

УДК 535.4

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ ПО ДАННЫМ МИКРОРАЗМЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

© 2014 К.С. Голохваст^{1,2}, П.А. Никифоров¹, В.В. Чайка^{1,2}, Н.Г. Остапенко¹, С.А. Разгонова¹, Я.Ю. Блиновская^{1,2}, В.В. Слесаренко¹, Ю.С. Дорошев¹, Н.В. Земляная¹, А.А. Фаткулин³, А.И. Агошков¹

¹ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

² Морской государственный университет им. Г.И. Невельского

³ Дальневосточный региональный учебно-методический центр высшего профессионального образования

Поступила в редакцию 18.04.2014

Статья посвящена исследованию атмосферных взвесей малых городов и поселков Дальнего Востока с населением до 100 тысяч чел.: Магадан, Белогорск, Партизанск, Соловьевск, Оротукан с помощью методов лазерной гранулометрии и сканирующей электронной микроскопии. Показано, что изученные населенные пункты, учитывая размерность фракций атмосферных взвесей и их морфометрические характеристики, можно разместить в следующем порядке по степени нарастания потенциальной опасности для здоровья: Оротукан, Соловьевск, Партизанск, Белогорск, Магадан.

Ключевые слова: *атмосферные взвеси, экология, Дальний Восток, микрочастицы*

Дальний Восток относится к числу наиболее интересных регионов России с точки зрения изучения взвешенных в атмосфере нано- и микрочастиц, которые, несомненно, оказывают существенное влияние на качество воздуха, климат, людей и животных. Интерес этот обусловлен уникальным географическим расположением городов, отдаленностью их друг от друга, низкой промышленной активностью и мощными сезонными переносами воздушных масс в системе «океан-материк». К числу интересных особенностей Дальнего Востока относятся также большие расстояния между городами, небольшое количество крупных промышленных предприятий и небольшое количество населения. Ранее мы исследовали крупные города Дальнего Востока: Владивосток, Хабаровск, Благовещенск, Биробиджан, Уссурийск с населением от

100 до 700 тысяч человек [1, 2]. Данная работа посвящена атмосферным взвесям малых городов и поселков Дальнего Востока с населением до 100 тысяч чел.: Магадан, Белогорск, Партизанск, Соловьевск, Оротукан.

Материалы и методы. Магадан – город (административный центр Магаданской области) с населением 95,9 тыс. чел (2010). Расположен в районе вечной мерзлоты, вокруг сопки на берегу Тауйской губы Охотского моря, на перешейке, соединяющем полуостров с материком между бухтами Нагаева и Гертнера. Для Магадана характерен субарктический климат с чертами морского. Зима длительная, лето короткое и прохладное. Промышленность основана на энергетике и рыболовстве. Отбор проводился в центре города, недалеко от автомобильной дороги.

Голохваст Кирилл Сергеевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры защиты окружающей среды. E-mail: drooru@mail.ru; Никифоров Павел Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры металлов и металловедения; Чайка Владимир Викторович, кандидат биологических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере E-mail: vovka-pohtalion@mail.ru; Остапенко Никита Григорьевич, магистрант; Разгонова Софья Алексеевна, студентка; Блиновская Яна Юрьевна, доктор технических наук, заведующая кафедрой защиты окружающей среды; Слесаренко Вячеслав Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры нефтегазового дела и нефтехимии; Дорошев Юрий Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры горного дела и комплексного освоения георесурсов; Земляная Нина Викторовна, доктор технических наук, профессор кафедры инженерных систем зданий и сооружений; Фаткулин Анвир Амрулович, доктор технических наук, профессор, директор; Агошков Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности в техносфере

Белогорск – город в Амурской области с населением 75,16 тыс. человек (2011). Город расположен на реке Томь (приток Зеи). В Белогорске резко-континентальный климат с муссонными чертами и резком преобладании летних осадков. Зима холодная, сухая, с маломощным снежным покровом. В городе 7 котельных (центр города, в район Амурсельмаш, в район Гора) и Белогорский шиноремонтный завод. Отбор на станции проводился в районе школы № 200 по адресу ул. Ленина, 16. Рядом находится автомобильная дорога и на расстоянии около 1 км – котельная, снабжающая теплом центр города.

Партизанск – город в Приморском крае с населением 38,6 тыс. человек (2011). Расположен в долине р. Партизанской. Город окружают сопки, их высота в основном 250 метров, некоторые достигают высоты 500 метров. Климат муссонного типа с тёплым влажным летом и холодной малоснежной зимой. До начала конца 1990-х годов Партизанск был многоотраслевым промышленным центром, с преобладанием угольной промышленности. В 2008 г. прекращена добыча угля в селе Углекаменск. В 10 км к югу от Партизанска находится Партизанская ГРЭС, снабжающая электричеством весь юго-восток Приморья. Действуют крупная железнодорожная станция и локомотивное депо Партизанск. Пробы снега собирались в одной точке в центре города.

Соловьевск – село (ранее поселок) в Амурской области с населением 3 тыс. человек (2010).

Крупных предприятий промышленности и иных, кроме котельной, источников пыления нет. Отбор проводился в центре поселка, недалеко от автомобильной дороги.

Оротукан – посёлок городского типа в Магаданской области с населением 2,1 тыс. человек (2010). Расположен на правом берегу р. Оротукан между средневысоких холмов. Градообразующим предприятием Оротукана являлся завод горного оборудования (ОЗГО), который просуществовал с 1930-х годов по 2005 г. До 2002 г. в Оротукане существовал Оротуканский горно-обогатительный комбинат (ОГОК). На сегодняшний момент крупных источников пыления, кроме котельной, не имеется (www.orotukan.ru). Отбор проб проводился в центре поселка, недалеко от автомобильной дороги.

Атмосферные взвеси изучались в выпавшем снеге, который собирался в разных городах в момент снегопадов с марта 2010 г. по январь 2013 г. 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 растаял, жидкость взбалтывали и из каждого образца набирали 60 мл жидкости и анализировали на лазерном анализаторе частиц Fritsch Analysette 22 Nano-Tech (Германия). Анализ образцов проводили на сканирующем микроскопе Hitachi S-3400N (Япония). Образцы напылялись платиной.

Таблица 1. Распределение частиц в снеге по фракциям в разных населенных пунктах

Фракция, Ø, мкм, %	Магадан	Белогорск	Партизанск	Соловьевск	Оротукан
1 менее 1	-	-	-	-	-
2 1 - 10	2-3 13%	2-3 1%	2-3 2%	2-3 1%	7-9 3%
	4-5 9%	4-6 7%	4-10 33%	4-7 7%	
	8-12 26%	5-7 6% 7-10 11%		7-12 13%	9-12 9%
3 10 - 50	12-15 52%	12-20 33%	20-40 30%	12-20 22%	15-18 13%
		20-35 42%		25-30 8%	
				30-50 36%	
4 50 - 100	-	-	50-100 35%	50-80 13%	70-100 3%
5 100 – 400	-	-	-	-	300-400 3%
6 400 - 700	-	-	-	-	-
7 Более 700	-	-	-	-	800-1000 69%

Таблица 2. Морфометрические параметры частиц взвеси, содержащихся в снеге разных населенных пунктов

Параметры / район	Магадан	Белогорск	Партизанск	Соловьевск	Оротукан
средний арифметический диаметр, мкм	9,68	18,84	34,12	28,98	607,93
мода, мкм	12,56	26,39	66,76	39,71	1003,37
медиана, мкм	11,01	17,50	27,45	27,88	920,10
отклонение, мкм ²	13,61	67,26	729,08	289,96	195739,65
среднеквадратичное отклонение, мкм	3,69	8,20	27,00	17,03	442,42
коэффициент отклонения, %	38,12	43,54	79,14	58,75	72,77
удельная поверхность, см ² /см ³	8405,72	4326,28	4400,28	3462,35	1621,01

Результаты и обсуждение. Анализируя ранее полученные результаты [1], можно разделить аэрозольные частицы по размерам на семь классов: 1) от 0,1 до 1 мкм (соответствует PM1), 2) от 1 до 10 (соответствует PM10), 3) от 10 до 50 мкм, 4) от 50 до 100 мкм, 5) от 100 до 400 мкм, 6) от 400 до 700 мкм и 7) более 700 мкм. Размеры частиц и процентное соотношение фракций в пробах взвеси во всех населенных пунктах приведены в табл. 1. Более детальные морфометрические характеристики частиц взвеси, обнаруженных в снеге, приведены ниже (табл. 2).

Если сравнивать гранулометрические характеристики взвесей в исследованных населенных пунктах, то можно сделать несколько заключений. Во-первых, качественный состав взвесей всех исследованных населенных пунктов достаточно схож, и, судя по сканирующей электронной микроскопии, на 80-90% состоит из частиц природных минералов. Это можно объяснить тем, что все эти населенные пункты находятся преимущественно на равнинах, и большое значение в формировании взвесей на этих территориях имеет почвенная эрозия. Также стоит отметить отсутствие крупных источников пыления – ТЭЦ и промышленных объектов. Типичная для малых городов картина качественного состава атмосферных взвесей, на примере Белогорска, приведена на рис. 1.

Кроме природных компонентов взвесей, есть, судя по морфологии, и техногенные микрочастицы, которые заслуживают пристального внимания специалистов в области охраны окружающей среды. В пробах практически всех населенных пунктов в саже и угольной пыли (по данным энергодисперсионного анализа) часто обнаруживаются микрочастицы металлов – Fe, Zn, Cr, Cu, Ba (рис. 2).

Стоит отметить относительно достаточно высокое содержание взвесей относящихся к классу PM₁₀ в исследованных городах и поселках (от 12% в Оротукане до 48% в Магадане). Эти частицы с точки зрения экологического мониторинга считаются опасными, но учитывая их природный генез (по результатам сканирующей

электронной микроскопии), стоит считать их относительно безопасными для здоровья человека.

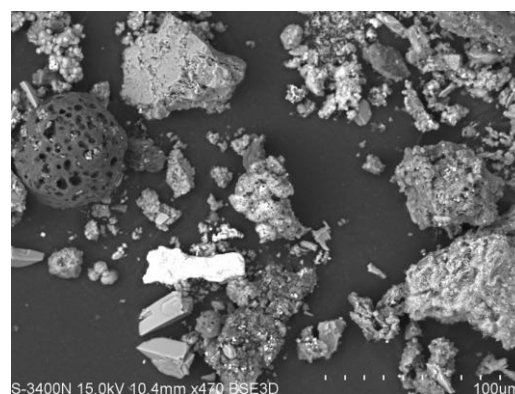


Рис. 1. Типичная взвесь малых населенных пунктов (Белогорск, зима 2011-2012 гг.). Сканирующая электронная микроскопия во вторичных электронах. x470

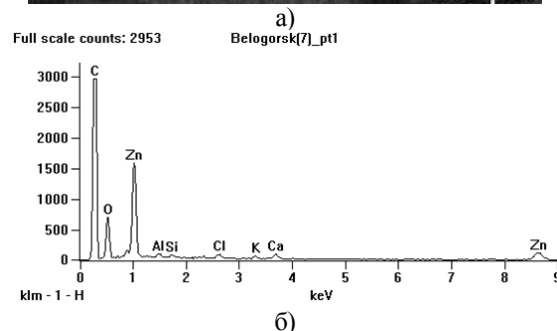
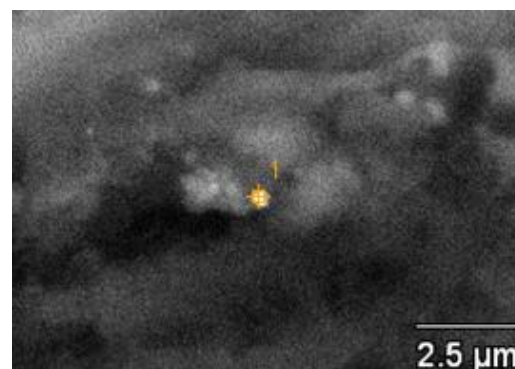


Рис. 2. а) микрочастица Zn в пробе отобранной в снеге г. Белогорск (зима 2011-2012). Сканирующая электронная микроскопия во вторичных электронах; б) состав на спектре

Важно, что, несмотря на малые размеры частиц (2 и 3 классы по нашей классификации), они обладают относительно малой площадью удельной поверхности, что опять же свидетельствует об относительно благополучной экологической обстановке, так как считается, что на поверхности частиц сорбируются различные токсические вещества. Следовательно, чем выше удельная поверхность, тем выше опасность частиц.

Выводы: изученные города можно разместить в следующем порядке по степени нарастания микроразмерного загрязнения атмосферы согласно морфометрическим и качественным

характеристикам частиц взвесей: Оротукан, Соловьевск, Партизанск, Белогорск, Магадан.

Работа выполнена при поддержке Научного Фонда ДВФУ, Гранта Президента для молодых ученых МК-1547.2013.5, Государственного Задания МОН РФ и в рамках постановления МОН РФ П218 (договор № 02.G25.31.0035-225).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Голохваст, К.С. Атмосферные взвеси городов Дальнего Востока. – Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2013. 178 с.
2. Голохваст, К.С. Гранулометрический анализ взвешенных микрочастиц в атмосферных осадках г. Хабаровск / К.С. Голохваст, Е.А. Алейникова, П.А. Никифоров и др. // Вода: химия и экология. 2012. № 6. С. 117-122.

ECOLOGICAL STATE OF SMALL SETTLEMENTS AT FAR EAST OF RUSSIA ACCORDING TO DATA OF MICRODIMENSIONAL POLLUTION OF THE ATMOSPHERE

© 2014 K.S. Golokhvast^{1,2}, P.A. Nikiforov¹, V.V. Chayka^{1,2}, N.G. Ostapenko¹, S.A. Razgonova¹, Ya.Yu. Blinovskaya^{1,2}, V.V. Slesarenko¹, Yu.S. Doroshev¹, N.V. Zemlyanaya¹, A.A. Fatkulin³, A.I. Agoshkov¹

¹ Far East Federal University, Vladivostok

² Marine State University named after G.I. Nevelskiy

³ Far East Regional Educational and Methodical Center of High Professional Education

Article is devoted to research the atmospheric suspensions at small cities and settlements of the Far East with the population up to 100 thousand people: Magadan, Belogorsk, Partizansk, Solovyevsk, Orotukan by means of laser granulometry and scanning electronic microscopy methods. It is shown that the studied settlements, considering the dimension of atmospheric suspensions fractions and their morphometric characteristics, it is possible to place in the following order on extent of potential health hazard increase: Orotukan, Solovyevsk, Partizansk, Belogorsk, Magadan.

Key words: *atmospheric suspensions, ecology, Far East, microparticles*

Kirill Golokhvast, Candidate of Biology, Senior Research Fellow, Associate Professor at the Nature Protection Department. E-mail: droopy@mail.ru; Pavel Nikiforov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Metals and Metallurgical Sciences; Vladimir Chaika, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Health and Safety in Technosphere. E-mail: vovka-pohtalion@mail.ru; Nikita Ostapenko, Master; Sofia Razfonova, Student; Yana Blinovskaya, Doctor of Technical Sciences, Head of the Nature Protection Department; Vyacheslav Slesarenko, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Oil and Gas Deal and Petrochemistry; Yuriy Doroshev, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Mining and Complex Development of Georesources; Nina Zemlyanaya, Doctor of technical Sciences, Professor at the Department of Engineering Systems of Buildings and Constructions; Anvir Fatkulin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director; Alexander Agoshkov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Health and Safety in Technosphere