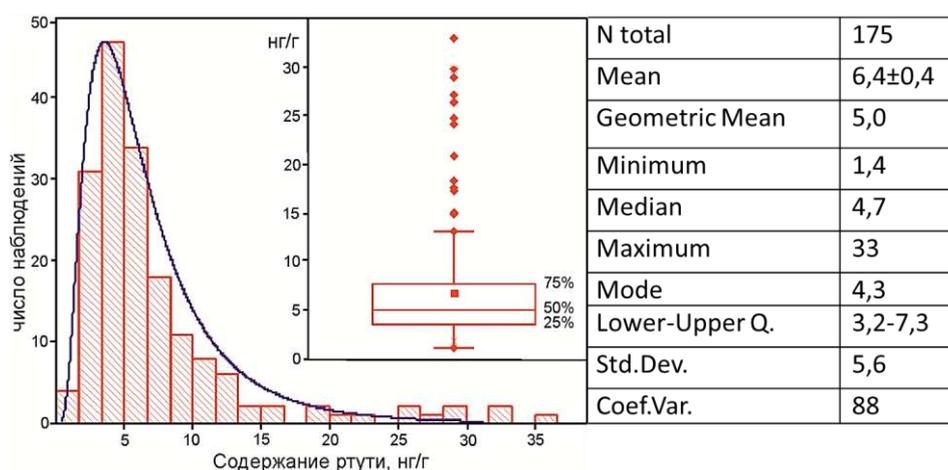


Рис. 1. Распределение содержания ртути в годичных кольцах керна тополя в Тункинской котловине

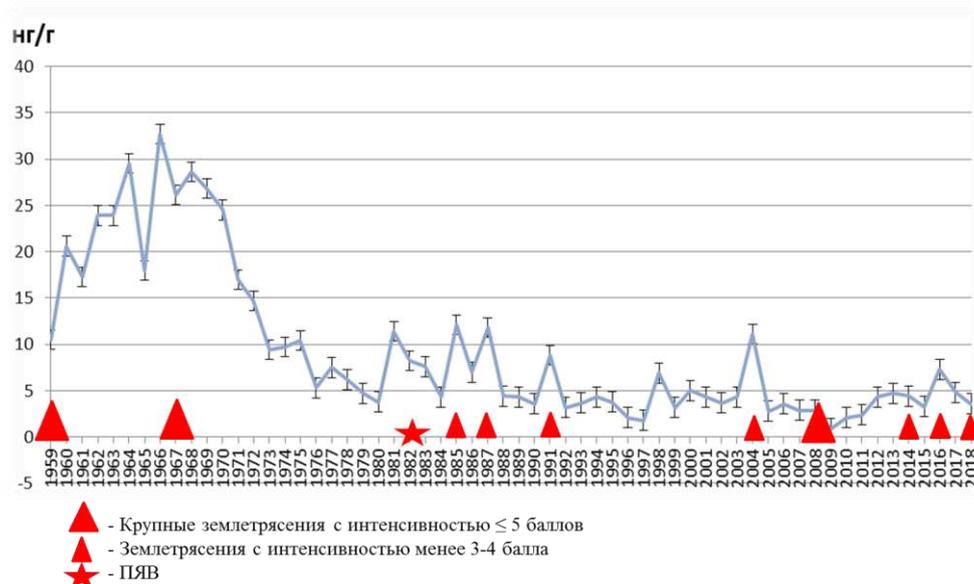


Рис. 2. Динамика изменения концентрации ртути в годичных кольцах тополя на территории пос. Кырен

Литература

1. Вилор Н.В., Андрулайтис Л.Д., Зарубина О.В., Данилов Б.С. Геохимия сейсмоактивных региональных разломов (Байкальская рифтовая зона, Восточная Сибирь) // Геохимия, 2015. - № 1. - С. 64 - 82.
2. Дендрорадиография как метод радиоактивной оценки радиоэкологической ситуации / Л.П. Рихванов, Т.А. Архангельская, Ю.Л. Замятина; Томский политехнический университет. - Томск: Дельтаплан, 2015. - 148 с.
3. Коваль П.В., Удодов Ю.Н., Саньков А.В., Ясеновский А.А., Андрулайтис Л.Д. Геохимическая активность разломов Байкальской рифтовой зоны // Докл. РАН, 2006. - Т. 409. - № 3. - С. 389 - 393.
4. Лунина, О.В. Рифтовые впадины Прибайкалья: тектоническое строение и история развития / О.В. Лунина, А.С. Гладков, Н.Н. Неведрова; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т земной коры. - Новосибирск: Академическое изд-во "Гео", 2009. - 316 с.
5. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение / Т.В. Черненко; Рос. акад. наук. Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова. - М.: Наука, 2002. - С. 10 - 11.
6. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепа В.С., Наурызбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии // Учебно-методич. пособие. - Красноярск: КрасГУ, 2000. - 80 с.
7. Maillard F., Girardclos O., Assad M. et al. Dendrochemical assessment of mercury releases from a pond and dredged-sediment landfill impacted by a chlor-alkali plant // Environmental Research, 2016 (148). - P. 122 - 126.
8. Clackett S.P., Porter T.J., Lehnher I. 400-Year Record of atmospheric mercury from tree-rings in Northwestern Canada // Environ. Sci. Technol., 2018. - № 52 (17). - P. 9625 - 9633.
9. Taylor S.R., McLennan S.M. The continental crust: its composition and evolution. - Oxford, Boston: Blackwell Sci. Publ., 1985. - 311 p.