

УДК [551.510.42:613.15](571.61):549

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АТМОСФЕРНЫХ ВЗВЕСЕЙ ГОРОДА БЛАГОВЕЩЕНСКА

© 2013 г. ^{1,2}К. С. Голохваст, ³Т. Н. Чапленко,
¹П. А. Никифоров, ¹В. В. Чайка, ⁴И. Э. Памирский,
¹Н. К. Христофорова, ^{1,2}А. Н. Гульков

¹Дальневосточный федеральный университет,

²ЗАО ДВНИПИ нефтегаз, г. Владивосток

³Аллергоиммунологический центр «ИммуноВиталь»,

⁴Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Благовещенск — административный центр Амурской области, расположенный на юго-западе Зейско-Буреинской равнины, на левом берегу Амура при впадении в него реки Зей. Рельеф города в основном равнинный, на окраинах есть небольшие возвышенности.

В городе с населением 220 000 жителей имеется несколько крупных источников пыления: ТЭЦ, а также более 10 котельных и около 90 000 автомобилей (за 2011 год), согласно сайту УГИБДД по Амурской области (<http://28.gibdd.ru>).

В Благовещенске резкоконтинентальный климат с муссонными чертами, что выражается в больших годовых и суточных колебаниях температур воздуха и резком преобладании летних осадков. Лето жаркое, но короткое и дождливое, со значительным количеством солнечного сияния. Зима холодная, сухая, с маломощным снежным покровом.

Настоящая работа продолжает нашу серию работ, посвященных сбору сведений о количественном (гранулометрический и фракционный), а также качественном (минералогический и химический) составе взвесей городов Дальнего Востока [2–4].

Методы

Пробы снега собирались в Благовещенске на 25 станциях (рис. 1, табл. 1), различающихся экологическими условиями, согласно нашей методике [1].

Снег собирался в момент снегопада зимой 2011/2012 года. 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, из каждого образца набирали 40 мл жидкости и анализировали на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTech (фирма Fritsch), позволяющем в ходе одного измерения устанавливать распределение частиц по размерам, а также определять их форму. Анализатор обладает не только хорошей воспроизводимостью, точностью и высоким разрешением, но и большим диапазоном измерений (от 10 нм до 2 мм). Измерение частиц можно проводить как в жидкой, так и сухой средах.

Результаты

Анализируя атмосферные взвеси нескольких городов Дальнего Востока (Хабаровск, Биробиджан, Благовещенск, Магадан, Уссурийск, Белогорск, Партизанск, Соловьевск) [2–4], мы разделили их по размерам частиц согласно данным лазерного анализатора на семь классов: 1) от 0,1 до 1 мкм (соответствует PM_{10}); 2) от 1 до 10 (соответствует PM_{10}); 3) от 10 до 50; 4) от 50 до 100; 5) от 100 до 400 мкм; 6) от 400 до 700 и 7) от 700 мкм и более.

В работе приведены результаты исследования нано- и микрочастиц атмосферных взвесей, содержащихся в снеге Благовещенска зимой 2011/2012 года. 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 отличающихся антропогенной нагрузкой районах города.

Ключевые слова: взвеси, микрочастицы, лазерная гранулометрия, экологический фактор

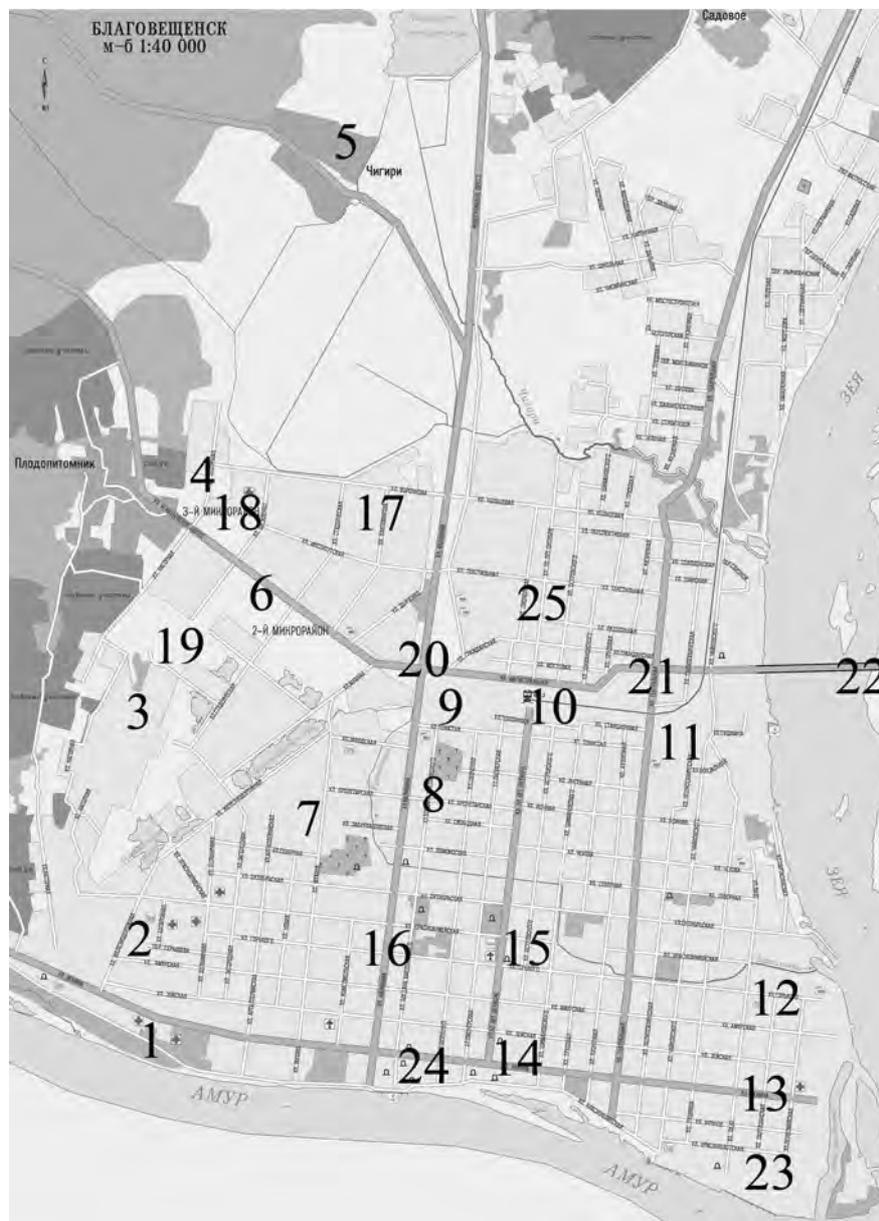


Рис. 1. Места отбора проб снега на территории г. Благовещенска

Таблица 1

Станции отбора проб в г. Благовещенске

Станция	Характеристика
1 – район мебельной фабрики	Крупный транспортный узел. Парковая зона на берегу р. Амур
2 – район 1-й городской больницы	Относительно экологически благополучный район с отсутствием крупных предприятий. Парковая зона со средней транспортной нагрузкой.
3 – ТЭЦ (5 м от дороги)	ТЭЦ-1, работающая на твердом топливе
4 – 3-й микрорайон	Относительно экологически благополучный район с крупными предприятиями. Средняя транспортная нагрузка
5 – поселок Чигири	Относительно экологически благополучный район с отсутствием крупных предприятий и транспортных развязок
6 – 2-й микрорайон (ул. Институтская)	Крупный транспортный узел
7 – район домостроительного комбината	Крупный транспортный узел
8 – перекресток улиц Богдана Хмельницкого – Пролетарская	Крупный транспортный узел
9 – район оптово-производственного склада	Крупный транспортный узел
10 – железнодорожный вокзал	Близость крупного железнодорожного узла. Транспортный тупик.
11 – район ВДНХ	Крупный транспортный узел

Продолжение таблицы 1

Станция	Характеристика
12 – перекресток улиц Горького – Партизанская	Крупный транспортный узел
13 – перекресток улиц Партизанская – Ленина	Крупный транспортный узел
14 – площадь Ленина	Крупный транспортный узел. Побережье р. Амур
15 – район торгового центра «Мега»	Крупный транспортный узел
16 – перекресток улиц Горького – Калинина	Крупный транспортный узел
17 – 2-й микрорайон (около детского сада № 60)	Относительно экологически благополучный район с отсутствием крупных предприятий. Средняя транспортная нагрузка
18 – 2-й микрорайон (около областного роддома на ул. Воронкова)	Относительно экологически благополучный район с отсутствием крупных предприятий. Средняя транспортная нагрузка
19 – ТЭЦ (500 м от дороги)	ТЭЦ-1, работающая на твердом топливе
20 – ул. Калинина (транспортное кольцо)	Один из крупнейших транспортных узлов Благовещенска. Равнинная зона с ветрами
21 – ул. Театральная (транспортное кольцо)	Один из крупнейших транспортных узлов Благовещенска
22 – пост ГИБДД на выезде из города	Относительно экологически благополучный район с отсутствием крупных предприятий и транспортных развязок
23 – Первомайский парк	Относительно экологически благополучный район с отсутствием крупных предприятий и транспортных развязок. Парковая зона
24 – площадь Победы (ул. Краснофлотская)	Относительно экологически благополучный район с отсутствием крупных предприятий. Средняя транспортная нагрузка. Парковая зона
25 – район комплекса промышленных предприятий	Близость крупного железнодорожного узла

Размеры и процентное соотношение фракций в некоторых пробах взвеси показаны на рис. 2 и 3. Обобщает эти рисунки табл. 2, позволяющая увидеть картину полностью.

Обсуждение результатов

Как можно видеть, самая опасная фракция частиц

с диаметром от 10 до 120 нм встречается в районе 21-й станции отбора проб.

После обнаружения высокой концентрации наночастиц во взвеси мы предположили, что они представлены металлами или их оксидами – продуктами «пыления» гальванического цеха. Источником наночастиц может быть ОАО «Судостроительный завод имени

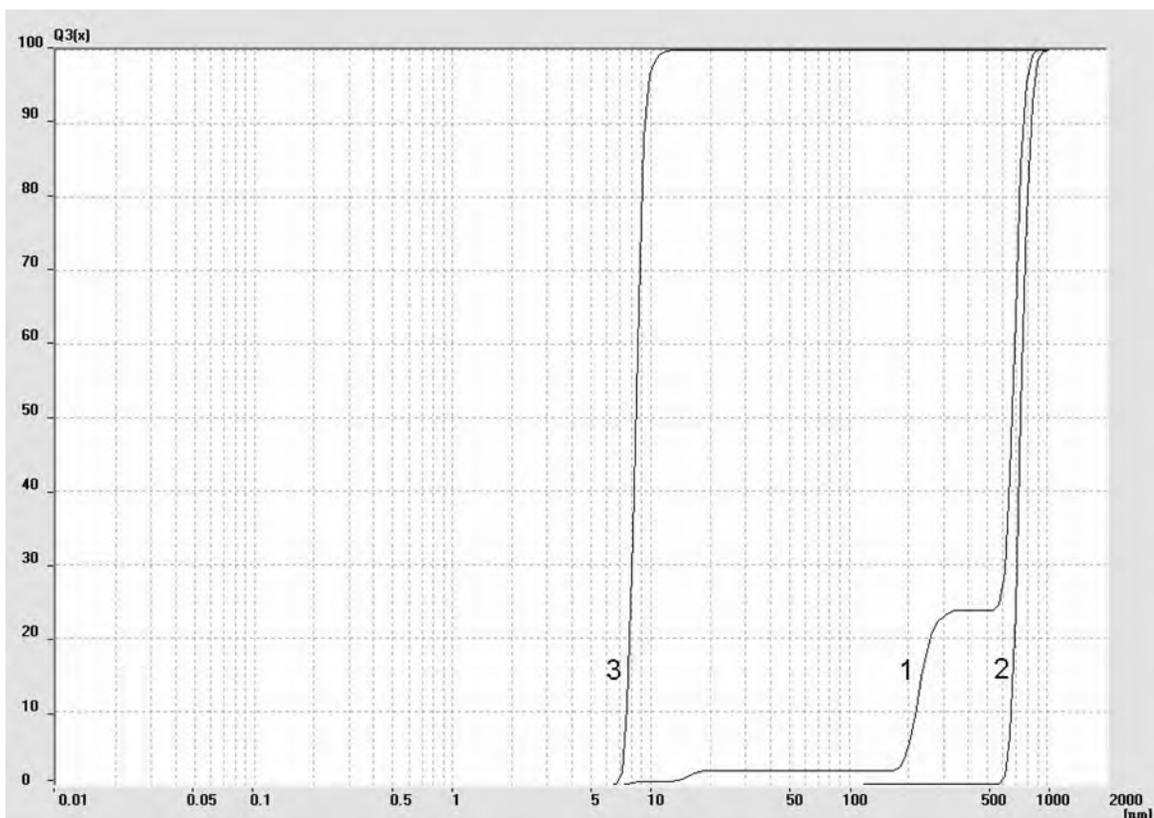


Рис. 2. Размеры частиц и их доля (в %) в пробах взвеси со станций 1, 2 и 3

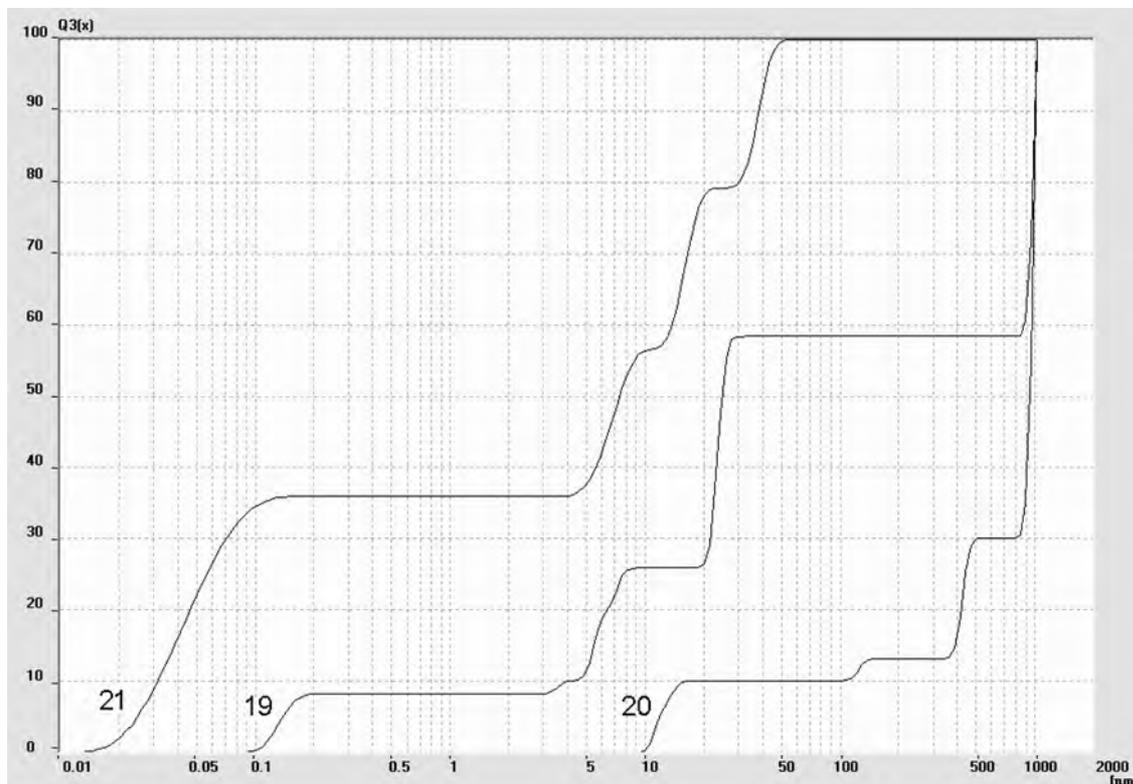


Рис. 3. Размеры частиц и их доля (в %) в пробах взвеси со станций 19, 20 и 21

Таблица 2

Распределение частиц по размерным фракциям на станциях отбора проб снега в г. Благовещенске

Диаметр, мкм	Районы неблагоприятные				Районы относительно неблагоприятные								Районы относительно благоприятные															
	3	4	7	13	19	21	5	8	9	11	12	14	16	22	24	1	2	6	10	15	17	18	20	23	25			
Менее 1					0,1–0,2 (9)	0,01–0,12 (36)																						
1–10	6–10 (100)	6–10 (14)	5–10 (28)	1–5 (20)	3–4 (1)	4–10 (20)					4–6 (3)					6–7 (1)			5–8 (3)			7–10 (6)	5–6 (1)	7–10 (3)	4–6 (1)	4–5 (1)		
10–50			20–35 (80)	35–45 (45)	20–90 (80)	30–40 (32)	10–30 (24)	15–30 (81)	10–20 (56)	20–30 (25)	30–50 (100)	20–30 (5)	10–20 (82)	10–20 (100)	20–30 (100)	20–30 (28)	20–25 (2)			25–35 (13)	20–30 (4)	20–30 (4)	20–30 (5)	10–20 (10)	10–15 (5)	20–25 (2)		
50–100				70–100 (27)					70–100 (4)					50–80 (6)							35–70 (40)					70–100 (10)		
100–400			200–300 (6)			800–1000 (48)	200–300 (19)	200–300 (18)			100–200 (45)			200–300 (67)	300–400 (18)			200–400 (21)			60–200 (100)	100–200 (3)	150–300 (10)			100–200 (3)	100–200 (4)	100–200 (2)
400–700													400–500 (3)	500–1000 (76)	500–1000 (100)			500–1000 (81)	350–500 (10)	500–1000 (81)			400–500 (18)			500–600 (10)		
Более 700															600–1000 (69)			500–900 (36)	500–900 (36)	500–1000 (81)	700–1000 (78)	800–1000 (69)	700–1000 (72)	700–1000 (76)	700–1000 (76)			

Примечания: серым фоном выделены высокоопасные для здоровья фракции частиц, светло-серым — малоопасные; в скобках — доля частиц в процентах.

Октябрьской революции». В пользу этой гипотезы говорил тот факт, что на официальном сайте предприятия указано, что оно «выполняет работы по подготовке стальных поверхностей под нанесение цинкового покрытия» (<http://www.nelma.amur.ru>). Наночастицы этого гранулометрического профиля нами ранее были обнаружены и верифицированы как частицы хрома и железа и (или) их оксидов с помощью атомно-адсорбционной спектроскопии, масс-спектрометрии высокого разрешения с индуктивно-связанной плазмой и сканирующей электронной микроскопией в г. Уссурийск около локомотивно-ремонтного завода (также имеется гальваническое производство). Поэтому по размерности и морфометрическим характеристикам еще до проведения элементного анализа можно верифицировать наночастицы из района отбора проб 21 как частицы металлов (предположительно цинк) и (или) их оксидов.

Наночастицы размером от 100 до 200 нм были обнаружены в районе 19 в количестве 9 %. Источник пыления для этой фракции без элементного анализа и электронной микроскопии установить пока не удалось.

В атмосфере районов 3, 7, 13 и 21 выявлены частицы менее 10 мкм в достаточно значимом ко-

личестве (от 20 до 100 %), что позволяет отнести территории к районам с повышенной экологической нагрузкой. Источником этих взвесей являются повышенный грузопоток транспорта, ТЭЦ и промышленные предприятия.

На станциях отбора проб 4, 5, 8, 11, 13, 14, 16, 22 было отмечено довольно высокое содержание взвесей размером от 10 до 50 мкм (от 80 до 100 %), что позволяет отнести их к районам с относительно напряженной экологической ситуацией.

Наиболее крупные частицы взвесей (до 1 мм) встречались в образцах из районов 1, 2, 10, 17, 18, 20, 23–25, которые были наиболее благоприятны для проживания.

Более детальные физические характеристики обнаруженных в снеге частиц взвеси, также полученных с помощью лазерного анализатора, приведены в табл. 3.

Стоит обратить внимание на то, что частицы наиболее мелкого размерного состава обладают огромной удельной площадью поверхности (до 564 102,88 см²/см³ в районе 21) и могут сорбировать на себе токсические вещества. Крупные частицы (от 500 до 1 000 мкм) в районе 2 (экологически благоприятная зона) имеют крайне малую площадь поверхности –

Таблица 3

Морфометрические параметры частиц взвеси, содержащихся в снеге в различных районах г. Благовещенска

Точка отбора	Средний арифметический диаметр, мкм	Мода, мкм	Медиана, мкм	Отклонение, мкм ²	Среднеквадратичное отклонение, мкм	Коэффициент отклонения, %	Удельная поверхность, см ² /см ³
Районы неблагоприятные для проживания							
3	8,47	8,35	8,41	0,58	0,76	9,05	7139,66
4	28,33	21,92	21,44	1488,53	38,58	136,17	3319,20
7	40,15	32,97	32,45	972,56	31,18	77,67	3417,07
13	31,26	35,52	33,75	298,16	17,26	55,23	6400,27
19	410,38	1003,37	24,89	222246,26	471,43	114,87	40469,63
21	13,07	16,29	7,41	214,29	14,63	111,97	564102,88
Районы относительно неблагоприятные для проживания							
5	53,58	16,29	16,68	6013,22	77,54	144,70	3051,86
8	58,04	14,04	15,17	6374,20	79,83	137,54	2905,78
9	99,11	112,27	105,12	3778,47	61,46	62,01	1272,33
11	39,71	39,70	39,46	22,48	4,741	11,93	1532,14
12	131,12	181,90	169,68	4699,89	68,55	52,28	945,34
14	62,37	13,03	13,24	11433,67	106,92	171,43	3850,85
16	12,20	12,56	12,16	1,22	1,10	9,06	4956,02
22	14,84	15,12	14,80	1,37	1,17	7,88	4065,99
24	569,18	773,76	741,33	114788,12	338,80	59,52	858,86
Районы относительно благоприятные для проживания							
1	579,12	666,99	665,85	46444,01	215,50	37,21	220,44
2	742,49	718,40	738,83	5225,70	72,28	9,73	81,93
6	105,60	116,51	105,43	366,65	19,14	18,13	587,54
10	586,73	718,40	690,88	69768,93	264,13	45,01	686,42
15	288,83	596,70	205,50	63622,77	252,23	87,32	730,03
17	545,61	666,99	662,75	73357,93	270,847	49,64	855,74
18	836,36	1003,37	958,61	103091,82	321,07	38,39	733,84
20	750,16	1003,37	943,53	118530,19	344,28	45,89	582,82
23	716,60	1003,37	938,23	162870,18	403,57	56,31	778,18
25	759,62	1003,37	951,75	130489,95	361,23	47,55	523,12

Примечание. Серым фоном выделены высокоопасные для здоровья фракции частиц, светло-серым – малоопасные.

81,93 см²/см³ и являются, скорее всего, частицами песка.

Выводы

Полученные данные позволяют провести первичное эколого-гигиеническое районирование города Благовещенска по содержанию и гранулометрии частиц атмосферных взвесей.

В итоге, исходя из размерного состава взвесей и их опасности для здоровья, в Благовещенске можно условно выделить три группы районов:

- неблагоприятные для проживания (содержащие в атмосфере частицы 1, 2 и 3 размерного класса) – станции 3, 4, 7, 13, 19, 21;
- условно неблагоприятные для проживания (содержащие частицы 3 и 5 размерного класса) – станции 5, 8, 9, 11, 12, 14, 16, 22, 24;
- условно благоприятные для проживания (содержащие преимущественно частицы 5, 6 и 7 размерного класса) – станции 1, 2, 6, 10, 15, 17, 18, 20, 23, 25.

Более подробная характеристика взвесей с привязкой к источникам пыления будет опубликована после вещественного анализа.

Работа выполнена при поддержке Программы «Научный фонд» ДВФУ» (проект №12-04-13002) и Гранта Президента для молодых ученых МК-1547.2013.5.

Список литературы

1. Патент на полезную модель № 100263. Устройство для исследования природных взвесей в воздухе. Голохваст К. С., Гульков А. Н., Паничев А. М. Опубл. 10.12.2010. Бюл. № 34. 9 с.
2. Голохваст К. С., Христофорова Н. К., Кикун П. Ф., Паничев А. М., Автомонов Е. Г., Никифоров П. А., Гульков А. Н. Анализ нано- и микрочастиц, содержащихся в снеге г. Владивосток // Вода: химия и экология. 2011. № 9. С. 81–86.
3. Голохваст К. С., Чекрызов И. Ю., Паничев А. М., Кикун П. Ф., Христофорова Н. П., Гульков А. Н. Первые данные по вещественному составу атмосферных взвесей Владивостока // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 1(8). С. 1853–1857.
4. Голохваст К. С., Алейникова Е. А., Никифоров П. А., Гульков А. Н., Христофорова Н. К. Гранулометрический анализ взвешенных микрочастиц в атмосферных осадках г. Хабаровска // Вода: химия и экология. 2012. № 6. С. 117–122.

References

1. Patent for a useful model № 100263. Ustrojstvo dlja issledovanija prirodnyh vzvesej v vozduhe [Equipment for investigation of natural suspensions in the air]. Golohvast K. S., Gulkov A. N., Panichev A. M. Opubl. 10.12.2010. Bjul. no. 34. 9 p.
2. Golohvast K. S., Hristoforova N. K., Kiku P. F., Panichev A. M., Avtomonov E. G., Nikiforov P. A., Gulkov A. N. Voda: himija i jekologija [Water: chemistry and ecology]. 2011, no. 9, pp. 81-86.
3. Golohvast K. S., Chekryzov I. Ju., Panichev A. M., Kiku P. F., Hristoforova N. P., Gulkov A. N. Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN [Bulletin of Samara Scientific Centre of Russian Academy of Sciences (RAS)]. 2011, vol. 13, no. 1(8), pp. 1853-1857.
4. Golohvast K. S., Alejnikova E. A., Nikiforov P. A., Gulkov A. N., Hristoforova N. K. Voda: himija i jekologija [Water: chemistry and ecology]. 2012, no. 6, pp. 117-122.

GRANULOMETRIC ANALYSIS OF ATMOSPHERIC SUSPENSIONS OF BLAGOVESHCHENSK CITY

^{1,2}K. S. Golohvast, ³T. N. Chaplenko, ¹P. A. Nikiforov, ¹V. V. Chayka, ⁴I. E. Pamirsky, ¹N. K. Hristoforova, ^{1,2}A. N. Gulkov

¹Far East Federal University, Vladivostok

²JSC DVNIPi-Neftegas, Vladivostok

³Allergo-immunological Centre «Immunovital», Blagoveshchensk

⁴Institute of Geology and Nature Management FEB RAS, Blagoveshchensk, Russia

The paper has presented the results of a study of nano- and microparticles of suspended air contained in snow in winter 2011-2012, Blagoveshchensk. The application of the laser particle analyzer for the study of qualitative and quantitative composition of atmospheric precipitation has been shown. The distribution of the particles different by sizes and genesis in the city areas with differences in anthropogenic impact has been revealed.

Keywords: suspension, microparticles, laser granulometry, ecological factor

Контактная информация:

Голохваст Кирилл Сергеевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры нефтегазового дела и нефтехимии Инженерной школы ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации

Адрес: 690990, г. Владивосток, ул. Пушкинская, д. 37

Тел./факс (423) 222-64-51

E-mail: droopy@mail.ru