

УДК 612.014.464:628.395(582.45:54.051)

DOI: 10.12737/article_59acefad173a0.77430776

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СМЫВ С ХВОИ КАК НОВЫЙ ДОСТОВЕРНЫЙ СПОСОБ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОРАЗМЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

В.В.Кодинцев¹, В.А.Дрозд¹, И.В.Середкин^{1,2}, А.С.Холодов¹, Н.Ю.Анисимов¹, К.С.Голохваст^{1,2,3}

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет», 690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения РАН, 690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7

³Владивостокский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт медицинской климатологии и восстановительного лечения, 690105, г. Владивосток, ул. Русская, 73-г

РЕЗЮМЕ

В работе приведены результаты сравнения и оценки значимости двух методов исследования микропоразмерного загрязнения атмосферы. Сравниваются два метода отбора проб: отбор снега и ультразвуковой смыв с хвои. Полученные двумя этими способами пробы, отобранные в поселке Терней зимой 2016/2017 гг. проанализированы при помощи лазерной гранулометрии. Показано, что оба метода можно использовать в экологическом мониторинге, и их результаты сопоставимы друг с другом. Стоит отметить, что ультразвуковой смыв более удобен, поскольку не зависит от сезонности и осадков.

Ключевые слова: атмосферная взвесь, микропоразмерное загрязнение, снег, хвоя.

SUMMARY

ULTRASOUND FLUSHES FROM THE NEEDLES AS A NEW METHOD OF INVESTIGATION OF AIR MICRODIMENSIONAL POLLUTION

V.V.Kodintsev¹, V.A.Drozhd¹, I.V.Seryodkin^{1,2}, A.S.Kholodov¹, N.Yu.Anisimov¹, K.S.Golokhvast^{1,2,3}

¹Far Eastern Federal University, 8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russian Federation

²Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch RAS, 7 Radio Street, Vladivostok, 690041, Russian Federation

³Vladivostok Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology of Respiration – Research Institute of Medical Climatology and Rehabilitation Treatment, 73 g Russkaya Str., Vladivostok, 690105, Russian Federation

In this paper the results of comparison and assessment of the importance of several methods of atmosphere microdimensional pollution research are given. Two methods of sampling are compared: the selection of snow and ultrasonic flushes from needles. The tests received by two of these ways selected in the settlement in the Terny in winter of 2016/2017 are analyzed by means of laser granulometry. It is shown that both methods can be used in environmental monitoring and the results are comparable with each other. It should be noted that the ultrasonic flushes is more convenient as it doesn't depend on seasonality and rainfall.

Key words: atmospheric suspension, microdimensional pollution, snow, needles.

Вопросы, связанные с оценкой загрязнения атмосферы, его причинами и следствиями носят подчас дискуссионный характер. Обусловлено это тем, что данная область находится на пересечении интересов разных науки и дисциплин: экологии (нано- и микро-частицы взвеси как экологический фактор), гигиены (нормирование загрязнения мест проживания), географии (атмосферные трансграничные переносы), физики и оптики атмосферы (физические свойства частиц в рамках атмосферы), климатологии (влияние сажевых частиц на потепление/похолодание и их мониторинг), аэрологии (размерность, морфометрия и доля разных частиц во взвеси), медицины труда (загрязнение воздуха рабочей зоны), геохимии (качественный состав взвеси и привязка к источникам пыления), вулканологии (изучение выбросов вулканического пепла) и другими областями знания.

Сложность создания единой науки об атмосферной взвеси Земли, вмещающей все вышеперечисленные направления, а еще построение её математической модели и прогнозирование, на сегодняшний день только начинает осознаваться учеными. Очевидно, что такое знание должно быть мульти- и междисциплинарным.

Цель этой работы не столь глобальна. Мы хотели бы сравнить два метода отбора проб для изучения атмосферной взвеси. Метод отбора снеговых проб (снег, снеговая вода, лед, иней) считаются наиболее высокоинформативными [9], так как вмещающие среды содержат сами частицы в том виде, в котором они находятся в атмосфере [4, 5, 6]. Эти пробы нет необходимости пробоподготавливать: концентрировать или фильтровать. Исследование снеговых проб позволяет сделать сразу количественный и качественный анализ частиц взвеси, а также оценить водорастворимые органические соединения на поверхности частиц и их, собственно, саму поверхность. Есть один недостаток – сезонность отбора проб.

В литературе существуют методы отбора частиц с разных поверхностей: иней [3], тоннелей [10], хвои [1, 2, 7, 8] и других. Мы решили сравнить метод отбора снеговых проб и метод смыва с поверхности хвои, немало усовершенствовав последний ультразвуком.

Материалы и методы исследования

Пробы снега и хвои были отобраны в черте г. Терней в одной локации. Точки отбора (3 дерева как объекты) можно принять за одну локацию, так как между ними было всего несколько метров. Для исследования смыва с хвои были отобраны 3 вида хвойных деревьев: пихта почкочешуйная (*Abies nephrolepis*), пихта цельнолистная (*Abies holophylla*) и сосна корейская (*Pinus koraiensis*). Хвоя отбиралась у разных деревьев на одном уровне на высоте 1,5 м. Иглы хвои (30-40 шт.) были тщательно отобраны по размеру (± 1 см) с одной ветки дерева. Хвоя помещалась в чистый полиэтиленовый пакет и транспортировалась в лабораторию. Образцы хвои погружались в емкость с дистиллированной водой и обрабатывались ультразвуком с помощью дезинтегратора Sonopulse HD 3100 (Bandelin, Германия) частотой 22 кГц, мощностью 100 Вт и экспозицией в 5 мин. Затем из каждого образца набирали 40 мл жидкости и анализировали на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTec (Fritsch, Германия). Измерения проводились в режиме «nanotec» с

установками «quartz/water 20°C».

Снег собирали в момент снегопада под деревом, с которого в дальнейшем собиралась хвоя. Чтобы исключить вторичное загрязнение антропогенными аэрозолями, был собран верхний слой (5-10 см) только что выпавшего снега. Его помещали в стерильные контейнеры объемом 1 л. Через пару часов, когда снег в контейнерах растаивал, из каждого образца набирали 40 мл жидкости и анализировали на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTec в указанном выше режиме.

Исследования проводились с использованием оборудования ЦКП «Межведомственный центр аналитического контроля состояния окружающей среды» ДВФУ.

Результаты исследования и их обсуждение

С помощью лазерной гранулометрии нам удалось выяснить соотношение фракций частиц и другие морфометрические характеристики при сравнении проб снега и смыва с хвои (табл.).

Таблица

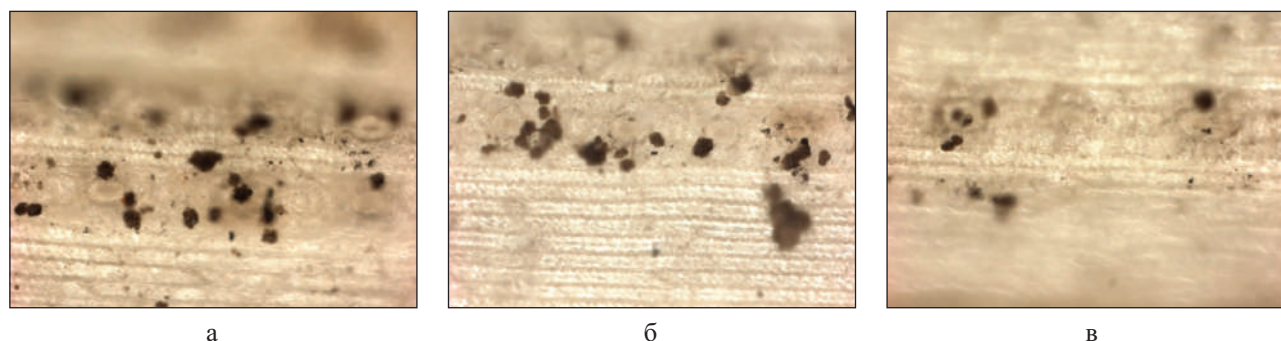
Распределение частиц по фракциям в пробах снега и смыва с хвои

Фракция, мкм	Снеговая проба			Ультразвуковой смыв с хвои		
	Под пихтой почкочешуйной	Под пихтой цельнолистной	Под сосной корейской	Пихта почкочешуйная	Пихта цельнолиственная	Сосна корейская
менее 1	2,8	3	3,8	4,3	2,5	5,9
1-10	23,1	21,8	36,1	39,6	21,9	38,9
10-50	14,5	15,5	19,7	17,7	10,4	13,9
50-100						
100-400						
400-700	1,6	1,4	3,3	0,8	1,5	0,9
700 и более	57,9	58,1	38	37,5	63,5	40,3
Средний арифметический диаметр, мкм	628,81	635,63	409,22	412,44	693,5	442,32

Исходя из данных таблицы, мы можем отметить, что ультразвуковой смыв с хвои сопоставим по результатам исследования снеговых проб и может быть использован в любой сезон, а не только в зимний. Это очень сильно упрощает задачи по мониторингу загряз-

нения атмосферы городов и других мест проживания людей.

Различия в результатах, как видно из таблицы, можно легко объяснить строением хвойных игл разных деревьев (рис. 1.).



а

б

в

Рис. 1. Микрофотографии поверхности хвои разных деревьев до обработки ультразвуком: а) пихта почкочешуйная, б) сосна корейская, в) пихта цельнолистная. Увеличение: $\times 400$.

У пихты цельнолистной хвоя более жёсткая, концы на всех ветвях цельные, не раздвоенные. По-видимому, это обстоятельство и объясняет меньшую поверхность площади оседания микрочастиц по сравнению с хвоей пихты почкочешуйной, у которой ветви имеют иное строение. Также стоит обратить внимание на то обстоятельство, что деревья растут неравномерно по отношению друг к другу. Смола на хвойных иглах способствует большому удержанию микрочастиц и по-

стоянству их концентрации длительное время. Поэтому анализ проб, собранных непосредственно с хвои, обеспечивает более представительные результаты по сравнению со снеговыми пробами, даже непосредственно под деревьями.

Представленные ниже фотографии иллюстрируют поверхность с тех же самых образцов хвои после отбивки их ультразвуком (рис. 2).

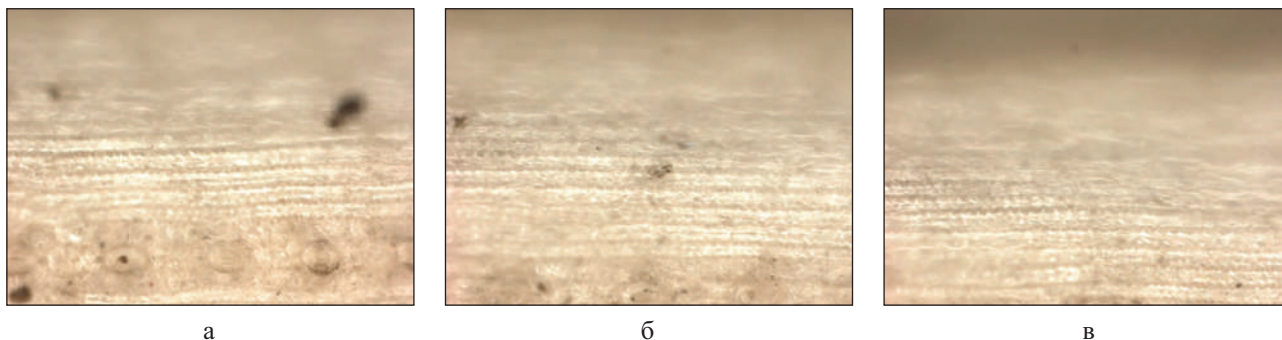


Рис. 2. Микрофотографии поверхности хвои разных деревьев после обработки ультразвуком: а) пихта почкочешуйная, б) сосна корейская, в) пихта цельнолиственная. Увеличение: $\times 400$.

Образцы почти чистые, что свидетельствует о высокой способности ультразвука сбивать частицы взвеси с хвои. Это доказывает эффективность нашего метода исследования микрочастиц атмосферной взвеси.

Заключение

Новый метод исследования загрязнения атмосферы – ультразвуковой смыв с хвои деревьев – простой, достоверный и высокоинформативный.

Микроразмерное загрязнение атмосферы – важный экологический индикатор, который свидетельствует о техногенной нагрузке на объекты природы и может являться (в зависимости от типа частиц) причиной заболеваний человека и животных. С помощью этого нового метода мы еще раз подтвердили, что атмосфера небольших населенных пунктов содержит значимую долю частиц, опасных для здоровья человека (менее 10 мкм). В данном случае мы полно и достоверно видим картину микроразмерного загрязнения области г. Терней.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ для молодых докторов наук (МД-7737.2016.5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородина Н.А. Эколого-химическая характеристика урбанизированных территорий Амурской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2016. 20 с.
2. Бородина Н.А. Аккумуляция тяжелых металлов хвоей сосны в урбоэкосистеме города Благовещенска // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т.14, №1(8Э). С.1958–1962.
3. Влодавец В.И. Заметки о навейном минеральном осадке на льдах // Труды Арктического института. 1936. Т.33. С.79–85.

4. Голохваст К.С., Христофорова Н.К., Кику П.Ф., Гульков А.Н. Гранулометрический и минералогический анализ взвешенных в атмосферном воздухе частиц // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2011. Вып.40. С.94–100.

5. Голохваст К.С. Профиль атмосферных взвесей в городах и его экологическое значение // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2013. Вып.49. С.87–91.

6. Голохваст К.С., Серёдкин И.В., Чайка В.В., Романова Т.Ю., Карабцов А.А. Микроразмерное загрязнение атмосферы небольших промышленных населенных пунктов Приморского края (Дальнегорск, Лучегорск, Рудная Пристань) // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2015. Вып.55. С.108–112.

7. Горшков А.Г., Михайлова Т.А., Бережная Н.С., Верещагин А.Л. Хвоя сосны как тест-объект для оценки распространения органических поллютантов в региональном масштабе // Доклады академии наук. 2006. Т.408, №2. С.247–249.

8. Горшков А.Г., Михайлова Т.А., Бережная Н.С., Верещагин А.Л. Хвоя сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) как биоиндикатор загрязнения атмосферы полициклическими ароматическими углеводородами // Химия в интересах устойчивого развития, 2008. Т.16, №2. С.159–166.

9. Грабовская А.А., Фомичёва Н.С. Хвоя сосны обыкновенной как индикатор загрязнения воздуха // Материалы IV международной научно-практической конференции студентов и магистрантов «Молодость. Интеллект. Инициатива». Витебск, 2016. С.33.

10. Spada N., Bozlaker A., Chellam S. Multi-elemental characterization of tunnel and road dusts in Houston, Texas using dynamic reaction cell-quadrupole-inductively coupled plasma-mass spectrometry: evidence for the release of platinum group and anthropogenic metals from motor vehicles // Anal. Chim. Acta. 2012. Vol.735. P.1–8.

REFERENCES

1. Borodina N.A. Ecological and chemical characteristic of the urbanistic territories of the Amur region: PhD thesis. Vladivostok; 2016 (in Russian).
2. Borodina N.A. Accumulation of heavy metals by pine needles in urban ecosystem of Blagoveshchensk city. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* 2012; 14(1):1958–1962 (in Russian).
3. Vlodayets V.I. Notes about cast mineral settling on the ices. *Trudy Arkticheskogo instituta* 1936; 33:79–85 (in Russian).
4. Golokhvast K.S., Khristoforova N.K., Kiku P.F., Gulkov A.N. Granulometric and mineralogical analysis of suspended particles in the air. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* 2011; 40:94–100 (in Russian).
5. Golokhvast K.S. Profile of atmospheric suspensions in cities and its ecological significance. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* 2013; 49:87–91 (in Russian).
6. Golokhvast K.S., Seryodkin I.V., Chaika V.V., Romanova T.Yu., Karabtsov A.A. Microdimensional atmospheric pollution of the small industrial settlements of the Primorsky region (Dalnegorsk, Luchegorsk, Rudnaya Pristan). *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* 2015; 55:108–112 (in Russian).
7. Gorshkov A.G., Mikhailova T.A., Berezhnaya N.S., Vereshchagin A.L. Pine Needles as a Biomonitor for Estimation of Distribution of Organic Pollutants on Regional Scale. *Doklady Biological Sciences* 2006; 408(2):247–249 (in Russian).
8. Gorshkov A.G., Mikhailova T.A., Berezhnaya N.S., Vereshchagin A.L. Needle of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) as a Bioindicator for Atmospheric Pollution with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Chemistry for Sustainable Development* 2008; 16(2):159–166 (in Russian).
9. Grabovskaya A.A., Fomicheva N.S. Needles of a pine ordinary as air pollution indicator. In: Materials of the IV International Scientific and Practical Conference of Students and Undergraduates "Youth. Intelligence. Initiative". Vitebsk; 2016: 33 (in Russian).
10. Spada N., Bozlaker A., Chellam S. Multi-elemental characterization of tunnel and road dusts in Houston, Texas using dynamic reaction cell-quadrupole-inductively coupled plasma-mass spectrometry: evidence for the release of platinum group and anthropogenic metals from motor vehicles. *Anal. Chim. Acta* 2012; 735:1–8.

Поступила 23.06.2017

Контактная информация

Владимир Валерьевич Козинцев,

кандидат медицинских наук, доцент кафедры фармации Школы биомедицины,

Дальневосточный федеральный университет,

690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8.

E-mail: kodintsev.vv@dvfu.ru

Correspondence should be addressed to

Vladimir V. Kodintsev,

MD, PhD, Associate Professor of Department of Pharmacy of the School of Biomedicine,

Far Eastern Federal University,

8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690990, Russian Federation.

E-mail: kodintsev.vv@dvfu.ru