

Под ред. И.Н.Денисова. М.: ГЭОТАР Медицина, 1999. С.32–35.

10. Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. Окружающая среда и здоровье населения: Региональная экологическая политика. М.: ЦЭПР, 2003. 149 с.

11. Ревуцкая И.Л. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье детей // Современные проблемы регионального развития: материалы II международной научной конференции, Биробиджан, 6-9 октября 2008. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2008. С.158–159.

12. Русанов В.И. Биоклимат Западно-Сибирской равнины. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2004. 208 с.

13. Сервер «Погода России». URL: <http://meteo.infospace.ru>.

14. Сидоренко Г.И., Кутепов Е.Н. Методология изучения состояния здоровья населения // Гигиена и санитария. 1998. №4. С 35–39.

15. Чубирко М.И., Пичужкина Н.М. Оценка риска здоровью населения от загрязняющих веществ атмосферного воздуха. М., 2004. 143 с.

Поступила 24.02.2011

Елена Олеговна Клинская, доцент кафедры экологии и биологии,
679015, г. Биробиджан, ул. Широкая, 70а;
Elena O. Klinskaya,
70a Shirokaya Str., Birobidzhan, 679015;
E-mail: klineo@mail.ru



УДК 549.67(-032.1)

К.С.Голохваст^{1,2}, Н.К.Христофорова¹, П.Ф.Кик², А.Н.Гульков³

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

¹ГОУ ВПО Дальневосточный федеральный университет, Владивосток,

²Владивостокский филиал Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания
Сибирского отделения РАМН – НИИ медицинской климатологии и восстановительного лечения,

³Институт нефти и газа Дальневосточного государственного технического университета,
Владивосток

РЕЗЮМЕ

В работе приведены результаты исследования нано- и микрочастиц атмосферных взвесей, содержащихся в снеге, на примере Владивостока. Показано применение лазерного анализатора частиц для изучения качественного и количественного состава взвесей атмосферных осадков. Выявлено распределение взвешенных в воздухе частиц различных размеров и генезиса в различающихся антропогенной нагрузкой районах города.

Ключевые слова: анализ, взвешенные частицы, микрочастицы, атмосферный воздух.

SUMMARY

K.S.Golokhvast, N.K.Khristoforova, P.F.Kiku,
A.N.Gulkov

GRANULOMETRIC AND MINERALOGIC ANALYSIS OF SUSPENDED PARTICLES IN THE AIR

The paper presents the results of the study of nano- and micro particles in air suspension, collected in the snow, by the example of Vladivostok. The application of the laser particle analyzer for the study of qualitative and quantitative composition of atmospheric precipitation is shown. The distribution of the particles different in size and genesis in the city areas with various anthropogenic levels is revealed.

Key words: analysis, suspended particles, micro particles, atmospheric air.

В последнее время взвешенные частицы (particle materials – PM), постоянно находящиеся в атмосфере, изучаются специалистами разных отраслей знаний, и,

несомненно, привлекают внимание экологов и медиков. К настоящему времени получено множество свидетельств взаимосвязей между характеристиками воздушной среды и заболеваемостью населения [5, 6, 7, 11, 12]. Установлена статистически достоверная зависимость от загрязнения атмосферного воздуха заболеваемости бронхитом, пневмонией, эмфиземой легких [6]. Показано, что атмосферное загрязнение, снижая сопротивляемость организма, сопровождается ростом инфекционных и респираторных заболеваний, а также увеличением продолжительности других болезней. Более того, за перенапряжением и срывом защитных функций и адаптационных резервов организма человека следует развитие острых и хронических процессов.

Проведенные в конце 1990-х годов в городах и регионах России специальные исследования по оценке риска здоровью от воздействия вредных факторов окружающей среды показали, что главным фактором риска является загрязнение атмосферного воздуха взвешенными веществами, что обуславливает повышенный уровень смертности населения [5, 6].

Основной вклад в содержание взвешенных в атмосфере техногенных частиц вносит транспорт, прежде всего автомобильный в виде частиц шин, дорожного полотна, сажи, органических конденсатов, образующихся в результате неполного сгорания топлива или масла, а также солей и окислов, выбрасываемых с выхлопными газами. Значителен вклад в загрязнение атмосферы промышленных предприятий, особенно предприятий стройиндустрии (частицы цемента, извести, песка, глины, обивочных тканей, опилок и т.д.). Свой вклад в характеристику воздушного бассейна вносят предприятия теплоэнергетики, работающие на угле (сажа, зола). Взвешенные вещества могут также иметь естественное происхождение, образуясь в результате почвенной эрозии.

Во многих городах мира в последние годы контролируется не общее содержание взвешенных в атмосферном воздухе веществ, а наиболее опасная фракция с размером частиц менее 10 мкм (PM₁₀). Практически во всех регионах США с 1990 г. преобладали измерения концентрации PM₁₀, благодаря чему была оценена доля этой фракции в общем количестве взвешенных веществ – в среднем 57% [11]. В атмосферном воздухе городов России определяется только общее количество взвешенных веществ.

В настоящее время взвешенные в атмосферном воздухе частицы, за которыми ведется мониторинг согласно рекомендациям Международной организации по стандартизации и Европейского комитета по стандартизации, классифицируются как PM₁₀, PM₄, PM_{2,5} и PM₁ (частицы с диаметром до 10, 4, 2,5 и 1 мкм, соответственно). Считается, что мелкие частицы воздушных взвесей с диаметром менее 10 мкм (40-70% взвешенных частиц), легко проникающие в организм человека, наиболее опасны [3]. Кроме того, взвешенные частицы адсорбируют большое количество токсичных веществ, которые вместе с ними могут попадать во внутреннюю среду организма. Особенно

опасно сочетание высоких концентраций взвешенных веществ и диоксида серы [8].

Современные методики исследования природных взвесей позволяют определять их химический (элементный), гранулометрический и физико-химический составы [1, 2, 4]. Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки. По результатам этих исследований предложены различные типы классификаций. Так, классификация взвешенных в атмосферном воздухе частиц только по размеру не учитывает состав и физико-химические характеристики компонентов. В свою очередь, химический анализ взвесей может сообщить о наличии в них токсичных веществ, но не позволяет оценить размер и свойства частиц.

В связи с этим цель работы состояла в исследовании нано- и микрочастиц атмосферных взвесей с использованием методов гранулометрического и минералогического анализа в различных экологических условиях.

Материалы и методы исследования

Материал собирали во время снегопада в марте 2010 г. Пробы снега (n=5) были отобраны на шести станциях, различающихся экологическими условиями, расположенными как непосредственно в черте города, так и в его пригородной зоне (рис. 1). Станция 1 расположена на полуострове Шкота, возвышенной части города, на улице с мощным потоком автотранспорта. Станция 2 располагается на ул. Пушкинская параллельно и выше центральной улицы города – Светланской, разгружая последнюю от транспортного пресса: по ней движется грузовой и легковой автотранспорт. Станция 3 располагалась в районе Первой речки, самой низкой части города, с напряженным транспортным прессом, сравнительно близко от ТЭЦ (800-900 м), работающей на жидком топливе. Станция 4 дислоцирована в районе Второй речки, в верховье реки возле транспортной развязки и мусоросжигательного завода. Станция 5 находится в небольшом поселке на берегу бухты Емар в Уссурийском заливе, выше детского оздоровительного центра «Океан». В районе санаторно-курортной зоны Садгород, за чертой города, расположена станция 6. Среди них наиболее экологически напряженными являются территории станций 2 (ул. Пушкинская) и 3 (микрорайон Первой речки).

Полученные пробы анализировали на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTech (Fritsch, Германия), позволяющем в ходе одного измерения устанавливать распределение частиц по размерам, а также определять их форму. Минералогический анализ взвесей производили на микроскопе Discovery V12 (Carl Zeiss, Германия) при участии сотрудников Дальневосточного геологического института ДВО РАН С.О.Максимова и И.Ю.Чекрыжова.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно имеющейся классификации [4], аэрозольные частицы разделяют по размерам на три класса: мелкодисперсные ($r \leq 0,1$ мкм), среднелдисперсные ($0,1 \text{ мкм} < r < 1 \text{ мкм}$) и грубодисперсные ($r \geq 1 \text{ мкм}$).

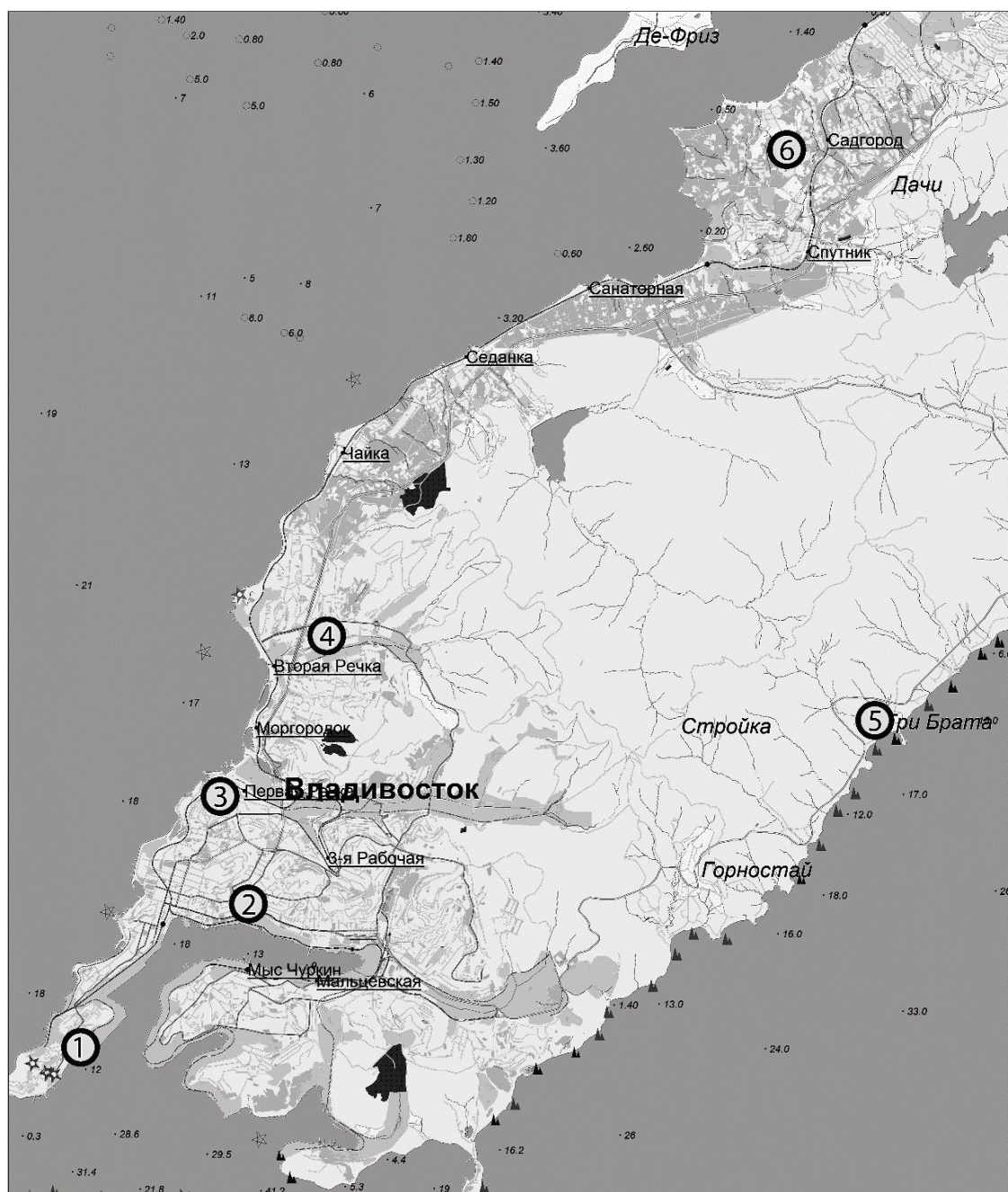


Рис. 1. Районы г. Владивостока, в которых проводились отборы проб: ст. 1 – полуостров Шкота (Эгершельд), ст. 2 – ул. Пушкинская, ст. 3 – Первая речка, ст. 4 – Вторая речка, ст. 5 – бухта Емар, ст. 6 – Садгород.

По результатам анализа атмосферных взвесей нами выделено пять классов размеров частиц: 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) более 100 мкм. Размеры частиц и процентное соотношение фракций в пробах взвеси показаны на рисунках 2 и 3. Общая характеристика взвешенных частиц, позволяющая увидеть картину полностью, представлена в таблице 1. Выявлено, что частицы с диаметром менее 10 мкм на станциях 2 и 5 составляют по 2%. Немного больше тонких частиц (менее 10 мкм) в атмосферной взвеси станции 6 – 5%. Наибольшее же количество мелких частиц, взвешенных в атмосферном воздухе, выявлено в зоне удовлетворительной экологической ситуации на полуострове Шкота (ст. 1) –

70%. На станциях отбора проб, расположенных в районах Первой (ст. 3) и Второй (ст. 4) рек, доля тонких частиц во взвеси оказалась близкой – 28 и 20%, соответственно. Однако в районе станции 3 (напряженная экологическая ситуация), единственном из шести обследованных мест, значительной была доля очень тонких частиц (менее 1 мкм) – 10%. В атмосферных взвесах зон с относительно благоприятной экологической ситуацией преобладали крупные частицы с размером 300-500 мкм (в 95% на ст. 5), а в Садгороде (ст. 6) еще более крупные частицы (400-1000 мкм) составляли 85%. Таким образом, в двух районах с наименьшим техногенным прессом в составе атмосферной взвеси доминировали крупные частицы. Однако на ул. Пушкинской (ст. 2), испытывающей воздействие гру-

зового и легкового автотранспорта, в составе взвеси также преобладали крупные частицы (94%), правда, с немного меньшими размерами (200-450 мкм), чем в пос. Емар (ст. 5) и районе Садгород (ст. 6).

Согласно литературным данным, наиболее опасными считаются частицы размером от 50-100 нм и до 1 мкм [9]. Они в 10% обнаружены в районе станции 3. Мелкодисперсные фракции (от 1 до 10 мкм), вторые по потенциальной опасности, в значимых концентрациях (более 20% от общего числа частиц) обнаружены в районах станций 1 и 4. Техногенные частицы нано- и микродиапозона, согласно исследованиям С.А.Хо-

тимченко и соавт. [9], относятся, скорее всего, к частицам сажи. Среди более крупных частиц (от 10 до 100 мкм) часть также имеет техногенное происхождение, по-видимому, это сажа, фрагменты асфальта и автомобильная резина. В образцах из района станции 5 преобладают наименее опасные, с точки зрения экологии и гигиены, частицы, размером более 100 мкм (вплоть до 1 мм), которые визуальнo представляют собой песок и гравий. Районы «Емар» и «Садгород» (ст. 5, 6) в целом считаются относительно благополучными с точки зрения экологической нагрузки.

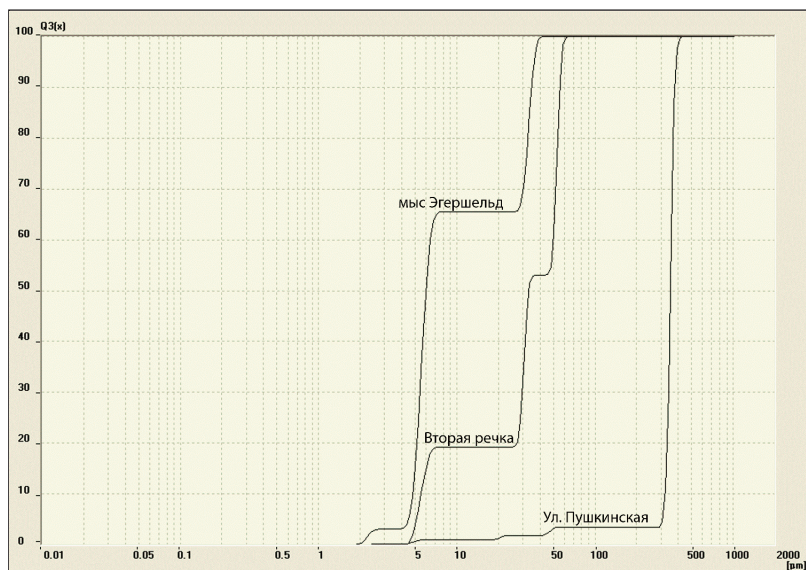


Рис. 2. Размеры частиц и их доля (в %) в пробах взвеси из районов: полуостров Шкота (ст. 1), Вторая речка (ст. 4), ул. Пушкинская (ст. 2.).

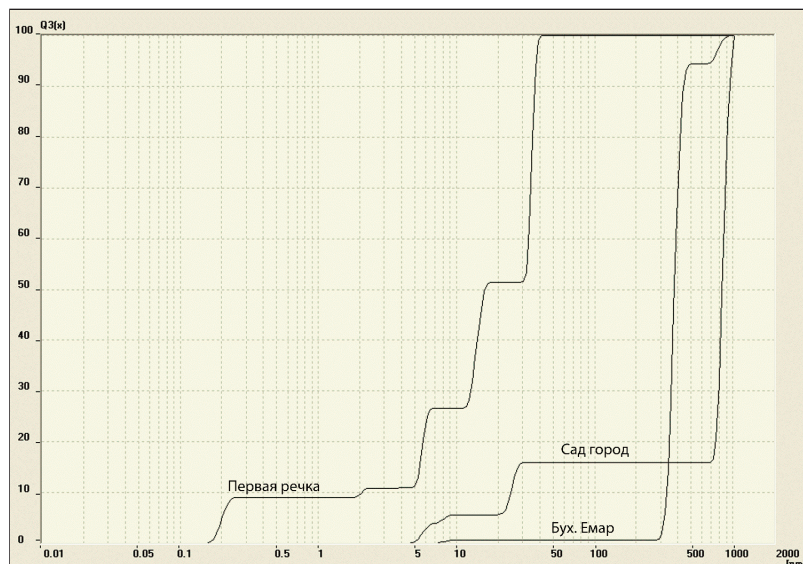


Рис. 3. Размеры частиц и их доля (в %) в пробах взвеси из районов: Первая речка (ст. 3), Садгород (ст. 6), бухта Емар (ст. 5).

Более детальные физические характеристики частиц атмосферной взвеси, обнаруженных в снеге, приведены в таблице 2. Параметры частиц, содержащихся в снеге, к сожалению, не дают информации, которая позволила бы сделать более точные выводы о токсичности выделенных фракций. Несмотря

на это, анализ параметров частиц может дать важную дополнительную информацию. Так, очень развитая удельная поверхность частиц, характерная для взвеси из района станции 3, указывает на их высокую сорбционную способность. Эти частицы могут сорбировать на себе и приносить во внутреннюю среду

организма как жидкие, так и газообразные токсичные вещества. На полуострове Шкота (ст. 1) заметно преобладают мелкие частицы, о чем свидетельствуют мода и медиана, однако размер этих частиц сильно варьирует, на что указывает самый высокий коэффициент отклонения – 89,5%. В то же время их удельная поверхность существенно меньше, чем у частиц в районе станции 3. В снижение значений этого параметра играют свою роль доля частиц (65%) с размерами 4-8 мкм и их сферическая форма. Развитой поверхностью контакта со средой обладают частицы взвеси и в районе станции 4, хотя она на порядок величин меньше, чем у частиц в районе Первой речки (ст. 3). К тому же

в районе Второй речки (ст. 4) и средний размер частиц почти в два раза больше, чем в районе Первой речки (ст. 3). Можно предположить, что заметное количество очень мелких частиц на ст. 3 обусловлено характером рельефа (падь), близостью ТЭЦ, работающей на жидком топливе, выхлопами автомобилей, что образует застойную зону инверсии в низкой части района. Мусоросжигательный завод, расположенный рядом со ст.4, по-видимому, не поставляет в атмосферу столь тонких частиц, как ТЭЦ, так как их существенно меньше и они легче разносятся с этого более высокого и более продуваемого места.

Таблица 1

Распределение частиц в снеге по фракциям

Классы фракций	Напряженная экологическая ситуация		Удовлетворительная экологическая ситуация		Относительно благоприятная экологическая ситуация	
	Станция 2	Станция 3	Станция 1	Станция 4	Станция 5	Станция 6
1 класс	-	150-300 нм (10%)	-	-	-	-
2 класс	2-5 мкм (2%)	2-3 мкм (2-3%)	4-8 мкм (20%)	2-3 мкм (5%)	5-10 мкм (5%)	6-10 мкм (2%)
		5-7 мкм (15%)		4-8 мкм (5%)		
3 класс	15-20 мкм (2%)	12-20 мкм (20-25%)	30-40 мкм (25%)	30-45 мкм (30%)	25-35 мкм (10%)	-
		40-50 мкм (50%)				
4 класс	40-50 мкм (2%)	-	40-70 мкм (55%)	-	-	-
5 класс	200-450 мкм (94%)	-	-	-	400-1000 мкм (85%)	300-500 мкм (95%)
						600-1000 мкм (3%)

При микроскопии образцов были выделены основные типы природных минералов в атмосферных взвесах. В образце, взятом на полуострове Шкота (рис. 4), были определены: кварц, полевой шпат, кварц-полевошпатовые сростки, кварц с малахитовыми пленками, каолинит, кремниево-железооксидные частицы, стекловатые частицы, техногенные частицы неустановленного происхождения, плагиоклазы, частицы бетона, шлаковые спеки, стекла.

Таким образом, подводя итог проведенному исследованию, можно заключить:

– впервые при анализе нано- и микрочастиц атмосферных взвесей крупного промышленного города с использованием лазерного анализатора выделены 5 классов частиц размером 1) от 0,1 до 1 мкм, 2) от 1 до

10 мкм, 3) от 10 до 50 мкм, 4) от 50 до 100 мкм и 5) более 100 мкм;

– установлено, что в атмосферной взвеси города Владивостока в целом преобладают размерные фракции 3 класса (35-50%); мелкодисперсные фракции 2 класса составляют 20% от общего числа частиц; взвеси наночастиц 1 класса достигают 10%.

– выявлено, что в зонах относительного экологического благополучия в атмосферной взвеси наблюдаются преимущественно крупнодисперсные частицы 5 размерного класса (85-98%), содержание мелкодисперсных частиц 2 и 3 классов составляет 5-10%.

Полученные данные позволяют провести экологическое районирование г. Владивостока по содержанию нано- и микрочастиц атмосферных взвесей.

Таблица 2

Физико-технические параметры частиц, содержащихся в снеге в различных зонах экологической ситуации в районах г. Владивостока

Параметры	Напряженная экологическая ситуация		Удовлетворительная экологическая ситуация		Относительно благоприятная экологическая ситуация	
	Станция 2	Станция 3	Станция 1	Станция 4	Станция 5	Станция 6
Средний арифметический диаметр, мкм	21,56	340,776	15,073	36,459	398,402	727,179
Квадратная площадь среднего диаметра, мкм	25,683	346,506	20,184	40,756	412,519	792,73
Форма (мода), мкм	34,093	354,421	5,518	53,254	367,841	864,755
Медиана, мкм	16,124	350,539	6,01	33,413	378,273	837,667
Отклонение, мкм ²	196,775	3977,939	182,017	335,117	11563,3	100637,5
Среднеквадратичное отклонение, мкм	14,028	63,071	13,491	18,306	107,533	317,234
Среднее отклонение, мкм	13,278	29,35	12,651	15,7	57,069	226,483
Коэффициент отклонения, %	65,065	18,508	89,508	50,21	26,991	43,625
Ассиметрия	-0,16	-4,12	0,68	-0,55	2,58	-1,66
Коэффициент эксцесса	-1,67	18,09	-1,48	-1,03	9,84	1,05
Однородность	0,815	0,08	1,658	0,466	0,142	0,217
Удельная поверхность, см ² /см ³	31550,17	358,44	8259,42	3300,4	201,41	850,76
Удельная поверхность, см ² /г	15775,08	179,22	4129,71	1650,2	100,7	425,38



Рис. 4. Минеральная взвесь из образца снега, собранного на полуострове Шкота (ст.1). Увеличение: 320.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барсуков О.К. Методы исследования дисперсного состава пыли, определение PM₁₀, PM_{2,5} в вентиляционных выбросах на предприятиях стройиндустрии // Вестник ВолгГАСУ. Серия: строительство и архитектура. 2008. №12. С.85–88.
2. Богатиков О.А. Неорганические наночастицы в природе // Вестник РАН. 2003. Т.73, №5. С.426–428.
3. Глушко А.А. Экстремальная экология (человека и природы) // Инженерная экология. 2010. №1(91). С.4–24.
4. Ивлев Л.С., Довгалюк Ю.А. Физика атмосферных аэрозольных систем. СПб.: НИИХ СПбГУ, 1999. 194 с.
5. Куценогий К.П., Куценогий П.К. Аэрозоли Сибири. Итоги семилетних исследований // Сибирский экологический журнал. 2000. №1. С.11–20.
6. Новиков С.М., Иваненко А.В. Оценка ущерба здоровью населения Москвы от воздействия взвешенных веществ в атмосферном воздухе // Гигиена и санитария. 2009. № 6. С.41–43.
7. Сенотрусова С.В., Христофорова Н.К. Загрязнение атмосферы и состояние здоровья населения промышленных городов. СПб.: Астерион, 2004. 246 с.
8. Токсикологические и антимикробные свойства минеральных наночастиц / Голохваст К.С. [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. Т.11, №5(2). С.448–451.
9. Хотимченко С.А., Гмошинский И.В., Тутельян В.А. Проблема обеспечения безопасности наноразмерных объектов для здоровья человека // Гигиена и санитария. 2009. №5. С.7–11.
10. APHEIS: Air Pollution and Health: A European Information System «Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy», 2005.
11. Health Aspects of Air Pollution – answers to follow-up questions from CAFE // Report on a WHO working group meeting Bonn, Germany, 15–16 January 2004.
12. Respiratory effects are associated with the number of ultrafine particles / Peters A. [et al.] // Am. J. Respir. Crit. Care Med. 1997. №155. P.1376–1383.

Поступила 02.02.2011

*Кирилл Сергеевич Голохваст, преподаватель кафедры инженерной экологии,
690950, г. Владивосток, ул. Суханова, 8;
Kirill S. Golokhvast,
8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690950;
E-mail: droopy@mail.ru*



УДК 551.578.46:614.715

А.Г.Сергеева¹, Н.Г.Куимова²

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В СИСТЕМЕ САНИТАРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

¹Институт геологии и природопользования ДВО РАН,

²Амурский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН, Благовещенск

РЕЗЮМЕ

Изучена степень загрязнения воздушной среды г. Благовещенска с использованием снежного покрова в качестве индикатора. Определено количественное распределение твердого осадка в снежном покрове на территории города, изучено содержание тяжелых металлов, исследованы источники и ореолы загрязнения.

Ключевые слова: аэротехногенное загрязнение, тяжелые металлы, снег, город.

SUMMARY

A.G.Sergeeva, N.G.Kuimova

SNOW COVER AS AN INDICATOR OF THE ATMOSPHERIC AIR CONDITION IN THE SYSTEM OF SANITARY-ECOLOGICAL MONITORING

The degree of air pollution in Blagoveshchensk with the use of snow cover as an indicator was studied. Quantitative distribution of snow firm deposit on the city territory is defined, heavy metals level is studied, the sources of pollution and auras of dispersion of metals are investigated.

Key words: aerotechnogenic pollution, heavy metals, snow, city.