

X , мкм	$\delta\beta$, %	ρ_x^*	ΔPM_x , мкг/м ³	δPM_x , %
1,0	0	0,9825	4,86	12,4
	10	0,9768	5,75	15,0
2,5	0	0,9888	5,08	9,0
	10	0,9850	5,94	11,0
10	0	0,9930	4,96	5,4
	10	0,9918	6,07	7,3
>10	0	0,9679	8,83	23,2
	10	0,9414	12,8	31,5

Заключение

Таким образом, предлагаемый способ является устойчивым к вариациям микроструктуры и комплексного показателя преломления аэрозоля, повышает точность и расширяет функциональные возможности известных способов за счет возможности определения массовой концентрации аэрозоля с разделением на фракции PM_{10} , $PM_{2,5}$, PM_{10} и $PM_{>10}$. Способ удовлетворяет современным потребностям санитарно-гигиенических и эпидемиологических служб, а массовое производство датчиков, реализующих данный способ, в перспективе позволит построить автоматизированную сеть непрерывного мониторинга загрязнений городского воздуха с выходом всех данных на центральный пульт управления или в Интернет.

Список литературы

1. Лысенко С.А., Кугейко М.М.. Способ определения массовых концентраций аэрозолей Евразийский патент № 026528 от 28.04.2017 г.

УДК 533.9; 621.793.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННОСТИ НА ТЕХНОГЕННОЕ И АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОСФЕРЫ Г. МИНСКА МЕТАЛЛАМИ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО АТОМНО-ЭМИССИОННОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

ПАТАПОВИЧ М.П., БУЛОЙЧИК Ж.И., МИНЬКО А.А., ЗАЖОГИН А.П.

Белорусский государственный университет

Разработаны аналитические методики лазерного атомно-эмиссионного определения послойного содержания Ca, Al, Ti и Fe в растительных объектах при воздействии на поверхность и объем пористых образцов сдвоенными лазерными импульсами. Исследовано послойное содержание элементов в образцах коры взятых с еловых древостоев в Минске летом и зимой и в Березинском биосферном заповеднике. Показано, что в верхних слоях образцов взятых в центре Минска содержание тяжелых металлов значительно выше, чем в образцах ББЗ.

Ключевые слова: лазерный атомно-эмиссионный спектральный анализ, тяжелые металлы, сдвоенные лазерные импульсы.

The analytical methods have been developed for laser atomic-emission detection of the content of Ca, Al, Ti, and Fe within the layers of plant objects when the surface and volume of porous samples were subjected to the effect of double laser pulses. The elemental content was studied layer-by-layer in the samples of the bark of spruce forest stand in Minsk during the winter and summer periods and also in Berzinski biosphere reserve. It has been demonstrated that in the upper layers of the samples from Minsk the content of heavy metals was considerably higher than that from the reserve.

Key words: laser atomic-emission spectral analysis, heavy metals, double laser pulses.

Введение

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является одной из важнейших экологических проблем современности. В условиях техногенеза токсиканты включаются в биогеохимические круговороты, поступают через почву, гидросферу и атмосферу в растения, корма, продукты питания, в организмы животных и человека. Изучение биогеохимического поведения приори-

ритетных элементов-токсикантов в компонентах биосферы – одна из актуальных задач современной экологии, так как биогеохимическая ситуация в регионах является существенным фактором их устойчивого развития и функционирования. Загрязнение атмосферы, почвы и воды в ландшафтах вызывает тревогу не только потому, что оно может заметно снизить продуктивность растений, нарушить естественно сложившиеся фитоценозы, привести к нарушению нормальных процессов органогенеза, но и потому, что оно неизбежно ухудшает гигиеническое качество среды обитания человека. Однако многие химические элементы являются неотъемлемой частью физиологически необходимых живым организмам соединений, поэтому немаловажно располагать информацией об естественных концентрациях элементов.

Известно, что растения, произрастающие в зонах техногенного и антропогенного загрязнения, и в частности в больших городах, крупных промышленных центрах и вблизи них, подвергаясь воздействию вредных составляющих окружающей среды, могут служить чувствительными индикаторами, способными сигнализировать о степени загрязнения ареала их произрастания [1–3]. Город представляет собой сложную многокомпонентную и многофункциональную систему, элементы которой распределены в пространстве незакономерно. В связи с этим содержание элементов питания отличается и в растениях, произрастающих на разных типах почв, отличается также и распределение этих элементов по органам различных растений.

Проблемы охраны здоровья человека, систематический агрохимический и промышленный мониторинг, санитарно-гигиенический и химико-токсикологический контроль, техногенная ситуация в отдельных регионах требуют использования как инструментальных, так и комбинированных методов, обеспечивающих высокую дисперсность, надежность и чувствительность анализов. Широко применяемым в настоящее время методам контроля – химическому и атомно-абсорбционному анализу свойственен ряд недостатков: трудоемкость и малая оперативность. Поэтому трудоемкие классические методы химической деструкции и минерализации анализируемых проб целесообразно заменять более производительными прямыми инструментальными методами, совмещающими в себе как пробоподготовку, так и анализ минерального состава проб.

Методика эксперимента

Требованиям оперативного химико-аналитического контроля объектов растительного и животного происхождения на содержание различных металлов наилучшим образом удовлетворяет лазерный атомно-эмиссионный многоканальный спектральный анализ, отличающийся многоэлементностью, сравнительной простотой подготовки образцов и довольно низкими пределами обнаружения [4, 5]. Многие вопросы, возникающие при создании оптимальных условий для проведения исследований приповерхностной плазмы могут быть эффективно решены при использовании лазерного многоканального атомно-эмиссионного спектрометра LSS-1. Спектрометр включает в себя в качестве источника возбуждения плазмы двухимпульсный неодимовый лазер с регулируемой энергией и интервалом между импульсами (модель LS2131 DM). Лазер обладает широкими возможностями как для регулировки энергии импульсов (до 80 мДж), так и временного интервала между сдвоенными импульсами (0-100 мкс) излучения. Лазер может работать с частотой повторения импульсов до 10 Гц и максимальной энергией излучения каждого из сдвоенных импульсов до 80 мДж, на длине волны 1064 нм. Длительность импульсов ≈ 15 нс. Временной сдвиг между сдвоенными импульсами может изменяться с шагом 1 мкс. Лазерное излучение фокусировалось на образец с помощью ахроматического конденсора с фокусным расстоянием 100 мм. Размер пятна фокусировки примерно равен 50 мкм. Используя расфокусировку можно увеличить область обработки до 2 мм.

В качестве объектов исследования для разработки методов экспресс-анализа послойного содержания элементов и влияния сезонности на загрязнение окружающей среды использованы образцы коры ели обыкновенной, взятые на территории Минска (пр-т Независимости 4 — МпН4). Образцы коры для анализа отбирали в летний (июль 2017 г.) и летний (июнь 2018 г.) период с верхней и нижней частей нижних веток ствола деревьев, а также, для сравнения, из Березинского биосферного заповедника (ББЗ), взятые в мае-июне.

Для проведения экспериментов предварительно были отобраны участки коры ели с преимущественно ровной поверхностью размером 10×10 мм², которые наклеивались с помощью двустороннего скотча на поверхность держателя образцов (пластинка из оргстекла), а затем на 15 минут помещались под груз, для наиболее равномерного распределения образца по поверхности пластинки.

Результаты и их обсуждение

Анализировались суммарные результаты 40 последовательных импульсов из нескольких точек образцов коры. На рис.1 приведены интенсивности линий ряда элементов (Ca, Al) в образцах коры ели МпН4 взятых в июне 2018 года при энергиях импульсов возбуждения 35 мДж и между импульсным интервале 8 мкс.

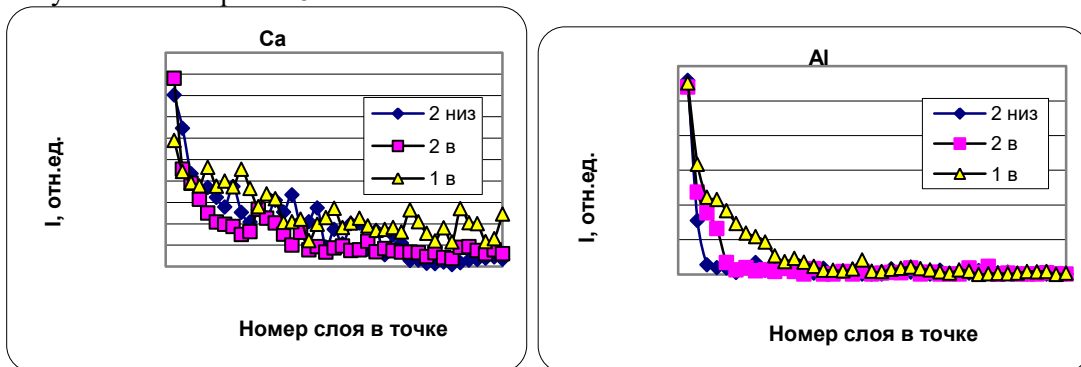


Рис. 1. Зависимость интенсивности линий Ca II (393,367 нм), Al I(396,153 нм) в образцах коры: 1 в – образец 1 верхняя часть; 2 в и 2 н - образец 2 верхняя и нижняя часть ветки.

Зависимости интенсивности линий Ca, Al, Ti и Fe в последовательных 10 слоях коры ели образцов МпН4, взятых летом и зимой, приведены на рис. 2.

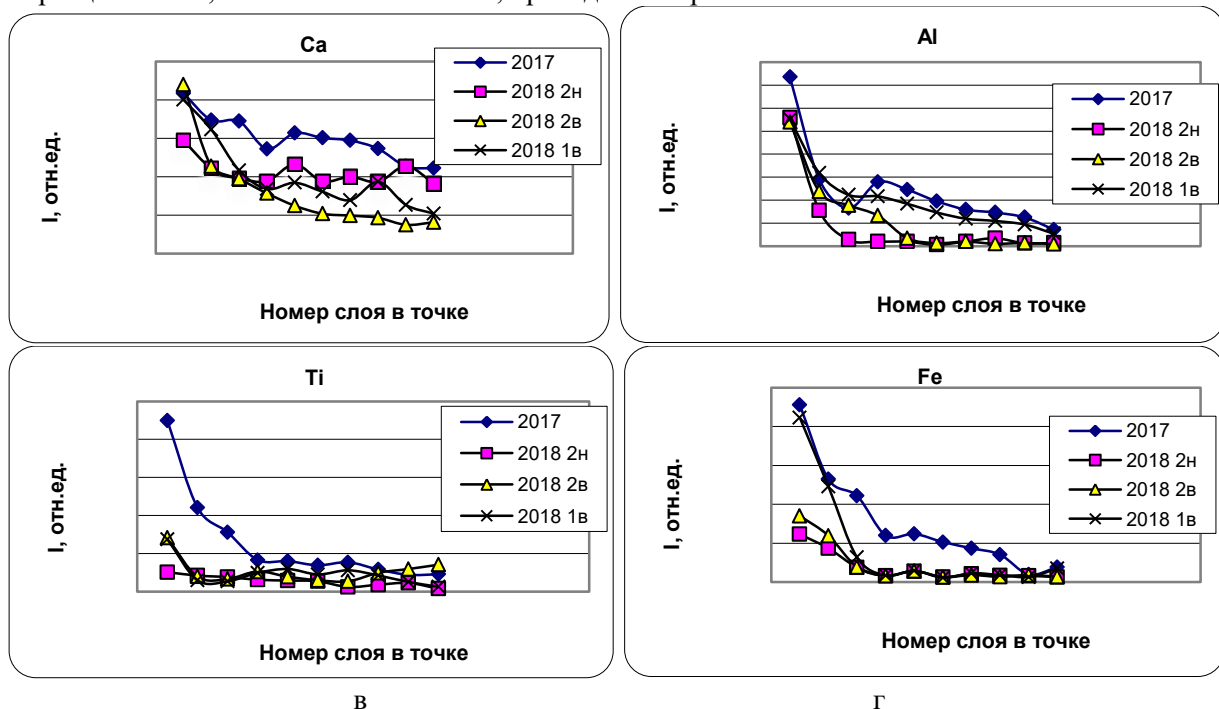


Рис. 2. Зависимость интенсивности линий Ca II (393,367 нм), Al I(396,153 нм), Fe I (382,04 нм), Ti II (368,52 нм) в последовательных слоях образцов коры ели.

Из анализа экспериментальных результатов видно, что наблюдается явный дисбаланс в питании елей, как растущих в различных по экологической обстановке местностях, так и в различные временные сроки. Наблюдается увеличение количества кальция в верхних слоях коры, начиная с сезона борьбы с гололедом. Следует также особо отметить, что процесс накопления Al, Fe, Ti с наступлением лета увеличился, что свидетельствует об усилении процессов поступления их с тротуара, уложенного плиткой. Зима 2017-2018 года была малоснежной, часто наблюдались гололеды. Естественно использовалось очень большое количество соли. На рис. 3 приведены фотографии тротуара, уложенного плиткой. В начале лета количество соли в швах очень большое (см. 3а), а осенью она сохранилась преимущественно у стен зданий (см. 3б).

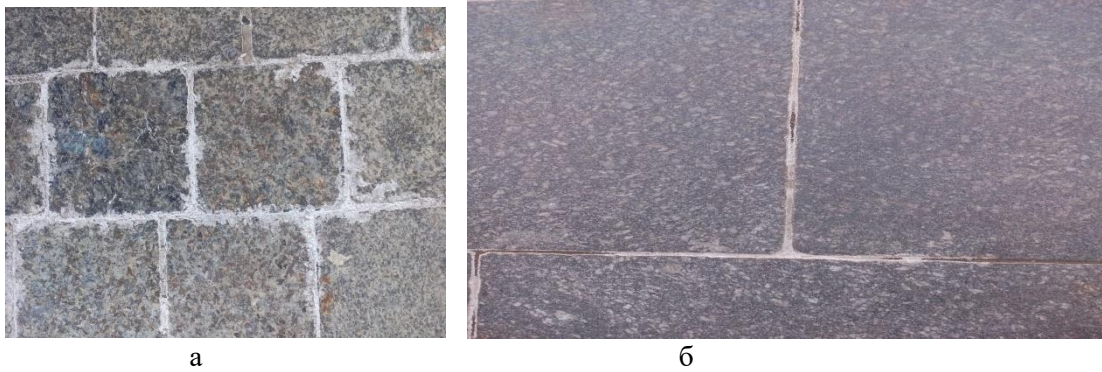


Рис.3. Фотографии тротуара уложенного плиткой: а – июнь 2018 г; б – сентябрь 2018.

За осенний сезон дождей количество их заметно уменьшилось, о чем свидетельствует уменьшение интенсивности спектральных линий в вессенних образцах коры 2018 года. Таким образом, видно, что большое влияние на количественное содержание элементов в поверхностных слоях оказывают внешние воздействия (осадки, пыль).

Для Минска наблюдается увеличение количества Fe, Ti, Al и Mg в верхних слоях коры в 3-4 раза по сравнению с образцами из ББЗ, начиная с сезона борьбы с гололедом (см. рис. 4).

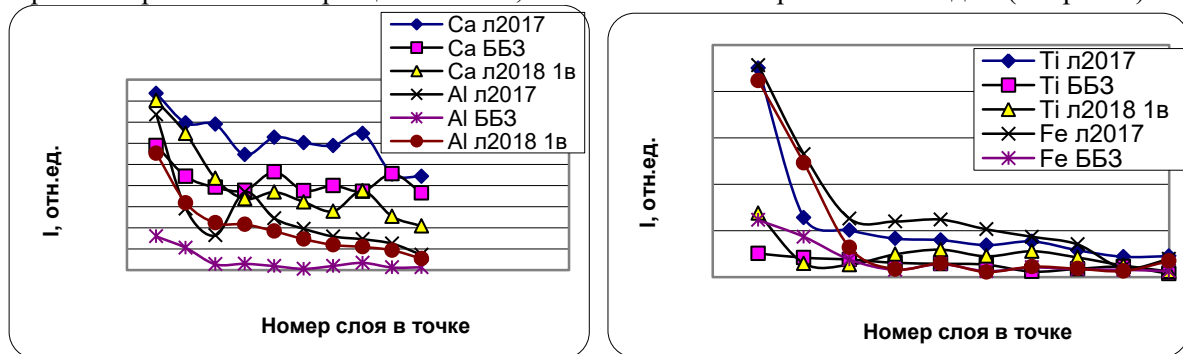


Рис. 4. Зависимость интенсивности линий Ca II (393,367 нм), Al I(396,153 нм), Fe I (382,04 нм), Ti II (368,52 нм) в последовательных слоях образцов коры ели Минска и ББЗ.

Для Минска наблюдается увеличение количества Fe, Ti, Al в верхних слоях коры в 3-4 раза по сравнению с образцами из ББЗ, начиная с сезона борьбы с гололедом. Все сказанное вполне объяснимо. Так как в зимний период в последнее время часто наблюдаются гололедицы, то всевозможных хлоридов на тротуары высыпают большое количество. Мчащиеся автомобили создают турбулентные потоки воздуха, которые разносят «удобрения» на ветки и кроны. Соль легко проникает в побеги. Одновременно с возрастанием указанных элементов в верхних слоях образца МпН4 появляются и другие металлы.

Однако перед дорожными службами и Госавтоинспекцией стоит своя задача. Главное — обеспечить безопасность дорожного движения. А использование солевых смесей — достаточно эффективный для этого способ. Следовательно, необходимо найти альтернативные варианты, которые устроят и тех и других.

В связи с этим были исследованы образцы солевых смесей, используемые для обработки дорог во время гололеда. Данные объекты представляют собой комбинацию кристаллов различного цвета и формы, что может указывать на содержание в них некоторого количества различных химических элементов, не свойственных биологическим образцам. На рис.5 приведены относительное содержание Al, Fe, Mg и Ti в образцах кристаллов технической соли.

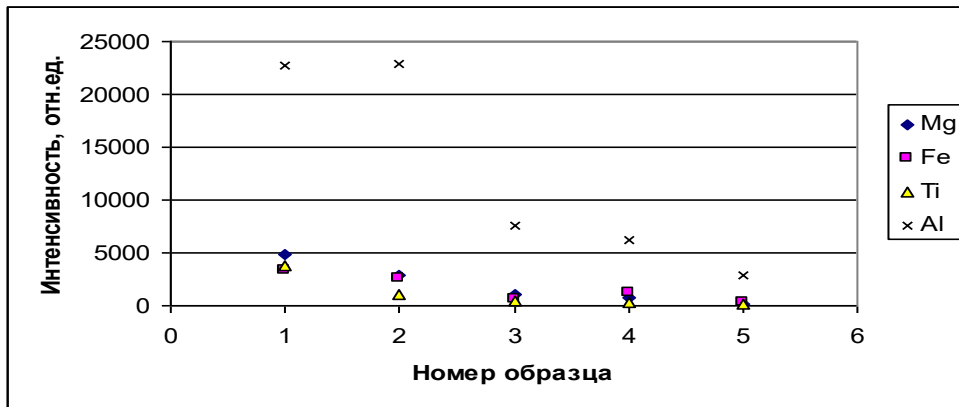


Рис.5. Относительное содержание Al, Fe, Mg и Ti в образцах соли.

Как видно из приведенных данных, основной вклад в загрязнение дают два вида кристаллов — 1 (серый) и 2 (темно-коричневый). В них содержание тяжелых металлов существенно выше, чем в других кристаллах. В частности, содержание алюминия выше более чем в 3 раза. Для остальных элементов концентрация увеличена приблизительно в два и более раза.

Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что большое влияние на экологическую ситуацию оказывает воздействие реагентов и их элементный состав, при помощи которых дорожные службы растапливают лед.

Малые трудозатраты на пробоподготовку объектов к анализу позволит проводить большой объем анализов проб взятых на больших площадях и проводить слежения за состоянием биоты под влиянием локального и трансграничного переноса поллютантов; выяснять закономерности устойчивого развития экосистем с целью обеспечения научных основ сбережения природных комплексов и устойчивого их использования.

Список литературы

1. Бусько Е.Г., Сидорович Е.А., Рупасова Ж.А. Техногенное загрязнение лесных экосистем Беларуси. – Мн., 1995. – 319 с.
2. Сидорович Е.А., Рупасова Ж.А., Бусько Е.Г. Влияние промышленных эмиссий на химический состав древостоев хвойных фитоценозов // Доклады АН БССР. - 1985.. - Т. XXIX. № 3. - С. 271-274.
3. Дейнеко И.П., Дейнеко И.В., Белов Л.П.. Исследование химического состава коры сосны // Химия растительного сырья. 19, №1 (2007).
4. Сухов Л.Т. Лазерный спектральный анализ. Новосибирск. 1990.
5. Патапович М.П., Булойчик Ж.И. Лазерный искровой спектральный анализ водных растворов кальция при воздействии сдвоенных лазерных импульсов на пористые тела // Вестник БГУ. Серия 1. 14, №3 (2009).