

УДК 549.67:61- 042

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МИКРОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ ГОРОДА ВЛАДИВОСТОКА И ОСТРОВА РУССКИЙ (СЕЗОН 2013/2014)

© 2014 С.С. Веселова<sup>1</sup>, В.В. Чайка<sup>1</sup>, А.И. Агошков<sup>1</sup>, П.А. Никифоров<sup>1</sup>, Т.Ю. Романова<sup>3</sup>, А.А. Карабцов<sup>3</sup>, Е.Г. Автомонов<sup>1</sup>, В.В. Чернышев<sup>1</sup>, С.А. Разгонова<sup>1</sup>, Н.В. Земляная<sup>1</sup>, Ю.С. Дорошев<sup>1</sup>, А.А. Фаткулин<sup>1</sup>, С.М. Угай<sup>1</sup>, В.П. Лушпей<sup>1</sup>, В.И. Петухов<sup>1</sup>, К.С. Голохваст<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

<sup>2</sup> НИИ медицинской климатологии и восстановительного лечения, г. Владивосток

<sup>3</sup> Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

Поступила в редакцию 21.05.2014

В работе приведены результаты исследования снежного покрова методами лазерной гранулометрии и масс-спектрометрии высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой самого крупного города на Дальнем Востоке – Владивостока (материковой части и острова Русский) в зимний сезон 2013-2014 гг. Пробы были отобраны в 16 точках: 13 точек – г. Владивосток, 3 точки – остров Русский (кампус ДВФУ, мост, поселок Канал). Выявлено распределение Pb, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu и Zn и микроразмерных частиц в пробах снега, отобранных в различающихся антропогенной нагрузкой районах г. Владивосток и о-ва Русский.

Ключевые слова: снежный покров, тяжелые металлы, токсичность, масс-спектрометрия, антропогенная нагрузка

Оценка загрязнения атмосферы города по составу его снежного покрова является одной из самых достоверных методик, позволяющих выявить как твердые частицы взвесей, так и растворенную фазу. Владивосток исследуется нами уже несколько лет и выбран в связи с особым расположением города на полуострове, далеко выступающем в море, величиной (самый крупный в ДВФО) и небольшим прессом предприятий. Остров Русский, являвшийся ранее полузакрытой военной зоной, сейчас активно обживается, в частности на нем построен кампус Дальневосточного федерального университета. В целом является чистой пригородной зоной – на острове одна кольцевая дорога, менее чем на треть покрытая асфальтом.

**Цель работы:** комплексное исследование твердых (микрочастиц) и растворимых компонентов загрязнения снежного покрова материковой и островной части города Владивостока.

**Материалы и методы.** Пробы снега собирались на 13 станциях на материковой и островной (остров Русский) части г. Владивостока (рис. 1).

Снеговые пробы отбирали в момент снегопадов зимой 2013-2014 гг. Чтобы исключить вторичное загрязнение антропогенными аэрозолями, был собран верхний слой (5-10 см) только что выпавшего снега. Его помещали в стерильные контейнеры объемом 3 л. Через пару часов, когда снег в контейнерах растаял, из каждого образца (N=5) набирали 10 мл жидкости и анализировали на масс-спектрометре высокого разрешения с индуктивно-связанной плазмой Element XR (Thermo Scientific).

*Веселова Светлана Сергеевна, аспирантка; Голохваст Кирилл Сергеевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент. E-mail: drooru@mail.ru; Чайка Владимир Викторович, кандидат биологических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере. E-mail: vovka-rohtalion@mail.ru; Агошков Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности в техносфере; Никифоров Павел Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры металлов и металловедения; Романова Татьяна Юрьевна, ведущий инженер лаборатории рентгеновских методов; Карабцов Александр Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией рентгеновских методов; Автомонов Евгений Геннадьевич, старший преподаватель кафедры нефтегазового дела и нефтехимии; Чернышев Валерий Валерьевич, аспирант; Разгонова Софья Алексеевна, студентка; Земляная Нина Викторовна, доктор технических наук, профессор кафедры инженерных систем зданий и сооружений; Дорошев Юрий Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры горного дела и комплексного освоения георесурсов; Фаткулин Анвар Амрулович, доктор технических наук, профессор, директор Дальневосточного регионального учебно-методического центра высшего профессионального образования; Угай Сергей Максимович, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных машин и транспортных технологических процессов; Лушпей Валерий Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры горного дела и комплексного освоения ресурсов; Петухов Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности в чрезвычайных ситуациях и защиты окружающей среды*



Рис. 1. Места отбора проб (расшифровка станций отбора в табл. 1 ниже).  
© Участники OpenStreetMap

Таблица 1. Станции отбора снеговых проб в г. Владивосток

Станции отбора	Описание станции отбора
г. Владивосток	
1	Олимпиец. Относительно чистая зона, расположена на берегу моря.
2	Улица Вилкова. Крупный транспортный узел.
3	Луговая. Один из крупнейших транспортных узлов Владивостока.
4	НИИ медицинской климатологии и восстановительного лечения (ул. Русская 73г). Крупная транспортная магистраль.
5	Проспект Красного знамени. Крупная транспортная развязка.
6	Орлиная сопка. Самая высокая точка города. Расположена в центре города, около моста через залив Золотой Рог.
7	Улица Гоголя, район транспортной развязки. Один из крупнейших транспортных узлов Владивостока.
8	ТЭЦ-2, работающая на угле.
9	Улица Пушкинская. Рядом со школой №9. Близость автодороги (5 метров).
10	Змеинка. Экологически относительно благополучный район.
остров Русский	
11	Поселок Канал. Близость автодороги (5 метров).
12	Кампус ДВФУ.
13	Мост, связывающий о. Русский и материк.

Измерения проводились с использованием методики ЦВ 3.18.05-2005 ФР.1.31.2005.01714 (Методика выполнения измерений элементного состава питьевых, природных, сточных вод и атмосферных осадков методом масс-спектрометрии с ионизацией в индуктивно связанной плазме). После того, как снег в контейнерах растаивал, жидкость взбалтывали, затем из каждой пробы набирали 60 мл

в кювету и анализировали на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTech («Fritsch», Германия) для определения морфометрических параметров частиц.

**Полученные результаты.** Результаты масс-спектрометрии для удобства восприятия сведены в табл. 2. Результаты лазерной гранулометрии для удобства восприятия, сведены в таблицу 3.

**Таблица 2.** Средние концентрации (в мкг/л, ppb) токсичных металлов в снеговых пробах на станциях отбора проб г. Владивосток \*

Точка отбора	Al	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Ba	Pb
г. Владивосток										
1	41,49± 12,4	0,570± 0,3	15,18± 4,6	50,36± 1,3	2,66± 0,8	8,91± 2,6	54,46± 16,3	0,236± 0,11	102,87 ±15,4	1,56± 0,4
2	44,13± 13,2	0,366± 0,2	19,02± 5,7	39,65± 11,9	1,98± 0,6	5,00± 2,0	43,14± 12,9	0,400± 0,2	135,94 ±20,4	1,08± 0,3
3	32,59± 9,8	0,361± 0,2	24,43± 7,3	32,56± 8,14	2,37± 0,7	15,97± 4,7	51,56± 15,4	0,205± 0,12	186,43 ±27,9	0,55± 0,3
4	37,61± 11,3	<b>5,826± 1,7</b>	24,30± 7,3	34,36± 8,5	1,18± 0,4	2,77± 1,1	47,48± 14,3	0,244± 0,12	138,95 ±20,8	0,59± 0,3
5	23,24± 6,9	0,253± 0,1	52,70± 15,8	18,63± 4,6	1,89± 0,5	5,28± 2,1	43,77± 13,3	0,289± 0,14	350,65 ±52,6	0,75± 0,4
6	75,90± 18,9	1,165± 0,3	6,98± 2,0	32,16± 8,0	1,62± 0,5	2,71± 1,1	3,25± 1,3	0,023± 0,01	87,87± 13,2	0,51± 0,3
7	19,28± 5,8	1,389± 0,4	17,36± 5,2	15,71± 4,7	2,18± 0,6	4,34± 1,7	42,34± 12,7	0,125± 0,06	111,68 ±16,8	0,46± 0,2
8	64,27± 16,1	0,296± 0,1	30,18± 9,1	46,09± 13,8	1,12± 0,4	2,52± 1,0	13,78± 4,1	0,047± 0,023	215,01 ±32,3	0,44± 0,2
9	50,11± 12,5	0,391± 0,2	26,73± 8,0	43,21± 10,8	<b>10,55± 2,1</b>	6,84± 2,1	69,13± 20,7	0,222± 0,11	223,44 ±33,5	0,79± 0,4
10	785,14 ±117,0	0,356± 0,2	27,11± 8,1	69,23± 17,3	1,62± 0,5	6,39± 1,9	15,32± 4,6	0,056± 0,28	104,01 ±15,6	0,70± 0,4
остров Русский										
11	87,99± 21,9	0,631± 0,3	56,57± 16,9	83,23± 20,8	1,71± 0,5	3,79± 1,5	41,36± 12,4	0,256± 0,12	149,00 ±22,3	2,17± 0,6
12	50,93± 12,7	0,353± 0,2	43,89± 13,2	46,57± 13,9	1,77± 0,5	4,74± 1,9	62,30± 18,7	0,212± 0,10	198,11 ±29,7	0,74± 0,4
13	93,61± 23,4	<b>48,90± 14,6</b>	39,27± 11,8	83,64± 20,8	1,80± 0,5	4,70± 1,8	37,03± 11,1	0,126± 0,06	276,43 ±41,5	0,13± 0,07

Примечание: \* - погрешность выполненных анализов оценена по величине среднеквадратичного отклонения, значение которого при определении приведенных в таблице элементов не превышает 1-5%.

**Обсуждение результатов.** В районах №4 и №9 с высокой транспортной нагрузкой фиксируются и высокие содержания металлов (Cr, Ni), источником которых является автотранспорт (выхлопные газы, автокраска, катализаторы). Также в этих районах отмечено содержание мелких частиц (в частности, в районе №9) с высокой площадью поверхности. Содержание изученных элементов, полученные на самой высокой точке г. Владивосток – Орлиной сопке, отличаются от ранее измеренных (Голохваст и др., 2013). Годом ранее здесь

были зафиксированы высокие концентрации Mn и Cu. Результаты анализа загрязнения снежного покрова в сезон 2013-2014 гг. показывает, что в данной точке отбора наблюдается достаточная вариабельность значений. В двух районах о. Русский (поселок и кампус ДВФУ) обнаружены низкие фоновые содержания токсичных металлов. В районе моста напротив содержание Cr в снежном покрове крайне повышено, что согласуется с повышенным содержанием частиц менее 10 мкм с крайне высокой площадью поверхности (до 165150,7 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>).

**Таблица 3.** Физические параметры частиц взвеси, содержащихся в снеге в различных районах г. Владивостока и острова Русский

Параметры	Владивосток						Остров Русский		
	2	3	5	6	7	9	11	12	13
средний арифметический диаметр, мкм	30,39	582,89	689,67	16,87	20,84	11,36	3,3	12,86	6,93
удельная поверхность, см <sup>2</sup> /см <sup>3</sup>	32440,17	630,59	88,14	3584,27	2892,76	5310,95	20010,96	6527,3	165150,7

**Выводы:** Владивосток является городом со средней экологической нагрузкой, в большей части обусловленной автотранспортом. Остров Русский, как район г. Владивостока, ранее являлся чистой зоной с пониженной техногенной нагрузкой, однако в связи с нарастающей транспортной нагрузкой на остров Русский, эта ранее закрытая экосистема стала подвергаться достаточно высокому уровню отрицательного техногенного воздействия, что проявляется в повышении содержания в снежном покрове продуктов выхлопных газов автомобилей – тяжелых металлов и микроразмерных частиц, что показано выше. Именно эти компоненты, по мнению других исследователей [1, 2] и являются основными загрязняющими компонентами выхлопных газов. Скорее всего, источниками металлов являются механический и химический износ двигателей, моторное масло и топливо, элементы системы глушителя и каталитических нейтрализаторов [3, 4].

*Работа выполнена при поддержке Научного фонда ДВФУ, Государственного задания МОН РФ и Гранта Президента для молодых кандидатов наук МК-1547.2013.5.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Colombo, C. Platinum, palladium and rhodium release from vehicle exhaust catalysts and road dust exposed to simulated lung fluids / C. Colombo, A.J. Monhemius, J.A. Plant // *Ecotoxicol. Environ. Safety*. 2008. Vol. 71(3). P. 722-730.
2. Mathissen, M. Non-exhaust PM emission measurements of a light duty vehicle with a mobile trailer / M. Mathissen, V. Scheer, U. Kirchner et al. // *Atmospheric Environment*. 2012. Vol. 59. P. 232-242.
3. Wiseman, C.L. Airborne particulate matter, platinum group elements and human health: a review of recent evidence / C.L. Wiseman, F. Zereini // *Sci. Total. Environ.*, 2009. Vol. 407(8). P. 2493-2500.
4. Zereini, F. Concentration and distribution of platinum group elements (Pt, Pd, Rh) in airborne particulate matter in Frankfurt am Main, Germany / F. Zereini, F. Alt, J. Messerschmidt et al. // *Environ. Sci. Technol.*, 2004. Vol. 38(6). P. 1686-1692.

## DISTRIBUTION OF HEAVY METALS AND MICRODIMENSIONAL PARTICLES IN SNOW COVER OF VLADIVOSTOK CITY AND RUSSEKIY ISLAND (SEASON 2013/2014)

© 2014 S.S. Veselova<sup>1</sup>, V.V. Chayka<sup>1</sup>, A.I. Agoshkov<sup>1</sup>, P.A. Nikiforov<sup>1</sup>, T.Yu. Romanova<sup>3</sup>, A.A. Karabtsov<sup>3</sup>, E.G. Avtomonov<sup>1</sup>, V.V. Chernyshev<sup>1</sup>, S.A. Razgonova<sup>1</sup>, N.V. Zemlyanaya<sup>1</sup>, Yu.S. Doroshev<sup>1</sup>, A.A. Fatkulin<sup>1</sup>, C.M. Ugay<sup>1</sup>, V.P. Lushpey<sup>1</sup>, V.I. Petukhov<sup>1</sup>, K.S. Golokhvast<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Far East Federal University, Vladivostok

<sup>2</sup> Scientific Research Institute of Medical Climatology and Recovery Treatment, Vladivostok

<sup>3</sup> Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok

In work the results of research the snow cover by methods of laser granulometry and mass spectrometry of high resolution with inductively connected plasma of the largest city in the Far East – Vladivostok (the mainland and Russkiy Island) during a winter season of 2013-2014 are given. Tests were selected in 16 points – Vladivostok, 3 points – Russkiy Island (FEFU campus, bridge, Channel settlement). Distribution of Pb, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu and Zn and microdimensional particles in the tests of snow which have been selected in Vladivostok districts differing with anthropogenous loading and Russkiy Island is revealed.

Key words: *snow cover, heavy metals, toxicity, mass spectrometry, anthropogenous loading*

*Svetlana Veselova, Post-graduate Student; Kirill Golokhvast, Candidate of Biology, Senior Research Fellow, Associate Professor at the Department of Life Safety in Technosphere. E-mail: droopy@mail.ru; Vladimir Chaika, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Life Safety in Technosphere. E-mail: vovka-pohtalion@mail.ru; Alexander Agoshkov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Life Safety in Technosphere; Pavel Tikiforov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Metals and Metal Science; Tatiana Romanova, Leading Engineer at the Laboratory of X-rays Methods; Alexander Karabtsov, Candidate of Geology and Mineralogy, Chief of the X-rays Methods Laboratory; Evgeniy Avtomonov, Senior teacher at the department of Oil and Gas Deal and Petrochemistry; Valeriy Chernyshev, Post-graduate Student; Sofia Razgonova, Student; Nina Zemlyanaya, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Engineering Systems of Buildings and Constructions; Yuriy Doroshev, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Mining and Complex Development of Georesources; Anvir Fatkulin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of Regional Education-Methodical Center of High Education; Sergey Ugay, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Transport Machines and Transport Technological Processes; Valeriy Lushpey, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Mining and Complex Development of Resources; Valeriy Petukhov, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Safety in Emergency Situations and Environment Protection*