

УДК 535.4:613.15(571.1)

ОЦЕНКА МИКРОРАЗМЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ЕКАТЕРИНБУРГА ПО АНАЛИЗУ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

К.С.Голохваст¹, М.П.Воронов², В.В.Чайка¹, В.А.Дрозд¹, Т.Ю.Романова³, А.А.Карабцов³¹Дальневосточный федеральный университет, 690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8²Уральский государственный лесотехнический университет, 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37³Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения РАН, 690022, г. Владивосток, просп. 100 лет Владивостоку, 159

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена исследованию атмосферной взвеси Екатеринбурга с помощью методов лазерной гранулометрии и масс-спектрометрии высокого разрешения. Показано, что наиболее выраженное влияние на состав взвесей оказывают крупные автомагистрали и ТЭЦ. Во всех точках отбора обнаруживаются частицы потенциально опасных для здоровья человека размеров – менее 10 мкм. В районе крупной авторазвязки выявлено содержание таких частиц в доле 43,2%, а в районе ТЭЦ – 45,5%. Масс-спектрометрический анализ снеговой воды показал средние концентрации основных тяжелых металлов (Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Ba, Pb, As).

Ключевые слова: атмосферная взвесь, микрочастицы, загрязнение, Екатеринбург.

SUMMARY

ASSESSMENT OF MICRODIMENSIONAL POLLUTION OF THE ATMOSPHERE OF YEKATERINBURG ACCORDING TO THE ANALYSIS OF SNOW COVER

K.S.Golokhvast¹, M.P.Voronov², V.V.Chaika¹, V.A.Drozd¹, T.Yu.Romanova³, A.A.Karabtsov³¹Far Eastern Federal University, 8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russian Federation²Ural State Forest Engineering University, 37 Sibirskiy trakt, Yekaterinburg, 620100, Russian Federation³Far Eastern Geological Institute of Far Eastern Branch RAS, 159 100-letiya Vladivostoka Ave., Vladivostok, 690022, Russian Federation

The paper is devoted to the research of an atmospheric suspension of Yekaterinburg by means of methods of a laser granulometry and mass spectrometry of high resolution. It is shown that large highways and combined heat and power plant have the most expressed impact on structure of suspensions. In all points of selection particles of the sizes potentially hazardous to health of the person, less than 10 microns, have been found. Around a large highway junction there was revealed the concentration of such particles in the proportion of 43.2%, and around combined heat and power plant the proportion was 45.5%. The mass and spectrometer analysis of snow water showed average concentration of the main heavy metals (Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Ba, Pb, As).

Key words: atmospheric suspension, microparticles, pollution, Yekaterinburg.

Екатеринбург – город с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Главная роль в этом, как и в других крупных городах, принадлежит автотранспорту, насыщающему воздух отработавшими газами. По материалам государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2010 году» доля выбросов от автомобильного транспорта в общее загрязнение атмосферы города составила 86,5%, а в 2013 году по Свердловской области в целом в весовом эквиваленте – около 520,0 тыс. тонн [1–6].

В Екатеринбурге развиты отрасли промышленности, также вносящие вклад в загрязнение воздуха: чёрная и цветная металлургия, энергетика, машиностроение, производство строительных материалов, химия, нефтехимия. Многие предприятия города работают по устаревшим, несовершенным технологиям, на изношенном оборудовании [5].

К числу загрязнителей относят и отдельный размерный класс частиц – менее 10 мкм (PM10), которые вне зависимости от типа вещества все равно являются крайне опасными для здоровья.

Целью данной работы является оценка гранулометрического состава частиц взвесей, которые содержатся в снеге, собранном в г. Екатеринбурге.

Материалы и методы исследования

Пробы снега собирались в 6 точках г. Екатеринбурга (рис. 1).

Атмосферные осадки в виде снега отбирались в марте 2015 г. Пробы, во избежание вторичного загрязнения антропогенными аэрозолями, отбирались во время снегопадов. Собирался только верхний слой (5–10 см) свежеснеговывающего снега с площади 1 м². Отбор (n=3) проводился без использования подложки, поскольку слой снега составлял в момент отбора более 20 см. Для чистоты эксперимента снег помещали в стерильные контейнеры вместимостью 3 л. Когда снег в контейнерах полностью растаивал (объем растопленной пробы составлял 390–400 мл), из каждого образца после взбалтывания набирали по 60 мл жидкости и анализировали на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTec (Fritsch, Германия).

Также из каждого образца набирали 10 мл жидкости и анализировали на масс-спектрометре высокого разрешения с индуктивно-связанной плазмой Element XR (Thermo Scientific). Измерения проводили с использованием методики ЦВ 3.18.05-2005. Пробы отфильтровывались от твердого осадка с помощью фильтра с диаметром пор 0,45 мкм.

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

Результаты исследования и их обсуждение

Как видно из данных таблицы 1, экологически значимые частицы (менее 10 мкм) присутствуют во

всех точках, в том числе и парковых. В районах 2 и 6 наблюдается самая высокая доля таких микрочастиц. Это обусловлено близким расположением автомобильной развязки и ТЭЦ.

На рисунках 2 и 3 приведены типовые гистограммы распределения размерностей частиц и их доли в районах с самыми опасными долями частиц менее 10 мкм – районах 2 и 6.

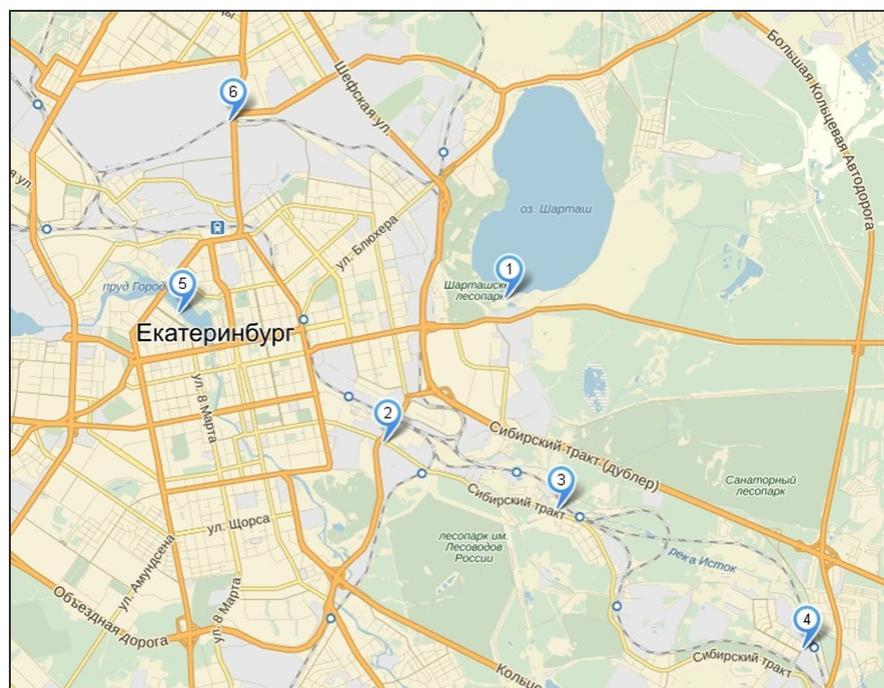


Рис. 1. Карта-схема точек отбора проб снега в г. Екатеринбурге.

1. Лесопарковая зона в черте города неподалеку от озера Шарташ (ул. Отдыха, 107. Озеро Шарташ, зона отдыха «Каменный пляж»).
2. Автомобильная развязка, мост (ул. Сибирский тракт, 22).
3. Деревообрабатывающее предприятие «Деревообрабатывающая компания» (ул. Сибирский тракт, 85).
4. Гальванический цех Уральского компрессорного завода (ул. Эстонская, 6);
5. Городская набережная, около Драмтеатра (ул. Бориса Ельцина, 2).
6. Свердловская ТЭЦ (ул. Космонавтов, 21).

Таблица 1

Распределение частиц по фракциям в пробах снега из разных районов г. Екатеринбурга

Класс	Диаметр, мкм	Доля частиц, %					
		1	2	3	4	5	6
1	менее 1	3,5	6,9	1,5	2,9	2,1	1,9
2	1-10	18,8	36,3	5,73	19,4	12,5	43,6
3	10-50	53,2	18,4	6,03	23,5	16,5	22,2
4	50-100	15,6	1,15	0,03		2,6	6,46
5	100-400	6,5	1,23	8,13	7	15,2	12,9
6	400-700	1,4	8,2	30	19,3	23,3	10
7	более 700	0,7	27,16	41,9	29,9	27,6	2,6
Средний арифметический диаметр, мкм		55,3	313,16	597,4	422,4	431,6	120
Мода, мкм		35,3	800,56	737,4	743,4	701,2	329,5

Как мы видим, в одной из проб из района 6 содержится достаточно равномерная фракция – почти 100% частиц имеет размер от 1 до 10 мкм. Скорее всего, это профиль одного конкретного источника пыления. Наиболее вероятным кандидатом является ТЭЦ, поскольку других крупных источников рядом нет. В других про-

бах из района 6 встречаются разные размерные фракции.

Химический анализ снеговой воды после фильтрации был выполнен с помощью метода масс-спектрометрии (табл. 2).

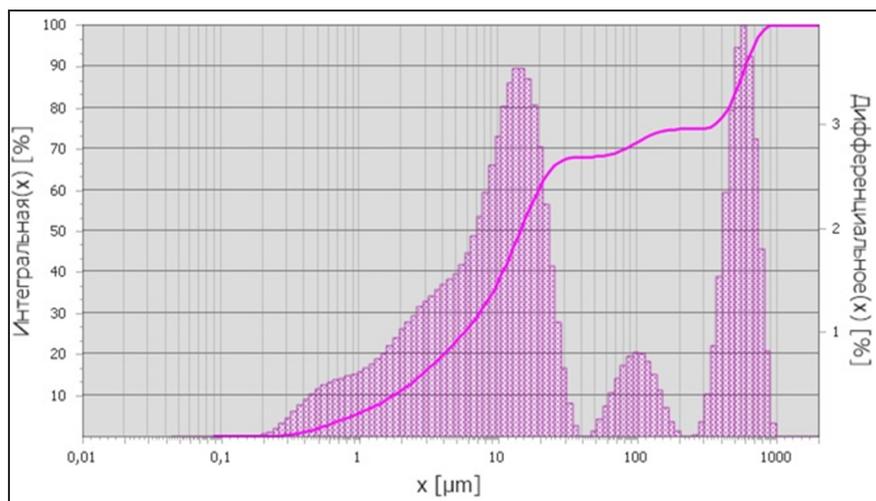


Рис. 2. Типовая гистограмма долей частиц взвесей в образце снеговой воды, собранной в районе 2.

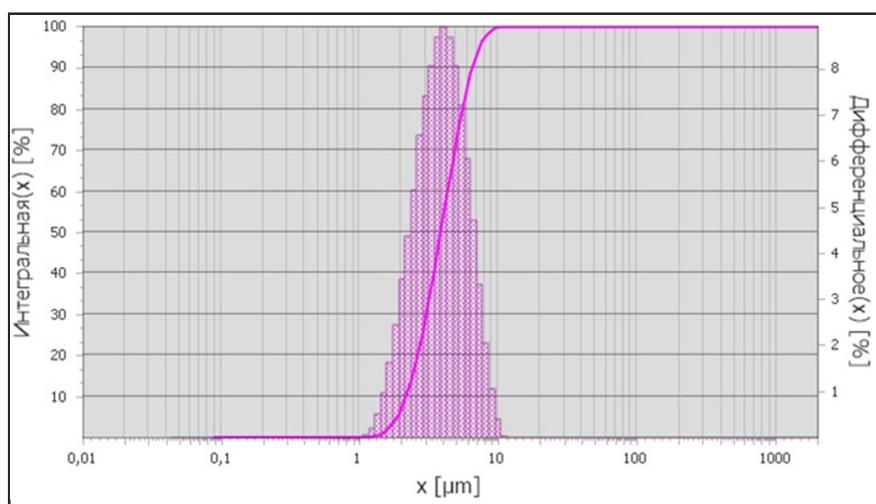


Рис.3. Типовая гистограмма долей частиц взвесей в образце снеговой воды, собранной в районе 6.

Таблица 2

Результаты масс-спектрометрии снеговых проб, собранных в Екатеринбурге (мкг/л)

№ точки	Al	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Ba	Pb	As
1	12,03±3,61	0,62±0,18	5,83±1,75	13,75±4,13	3,17±0,95	3,12±0,94	3,03±0,91	0,09±0,02	12,96±3,89	0,19±0,06	1,13±0,34
2	4,34±1,30	3,12±0,93	6,48±1,94	5,73±1,72	5,60±1,68	2,89±0,86	3,89±1,17	0,25±0,07	10,63±3,19	0,10±0,03	0,76±0,23
3	2,30±0,69	0,37±0,11	3,90±1,17	7,70±2,31	4,59±1,37	2,50±0,756	5,68±1,70	0,85±0,25	3,46±1,04	0,15±0,04	0,57±0,17
4	2,43±0,72	0,23±0,07	2,77±0,83	9,31±2,79	2,64±0,79	3,28±0,98	7,93±2,38	0,19±0,06	2,69±0,814	0,16±0,05	0,42±0,12
5	9,96±2,98	1,83±0,55	4,81±1,44	6,53±1,96	5,82±1,75	27,48±8,24	7,54±2,26	2,27±0,68	9,82±2,95	0,10±0,03	1,50±0,45
6	6,14±1,84	0,42±0,13	2,57±0,77	8,87±2,66	3,44±1,03	3,80±1,14	2,80±0,84	0,17±0,05	95,13±28,54	0,13±0,04	0,49±0,14

Как следует из таблицы 3, во всех точках отбора наблюдаются невысокие концентрации основных тяжелых металлов, достоверно практически не отличающиеся друг от друга. Лишь в нескольких точках параметры различались на порядок. Так, в точке 2 (автомобильная развязка) наблюдается корреляция между мелкими частицами и повышенным содержанием Cr. В точке 5 (набережная) встречаются повышенные концентрации Cr и Cu, а возле ТЭЦ (точка 6) обнаружено увеличение содержания Ba.

Это свидетельствует о том, что тяжелые металлы в пробах снега г. Екатеринбурга содержатся в водорастворимой форме в невысоких концентрациях. Хотя, в свою очередь, это не исключает их содержание в виде оксидов или техногенных нерастворимых сплавов.

Закключение

По результатам нашей работы можно сделать вывод: атмосфера г. Екатеринбурга находится под техногенным прессом, что проявляется в микроразмерном

загрязнении. Эти данные в целом согласуются с другими показателями оценки качества атмосферного воздуха за прошлые годы [1–6]. Причем, выраженность этого загрязнения носит значительный характер: в некоторых районах доля наиболее мелких частиц (менее 10 мкм) составляет до 45,5%.

Масс-спектрометрическое исследование снеговой воды не выявило серьезного превышения показателей содержания тяжелых металлов, но это лишь значит, что данные металлы могут содержаться в водонерастворимой форме.

Более глубокие выводы можно будет сделать после электронно-микроскопического анализа проб.

Работа выполнена при поддержке Научного Фонда ДВФУ (№13-06-0318-м_а) и Министерства образования и науки Российской Федерации (уникальный идентификатор работ RFMEFI59414X0006).

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов К.Л., Вараксин А.Н., Чуканов В.Н. Влияние выбросов на здоровье детей промышленного центра // Экол. системы и приборы. 2005. №7. С.27–32.
2. Антропов К.М., Вараксин А.Н. Взаимосвязь здоровья детей г. Екатеринбурга с показателями загрязнения окружающей среды и другими факторами риска // Экол. системы и приборы. 2011. №5. С.26–30.
3. Аткина Л.И., Вишнякова С.В. Влияние выбросов автотранспорта на анатомические особенности хвои ели обыкновенной в условиях Екатеринбурга // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2007. №8. С.4–6.
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2013 году». URL: <http://www.mprso.ru/gosudarstvennye-doklady-o-sostoyanii-i-ob-ohrane-okruzhaiushei-sredy-sverdlovskoi-oblasti>

5. Суслов А.В. Уровень загрязнения снега в зоне поражения автотранспорта (г. Екатеринбург) // Леса России и хозяйство в них. 2009. №3(33). С.66–69.

6. Суслов А.В., Луганский Н.А. Состояние сосновых насаждений в условиях автотранспортного загрязнения в районе г. Екатеринбург // Вестник БГАУ. 2012. №1. С.74–78.

REFERENCES

1. Antonov K.L., Varaksin A.N., Chukanov V.N. Influence of emissions on health of children of the industrial center. *Ecologicheskie sistemy i pribory – Ecological Systems and Devices* 2005; 7:27–32 (in russian).
2. Antropov K.M., Varaksin A.N. Interaction of health of children of Yekaterinburg with indicators of environmental pollution and other risk factors. *Ecologicheskie sistemy i pribory – Ecological Systems and Devices* 2011; 5:26–30 (in russian).
3. Atkina L.I., Vishnyakova S.V. Influence surge motor transport on anatomic features on anatomical particularities of pine-needles ated to be common in conditions Ekaterinburg. *Moscow State Forest University Bulletin – Lesnoy vestnik* 2007; 8:4–6 (in russian).
4. The state report «About a state and about environmental protection of Sverdlovsk region in 2013». Available at: www.mprso.ru/gosudarstvennye-doklady-o-sostoyanii-i-ob-ohrane-okruzhaiushei-sredy-sverdlovskoi-oblasti (in russian).
5. Suslov A.V. Level of pollution of snow in a zone of a defeat of the motor transport (Yekaterinburg) // *Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh* 2009; 3:66–69 (in russian).
6. Suslov A.V., Luganskiy N.A. State of pineries in the conditions of motor transport contamination in district Ekaterinburg. *Vestnik BSAU* 2012; 1:74–78 (in russian).

Поступила 27.11.2014

Контактная информация
Кирилл Сергеевич Голохваст,
доктор биологических наук,

заместитель директора по развитию, Школа естественных наук,
доцент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере Инженерной школы,
Дальневосточный федеральный университет,
690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8.

E-mail: droopy@mail.ru

Correspondence should be addressed to

Kirill S. Golokhvast,
PhD (physiology), D.Sc. (ecology),
Deputy Director on Development of Natural Sciences School,
Associate Professor of Department of Safety in Technosphere of Engineering School,
Far Eastern Federal University,
8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690990, Russian Federation.
E-mail: droopy@mail.ru