

ИЗУЧЕНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ТЕРРИТОРИИ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

Константин ВЕРГЕЛЬ^{1,2}

¹Отделение ядерной физики, Объединенный институт ядерных исследований, 141980 Дубна, Россия

²Докторская школа биологических, геонаучных, химических и технологических наук, Государственный университет Молдовы, MD-2028 Кишинев, Молдова

Ответственный автор: Константин Вергель, verkn@mail.ru

Научный руководитель: Лилиана Чепой, кандидат биол. наук,
Институт микробиологии и биотехнологии Технического университета Молдовы

Аннотация. В настоящее время загрязнение воздуха является проблемой практически для каждой страны мира. В статье приведены результаты биомониторинга используя мхи - на территории Тверской области. При помощи ICP-OES в 144 образцах мха были определены концентрации 16 элементов. Применение статистических методов позволило определить возможные источники поступления загрязняющих веществ. Проведен сравнительный анализ, как с результатами предыдущих исследований, так и с данными, полученными для соседних регионов.

Ключевые слова: биомониторинг, загрязнение, тверская область, ICP-OES

Введение

Наблюдение за состоянием окружающей среды является одной из важнейших задач человечества. Антропогенное воздействие на экосистемы огромно, по мощности оно может превосходить естественные геологические процессы и продолжает увеличиваться по мере роста научно-технического прогресса. Оно особо сильно проявляется на территориях больших городов, крупных промышленных центров и землях интенсивного сельскохозяйственного назначения при широком применении удобрений, в том числе и чуждых природе [1].

Тяжелые металлы накапливаются в живых организмах, а значит и негативные последствия от их воздействия могут проявляться с течением времени. Повышенное содержание тяжелых металлов в почвах, грунтовых водах приводит к замедлению роста деревьев, сельскохозяйственных культур, а накопление их в организме человека может отрицательно отразиться на его здоровье и здоровье следующих поколений. Основными источниками поступления поллютантов являются промышленные предприятия, автотранспорт, сельскохозяйственный сектор. Главный путь поступления от источников - воздушные выбросы, которые могут переноситься на большие расстояния от самого источника и загрязнять большие площади территории. Это приводит к необходимости наблюдения за атмосферными выпадениями загрязняющих веществ [1,2].

В рамках международной программы ICP Vegetation биомониторинг в российских регионах начал проводиться с 1995 года. Подобные исследования проводились преимущественно в центральных регионах: Московская, Тульская, Владимирская, Ярославская и Ивановская области, а также и в других регионах – Удмуртия, Север России [3–6].

Впервые биомониторинг был проведен на всей территории Тверской области. Целями этой работы были 1) определить уровни потенциально токсичных элементов во мхах, 2) выявить возможные источники загрязнения и 3) сравнить данные с другими регионами России.

Материалы и методы

Тверская область является самым большим регионом в Центральной России с площадью 84,2 км² и населением в 1,4 млн. человек. Основными видами промышленности являются машиностроение, металлообработка, энергетика, пищевая и химическая промышленности, а также в регионе представлены предприятия сельскохозяйственного комплекса [7].

Летом 2021 года на всей территории области были собраны 144 образца мха *Pleurozium Shreberi*. Пробоотбор проводился согласно мануалу, разработанному в ICP Vegetation [8].

Определение элементного состава во мхах проводилось с помощью ИСП-ОЭС в секторе нейтронного активационного анализа и прикладных исследований, отделения ядерной физики, лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка Объединенного института ядерных исследований (СНААПИ ОЯФ ЛНФ ОИЯИ).

Обсуждение результатов

При помощи ICP-OES было определено содержание 15 элементов во мхах (*Al, S, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Cd, Ba, Hg* и *Pb*). Сравнение данных с результатами исследования в 2004 и 2014 годах показало, что значительных изменений в содержании элементов не произошло (Рис. 1). Повышенные содержания ряда элементов в образцах 2014 года связано с большим количеством лесных пожаров? Что привело к выбросу элементов в атмосферу и их последующему их переносу.

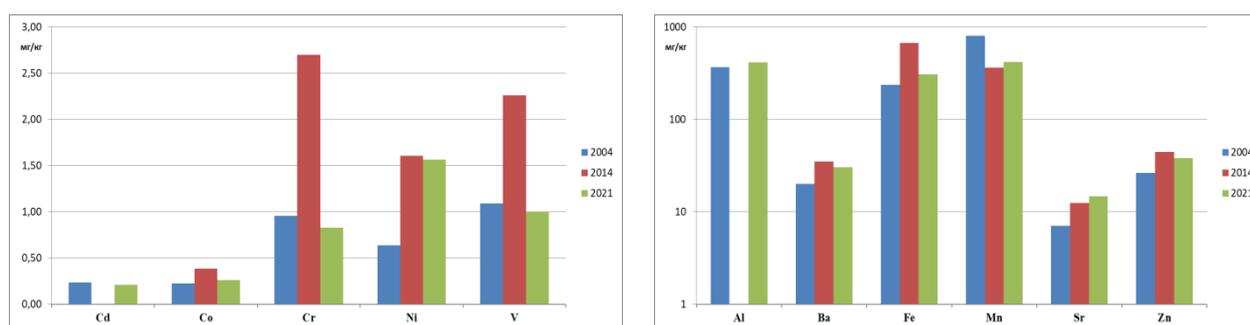


Рисунок 2. Содержание элементов во мхах в 2004, 2014 и 2021 годах

Для выявления возможных источников загрязнения был проведен многомерный факторный анализ. Выявлено 3 фактора с 60% общей дисперсии.

Фактор 1 включает *Al, Co, Cr, Cu, Fe, Pb, S* и *V* и может рассматриваться как естественно-антропогенный.

Второй фактор включает *Cd, Mn, Ni* и *Zn*. Повышенные концентрации элементов наблюдаются вдоль автомагистралей и вблизи крупных городов региона. Основные источники загрязнения данной ассоциацией элементов – это транспорт и предприятия, локализованные в городах.

Третий фактор включает *Ba* и *Sr*. Основным источником этих элементов может являться сам мох, но также возможно влияние почвенной эрозии.

Сравнение результатов исследуемого региона с аналогичными результатами, полученными в СНААПИ ЛНФ ОИЯИ показало, что Тверская область является наименее загрязненным регионом в Центральной России (Рис. 2).

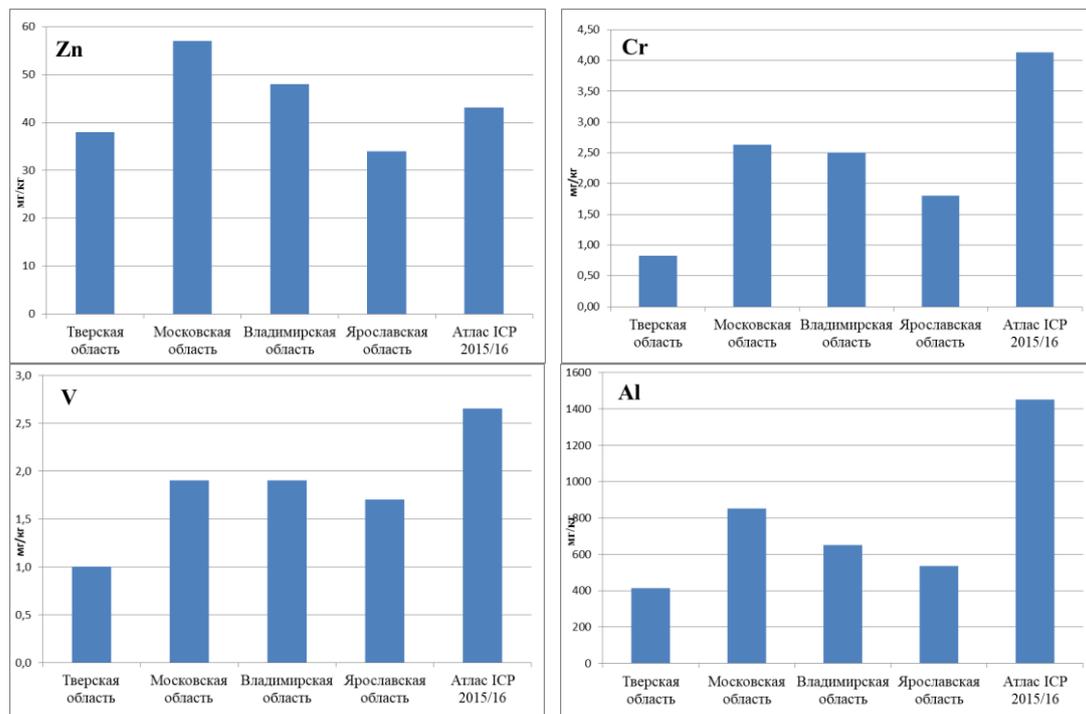


Рисунок 2. Сравнение содержания элементов в различных регионах

Выводы

Применение биомониторинга в Тверской области показало его высокую эффективность для изучения загрязнения воздуха на больших территориях. Основным источником загрязнения на исследуемой территории является автотранспорт, тогда как предприятия, находящиеся в городах дают лишь локальные повышения концентраций. Несмотря на наличие источников загрязнения Тверская область остается достаточно чистым регионом, благодаря своим географическим особенностям.

Благодарность. Выражается благодарность Зиньковской Инге и Чепой Лилиане Ефимовне за помощь в ходе написания статьи, сотрудникам СНААПИ ЛНФ ОИЯИ за проведение анализа и помощи в обработке данных.

Список литературы

1. WOLTERBEEK B. Biomonitoring of trace element air pollution: Principles, possibilities and perspectives. In: *Environmental Pollution*, 2002, vol. 120, no. 1, pp. 11–21, doi: 10.1016/S0269-7491(02)00124-0.
2. PAKEMAN R. J. et al.: Plants as biomonitors of atmospheric pollution: Their potential for use in pollution regulation. In: *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 157, pp. 1–23, 1998, doi: 10.1007/978-1-4612-0625-5_1.
3. DUNAEV A. M. et al.: Physical and chemical and biological monitoring in central Russia: Investigation of quality of atmospheric air and soil in territory of Rodniki town. In: *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii Khimiya Khimicheskaya Tekhnologiya*, vol. 61, no. 8, pp. 96–104, 2018, doi: 10.6060/IVKKT.20186108.5721.
4. GORELOVA S. V. et al.: Atmospheric Deposition of Trace Elements in Central Russia: Tula Region Case Study. Comparison of Different Moss Species for Biomonitoring. In: *International Journal of Environmental Science*, vol. 1, pp. 220–229, 2016.
5. VERGEL K. et al. Assessment of atmospheric deposition in Central Russia using moss biomonitors, neutron activation analysis and GIS technologies. In: *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2020 3253, vol. 325, no. 3, pp. 807–816, Jun. 2020, doi: 10.1007/S10967-020-07234-1.

6. VERGEL K. et al. Moss Biomonitoring of Atmospheric Pollution with Trace Elements in the Moscow Region, Russia. In: *Toxics 2022, Vol. 10, Page 66*, vol. 10, no. 2, p. 66, Feb. 2022, doi: 10.3390/TOXICS10020066.
7. Общие сведения о Тверской области.[онлайн]. [accessed Oct. 05, 2022] Доступно: <https://тверскаяобласть.рф/ekonomika-regiona/obshchie-svedeniya/> .
8. Moss survey protocol | ICP Vegetation. [online]. [accessed Nov. 09, 2022] Доступно: <https://icpvegetation.ceh.ac.uk/sites/default/files/MOSS-MANUAL-RUS%20-2020-final.pdf>