

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Ефимова Н.В.¹, Дрозд В.А.², Голохваст К.С.², Елфимова Т.А.¹, Моторов В.Р.³

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНОЙ ВЗВЕСИ АДМИНИСТРАТИВНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665827, Ангарск;²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет», 690990, Владивосток;³Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Бурятия», 670013, Улан-Удэ

Введение. На территориях со стойким снеговым покровом пробы снега являются удобным индикаторным объектом для оценки химической нагрузки. Однако в качестве источника данных о контаминации воздушного бассейна пробы снегового покрова используются редко. Цель исследования – дать гигиеническую характеристику длительного загрязнения атмосферного воздуха по гранулометрическому составу взвешенных веществ, содержащихся в снеговом покрове.

Материал и методы. Проведены исследования гранулометрического состава атмосферных взвесей, накопленных в снеговом покрове за зимний период 2017/2018 г. административно-промышленного центра, расположенного в пределах Байкальской природной территории. Пробы отобраны в марте 2018 г. в г. Улан-Удэ. Снег помещали в стерильные контейнеры и растаивали при комнатной температуре. Жидкость изучали на лазерном анализаторе частиц Fritsch Analysette 22 NanoTech (Германия). Измерения проводились в диапазоне от 0,08 до 2000 мкм.

Результаты. При изучении фракционного состава снегового покрова г. Улан-Удэ в пяти исследуемых точках обнаружено преобладание мелких частиц (диаметром 10,1–50 и 1–10 мкм). Большая часть атмосферной взвеси (21,8–60,9%) представлена частицами с размером от 10,1 до 50 мкм. Наиболее высокий удельный вес мелкодисперсной пыли в диапазоне 1–10 мкм зафиксирован на участке, находящемся в непосредственной близости от железнодорожных путей, что, вероятно, связано со сжиганием дизельного топлива в железнодорожных локомотивах. Особенностью фоновой точки, расположенной в посёлке, удалённом от промышленных источников загрязнения и крупных автомагистралей, является содержание значительной доли частиц крупного размера (фракция от 400 до 700 мкм составила 27,8%, более 700 мкм – 23,8%).

Заключение. Проведённые исследования свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования системы социально-гигиенического мониторинга за загрязнением объектов окружающей среды с использованием методов анализа снегового покрова.

Ключевые слова: взвешенные частицы; гранулометрический анализ; снеговой покров; загрязнение.

Для цитирования: Ефимова Н.В., Дрозд В.А., Голохваст К.С., Елфимова Т.А., Моторов В.Р. Исследование гранулометрического состава атмосферной взвеси административно-промышленного центра Восточной Сибири. *Гигиена и санитария*. 2019; 98 (10): 1043-1048. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1043-1048>

Для корреспонденции: Ефимова Наталья Васильевна, доктор мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665827, Ангарск. E-mail: medecolab@inbox.ru

Финансирование. Работа выполнена в рамках средств, выделяемых для выполнения государственного задания ФГБНУ ВСИМЭИ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: подготовка статьи, аналитическая работа, обоснование программы исследований, руководство, обсуждение результатов – Ефимова Н.В.; проведение гранулометрического анализа, обсуждение результатов – Дрозд В.А.; проведение гранулометрического анализа, обсуждение актуальности и результатов, подготовка статьи – Голохваст К.С.; подготовка отбора проб снега, обсуждение и подготовка статьи – Елфимова Т.А.; обоснование программы исследований, отбор проб снега, обсуждение актуальности и результатов – Моторов В.Р.

Поступила 15.07.2019

Принята к печати 17.09.19

Опубликована: октябрь 2019

Efimova N.V.¹, Drozd V.A.², Golokhvast K.S.², Elfimova T.A.¹, Motorov V.R.³

STUDY OF THE PARTICLE SIZE COMPOSITION OF ATMOSPHERIC SUSPENSION OF THE ADMINISTRATIVE AND INDUSTRIAL CENTER OF EASTERN SIBERIA

¹East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation;²Far Eastern Federal University, Vladivostok, 690990, Russian Federation;³Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Buryatia, 670013, Ulan-Ude, Russian Federation

Introduction. Snow is an informative object for assessing the chemical load in areas with persistent snow cover. However, snow samples are rarely used as a source of air contamination data. The purpose of the study is to characterize the atmospheric air by the granulometric composition of suspended substances contained in snow samples.

Methods. Studies of the particle size distribution of atmospheric suspensions accumulated in the snow cover for the winter period 2017-2018 have been carried out. The snow was placed in sterile containers and stored at room temperature. The liquid was studied on a laser particle analyzer Fritsch Analysette 22 NanoTech (Germany). The measurements were carried out in the range from 0.08 to 2000 μm .

Results. At the five points studied, was found the predominance of small particles (with a diameter of 10.1-50 μm and 1-10 μm). Most of the atmospheric suspension (21.8-60.9%) is represented by particles with size from 10.1 to 50 microns. The highest content of fine dust with a diameter of 1-10 microns is noted in the immediate vicinity of the railway tracks. This is probably due to the combustion of diesel fuel in railway locomotives. The background point is located in a residential area that is remote from industrial sources of pollution and highways. The peculiarity of the background point is the content of a significant proportion of particles of large size (fraction from 400 to 700 microns was 27.8%, more than 700 microns - 23.8%).

Conclusion. Research indicates the need to further improve the system of social and hygienic monitoring of environmental pollution using snow cover analysis methods.

Key words: *suspended particles; particle size analysis; snow cover; pollution.*

For citation: Efimova N.V., Drozd V.A., Golokhvast K.S., Elfimova T.A., Motorov V.R. Study of the particle size composition of atmospheric suspension of the administrative and industrial center of Eastern Siberia. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98 (10): 1043-1048. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1043-1048>

For correspondence: Natalia V. Efimova, MD, Ph.D., DSci., professor, leading researcher of the Laboratory of environmental and hygienic researches, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, Russia. E-mail: medecolab@inbox.ru

Information about authors: Efimova N.V., <http://orcid.org/0000-0001-7218-2147>;
Drozd V.A., <https://orcid.org/0000-0002-7355-0607>; Golokhvast K.S., <https://orcid.org/0000-0002-4873-2281>;
Elfimova T.A., <https://orcid.org/0000-0002-0922-7880>; Motorov V.R., <https://orcid.org/0000-0001-7802-1694>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution: Guidance, development of a research program, preparation of the article, analytical work, discussion of the results – Efimova N.V.; Carrying out the particle size analysis, discussion of the results – Drozd V.A.; Conducting particle size analysis, discussion of the relevance and results, preparation of the article – Golokhvast K.S.; Preparation of snow sampling, discussion, preparation of the article – Efimova N.V.; Development of a research program, sampling of snow, discussion of relevance and results – Motorov V.R.

Received: July 15, 2019

Accepted: September 17, 2019

Published: October 2019

Введение

На территориях стран арктической и субарктической зон, в Сибири стойкий снеговой покров сохраняется от 4 до 7 мес, в течение которых происходит накопление атмосферных поллютантов. В связи с этим, по мнению ряда исследователей, снеговой покров является удобным индикаторным объектом для оценки химической нагрузки, однако в качестве источника данных о концентрации воздушного бассейна пробы снегового покрова почти не используются [1–5].

Город Улан-Удэ расположен в пределах Байкальской природной территории, что определяет интерес к техногенной нагрузке на объекты окружающей среды. На территории города расположено большое количество потенциальных источников загрязнения, таких как предприятия теплоэнергетики, приборостроения, ремонта локомотивов и вагонов, металлопроката, авиа- и судостроения и др. Негативное влияние промышленности на окружающую среду привело к ухудшению экологической обстановки в регионе. В публикуемых результатах исследований неоднократно отмечался факт неблагоприятной экологической обстановки в городе. К примеру, по результатам за 2014 г. в списках экологического рейтинга городов России г. Улан-Удэ находился на 88-й позиции из 94 [6–8]. В 2017 г. чрезвычайно высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха в Улан-Удэ связан с содержанием 3,4-бенз(а)пирена, взвешенных веществ, PM_{2,5}, PM₁₀, формальдегида [9]. Данные наблюдений в Улан-Удэ свидетельствуют, что среднемесячные значения концентраций твёрдых частиц (PM₁₀ и PM_{2,5}) в течение почти всего года (за исключением июля-сентября) превышают гигиенические нормы. В «Обзоре состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2017 год» показано, что средние за 2017 г. концентрация PM₁₀ в Улан-Удэ составили 1,8 ПДКгод, PM_{2,5} – 1,9 ПДКгод.

Основной вклад в загрязнение атмосферы вносят работающие на угле ТЭЦ, печное отопление частных домов и выбросы автотранспорта. Кроме того, на территории Республики Бурятия проводятся работы по добыче полезных ископаемых, что также оказывает влияние на экологическую обстановку в регионе [10–12]. В ранее проведённых исследованиях выявлено наличие в пробах снега тяжёлых металлов, что указывает на антропогенное загрязнение воздушной среды на территории жилой застройки [13, 14]. Кроме того, стоит учитывать, что выбросы промышленных объектов загрязняют поверхностные воды, что в итоге приводит к загрязнению оз. Байкал – крупнейшего природного хранилища пресной воды [15–18].

Целью исследования являлось проведение гигиенической характеристики длительного загрязнения атмосферного воздуха по гранулометрическому составу взвешенных веществ, содержащихся в снеговом покрове.

Материал и методы

Изучение загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами включало два аспекта. Во-первых, изучены многолетние концентрации взвешенных веществ в приземном слое воздушного бассейна города по данным Бурятского центра по гидрометеорологии и мониторингу среды (БЦГМС) на трёх постах наблюдения и проведено сравнение с гигиеническими нормативами (ПДК среднесуточное). Во-вторых, исследовались содержание и гранулометрические характеристики атмосферных взвесей в пробах снега. Снег собирался в конце зимнего сезона 2017/2018 г. Снег помещали в стерильные контейнеры объемом 3 л, растаивали при комнатной температуре. Жидкость изучали на лазерном анализаторе частиц Fritsch Analysette 22 NanoTech (Германия). Измерения проводились в диапазоне от 0,08 до 2000 мкм.

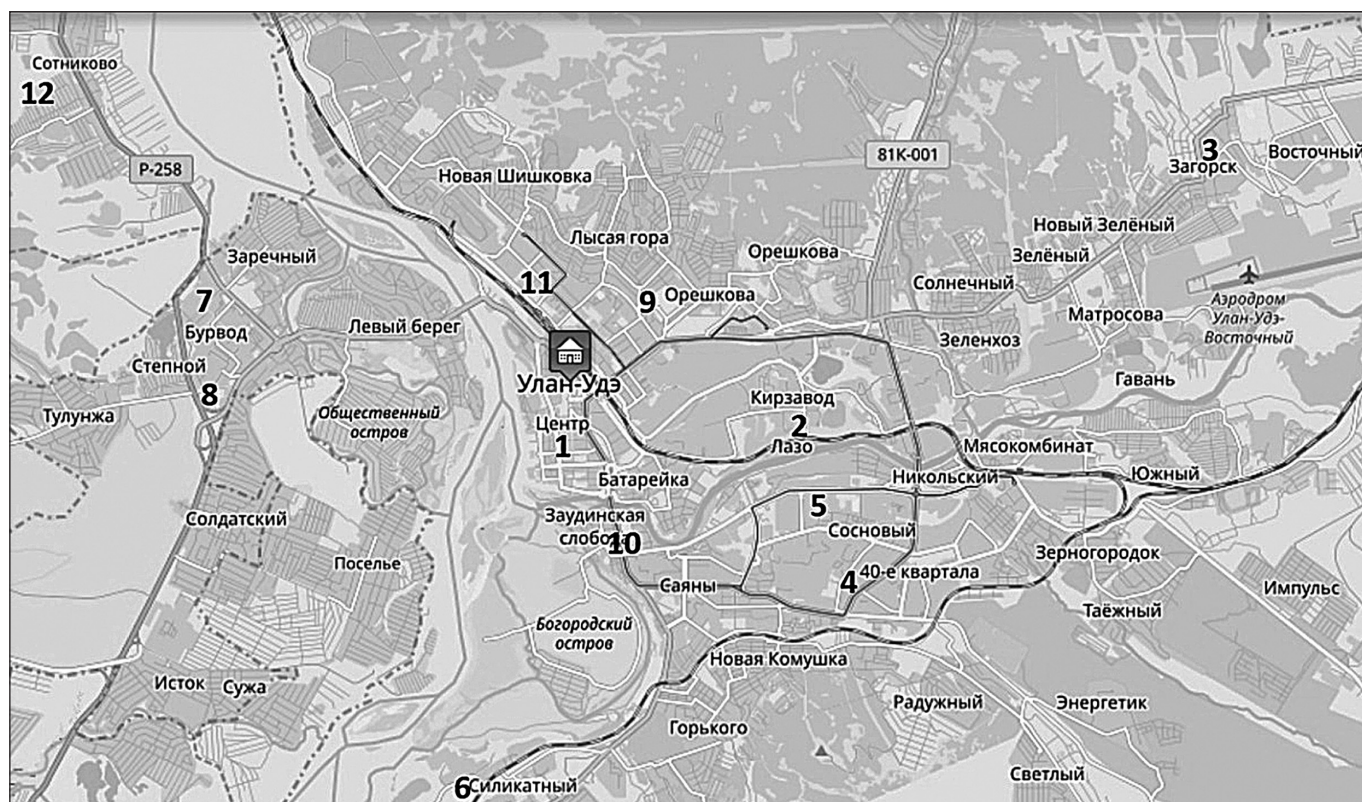
Выбор точек отбора связан с размещением постов наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках мониторинга не только БЦГМС, но и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Бурятия». Схема расположения точек отбора представлена на рисунке. Точки 1, 2, 3, 6, 7, 8 расположены в зоне влияния основных промышленных источников выбросов, точки 4, 5 – в жилой зоне, точки 9, 10, 11 привязаны к крупным автомагистралям. Точка 12 (п. Сотниково Иволгинского района Республики Бурятия) рассматривалась как фоновая, подвергающаяся техногенному воздействию в минимальной степени и расположенная за границей посёлка с наветренной стороны.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с помощью программы «Statistica 10.0». После проверки на нормальность распределения рассчитаны средние величины, стандартные отклонения и ошибки средних и дана оценка статистической значимости различий при попарном сравнении по *t*-критерию Стьюдента. Проведён кластерный анализ данных методом Варда. Оценка различий дана с помощью точного критерия Фишера. Различия в сравниваемых группах считали статистически значимыми при уровне 95% ($p < 0,05$).

Результаты

Многолетние наблюдения за содержанием взвешенных веществ в атмосферном воздухе на постах БЦГМС свидетельствуют, что в точках 9–11 постоянно регистрируется превышение ПДКсс по среднегодовым концентрациям (табл. 1).

Результаты анализа гранулометрического состава частиц, взвешенных в атмосферном воздухе г. Улан-Удэ, приведены в табл. 2. В первую очередь рассмотрим результаты в точке отбора № 12, которую считаем фоновой. Необходимо отметить, что содержание твёрдых частиц в диапазоне 1–10 мкм в пробе из этой точки достигает 22,8% от общего количества, что превышает показатели из некоторых других точек, расположенных в



Точки отбора проб снегового покрова на территории г. Улан-Удэ.

Таблица 1

Содержание взвешенных веществ в приземном слое атмосферного воздуха г. Улан-Удэ (среднее 2009–2015 гг.)

№ точки отбора	Адрес	Среднегодовая концентрация	Ошибка среднего	Кратность ПДКсс
9	ул. 50 лет Октября	0,223	0,00003	1,5
10	ул. Бабушкина	0,257	0,00003	1,7
11	ул. Революции 1905 г.	0,258	0,00001	1,7

городской черте. Согласно полученным данным, содержание в воздухе города частиц в диапазоне от 1 до 10 мкм не превышает 38,7%, максимальные значения получены в точке № 11, расположенной на ул. Революции 1905 года.

Результаты кластерного анализа представлены в табл. 3. Точка № 1 выделяется на фоне прочих наблюдений. На данной территории (кластер 1) отмечены: максимальная доля ча-

стиц в диапазоне менее 1 мкм (11,9%) и крупных частиц (более 700 мкм – 14,9%). В других кластерах удельный вес частиц по указанному диапазонам значительно ниже ($p = 0,000$ и $p = 0,001$ соответственно). Второй кластер (точки №№ 2, 6, 7) отличается наиболее высокой долей частиц размером 50–100 мкм ($27,3 \pm 4,6\%$ от общего количества; $p = 0,023$). Третий кластер объединяет самое большое количество точек, расположенных в

Таблица 2

Результаты гранулометрического анализа атмосферных взвесей в исследуемых диапазонах (пробы снегового покрова)

№ точки отбора	Диапазоны размеров частиц, мкм						
	≤ 1	1,1–10	10,1–50	50,1–100	100,1–399,9	400,1–700	> 700
1	11,9	24,7	28,1	9,5	4,7	6,2	14,9
2	2,5	16,7	48,2	22,4	2,7	6,7	0,8
3	2,3	14	23	18,8	28,3	12,9	0,7
4	3,4	22,3	57,2	11,5	5,2	0,4	0
5	3,7	24,0	60,9	11,3	0,1	0	0
6	1,7	9,1	41,9	31,5	15,8	0	0
7	1,8	14,6	44,9	27,9	10,8	0	0
8	2	15,8	21,8	11,8	22,6	20,9	5,1
9	2,6	16,8	55,8	15,3	7,5	2	0
10	3,5	20,3	58,0	17,9	0,3	0	0
11	4,9	38,7	49,2	2,9	0	0,1	4,2
12	3	22,8	4	0,3	18,2	27,9	23,8

Характеристика кластеров по распределению взвешенных частиц по размерным диапазонам

Диапазон	Удельный вес частиц данного диапазона (среднее \pm стандартное отклонение), %				Значимость различий	
	1-й кластер (точка № 1)	2-й кластер (точки №№ 2, 6, 7)	3-й кластер (точки №№ 4, 5, 9, 10, 11)	4-й кластер (точки №№ 3, 8)	F	p
менее 1	11,9	2,0 \pm 0,4	3,6 \pm 0,8	2,2 \pm 0,2	59,3	0,000
1–10	24,7	13,5 \pm 3,9	24,4 \pm 8,4	14,9 \pm 1,3	2,2	0,175
10,1–50	28,1	45,0 \pm 3,1	56,2 \pm 4,3	22,4 \pm 0,8	46,9	0,000
50,1–100	9,5	27,3 \pm 4,6	11,8 \pm 5,7	15,3 \pm 4,9	6,1	0,023
100,1–400	4,7	9,8 \pm 6,6	2,6 \pm 3,5	25,4 \pm 4,0	11,7	0,004
400,1–700	6,2	2,2 \pm 3,9	0,5 \pm 0,8	16,9 \pm 5,6	14,6	0,002
более 700	14,9	0,3 \pm 0,5	0,8 \pm 1,9	2,9 \pm 3,1	17,6	0,001

основной части города (за исключением административного центра, составившего первый кластер), в нём преобладают частицы диапазона 10,1–50 ($p = 0,000$). Четвёртый кластер, включающий две точки в посёлках Загорье и Заречный, характеризуется приблизительно равным составом твёрдых частиц в диапазонах от 1 до 700 мкм (от 14,9 до 25,4% от общего количества). Отметим, что только по размерам 1–10 мкм сформированные кластеры не имеют статистически значимых различий, удельный вес составил от 13,5 \pm 3,9% во втором кластере до 24,7% – в первом ($p = 0,175$).

Обсуждение

Сложившаяся экологическая ситуация в Байкальском регионе требует комплексного подхода для её устранения. Необходимо, опираясь на мировой и отечественный опыт, проведение масштабных исследований, на основании которых будут предложены рекомендации по улучшению экологической обстановки в регионе, а также развитие экологического воспитания с целью привлечения к решению проблемы инициативных участников [19–23]. По результатам наблюдений в 2017 г. по 220 городам РФ установлено, что средняя концентрация из максимальных значений составила 0,869 мг/м³, средняя из среднегодовых – 0,116 мг/м³ [24]. Представленные в указанном документе сведения определяют гигиенический интерес к гранулометрическому анализу взвешенных частиц в связи с разнонаправленными данными. Так, на фоне снижения выбросов стационарных источников твёрдых веществ за период 2013–2017 гг. (на 15%) зарегистрирован рост среднегодовых концентраций взвешенных веществ на 6%. Вероятно, это связано со значимостью других источников поступления взвешенных частиц в приземный слой атмосферного воздуха.

Точка № 1, выделяющаяся в отдельный кластер, расположена в центре города, вблизи пересечения основных городских магистралей, где преобладают передвижные источники загрязнения. В отдельных исследованиях показано, что нестабильный режим работы автотранспорта приводит к увеличению эмиссии в приземный слой [25].

Взвешенные частицы при проникновении в органы дыхания человека приводят к нарушению системы дыхания и кровообращения. Вдыхаемые твёрдые частицы влияют как непосредственно на респираторный тракт, так и на другие органы за счёт токсического воздействия входящих в состав частиц различных компонентов. Люди с хроническими нарушениями в органах дыхания, с сердечно-сосудистыми заболеваниями, частыми простудными заболеваниями, пожилые и дети особенно чувствительны к влиянию мелких взвешенных частиц диаметром менее 10 мкм (PM₁₀). Эти частицы составляют обычно 40–70% от общего числа взвешенных частиц. Особенно опасно сочетание высоких концентраций взвешенных веществ и диоксида серы [26]. По результатам представленных нами исследований, в г. Улан-Удэ отмечается другой гранулометрический состав: частицы размером менее 10 мкм в большинстве точек не превышают 28% от общего количества. «Соответствует» данным наблюдений Европейского бюро ВОЗ лишь точка № 11 (44,6%), на которой воз-

можным источником загрязнения твёрдыми частицами может являться расположенная в непосредственной близости железная дорога. Круглосуточно действующий железнодорожный узел включает следующие источники выбросов в воздушный бассейн: железнодорожные локомотивы, в том числе с дизельными двигателями, дорожное и внедорожное погрузочное и другое оборудование, а также типичные дорожные транспортные средства. Твёрдые частицы дизельного топлива являются доминирующим загрязнителем воздуха, хотя токсичные вещества для воздуха (например, бензол и 1,3-бутадиен) также выделяются в небольших количествах [27–29].

Наибольшая доля ультрамелких частиц (менее 1 мкм) составила 11,9% в точке № 1, находящейся под воздействием высоких источников выбросов: в 880 м на северо-восток расположено локомотивагоноремонтный завод, в 1140 м на восток – ТЭЦ-1. Пробы, отобранные в фоновой точке, характеризуются преобладанием частиц крупного размера, что, вероятно, связано с неполным сгоранием твёрдого топлива в печах частного жилого сектора. Как показали наши исследования, самые крупные частицы взвесей (более 500 мкм) предсказуемо содержатся в воздухе парковых и селитебных зон различных территорий Сибири и Арктики, рассматриваемых как «фоновые» [30, 31].

В настоящее время, несмотря на высокий риск нарушений здоровья у населения, подвергающегося воздействию различных фракций твёрдых частиц, мониторинг гранулометрического состава атмосферной взвеси проводится недостаточно широко. Ежегодный анализ проб снегового покрова можно рассматривать как скрининг для своевременного выявления изменений циркуляции примесей в атмосферном воздухе, что особенно важно в связи с климатическими изменениями и нарушением существовавших ранее закономерностей перемещения воздушных масс не только в циркулярных зонах, но и в условиях умеренного климата. Необходимость расширения программ наблюдения за фракционным составом взвешенных веществ, поступающих в атмосферный воздух, для различных населённых мест неоднозначна и зависит как от индустриального развития территории [1, 5, 13, 25], так и от её природно-географических особенностей [3, 5, 18, 20]. Использование данных анализа снегового покрова даст информацию о поступлении из атмосферного воздуха различных фракций твёрдых частиц, об их распределении на территории муниципальных образований. Результаты подобных исследований могут использоваться при планировании риск-ориентированных мероприятий по минимизации негативного воздействия загрязнителей воздушного бассейна на здоровье населения. Указанная информация позволит обосновать целесообразность введения регулярного контроля за содержанием примесей, определить точки размещения постов и программу наблюдения.

Несмотря на сильные стороны проведённого исследования (использование современных гранулометрических методов, риск-ориентированный подход к программе наблюдения за аккумулятивным загрязнением), результаты оценки накопления взвешенных веществ в снеговом покрове в г. Улан-Удэ имеют ряд неопределённостей, связанных с необходимостью совершенствования сетки отбора проб, учёта концентраций взвешен-

ных веществ, отсутствием обоснованных гигиенических нормативов. Полученные результаты, на наш взгляд, свидетельствуют о достаточно высокой информативности гранулометрического анализа и подтверждают необходимость дополнения существующих программ мониторинга за содержанием вредных химических веществ в объектах окружающей среды для получения данных, позволяющих дать корректную оценку экспозиции и выявить зоны повышенного риска для здоровья населения.

Заключение

В результате проведенных исследований получены результаты измерений фракционного состава атмосферных взвесей в воздухе г. Улан-Удэ. В пробах, отобранных в пяти точках, обнаружено преобладание мелких частиц (диаметром 10,1–50 и 1–10 мкм). Большая часть атмосферной взвеси (21,8–60,9%) представлена частицами с размером от 10,1 до 50 мкм. Наиболее высокий удельный вес мелкодисперсной пыли в диапазоне 1–10 мкм зафиксирован на участке, находящемся в непосредственной близости от железнодорожных путей, что, вероятно, связано со сжиганием дизельного топлива в железнодорожных локомотивах. Особенностью фоновой точки, расположенной в посёлке, удалённом от промышленных источников загрязнения и крупных автомагистралей, является содержание значительной доли частиц крупного размера (фракция от 400 до 700 мкм составила 27,8%, более 700 мкм – 23,8%). Проведённые исследования на примере г. Улан-Удэ свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования системы социально-гигиенического мониторинга за загрязнением объектов окружающей среды с использованием методов анализа снегового покрова.

Литература

(пп. 1–5, 25, 27–29 см. References)

- Арустамов Э.А. Влияние экологических рейтингов на имидж городов и регионов. *Вестник Московского областного государственного университета. Серия: Экономика*. 2017; 4: 38–46.
- Гребнева А.Е., Вьюшина А.С. Проблемы загрязнения атмосферы в Российской Федерации. *Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности. Сборник статей международной научно-практической конференции*. 2018: 176–80.
- Сажина О.В. Анализ состояния атмосферного воздуха Российской Федерации как объекта, участвующего в процессе загрязнения воздушной среды. *Наука и образование: новое время*. 2016; 4 (15): 42–5.
- Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2017 год. М.: Росгидромет; 2018 (дата обращения 10.04.2019 <http://www.meteorf.ru/product/infomaterials/90/>).
- Дамбиев Ц.Ц., Тыскинеева И.Е., Мадеева Е.В. Анализ загрязнения атмосферного воздуха г. Улан-Удэ объектами теплоэнергетики. *Энергетик*. 2016; 3: 36–8.
- Иметхенов А.Б., Чимитов Д.Г., Иметхенов О.А. Загрязнение атмосферного воздуха в зоне влияния выбросов Улан-Удэнской ТЭЦ-1. *Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления*. 2016; 5 (62): 32–7.
- Иванова О.А., Куклина Т.С. Экологические последствия добычи вольфрамовых руд (на примере Закаменского района Республики Бурятия). *Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАН*. 2016; 3 (56): 95–101.
- Корляков И.Д., Кошелева Н.Е. Оценка влияния городской застройки на загрязнение снежного покрова с применением геоинформационного и статистического анализа. *ИнтерКарто/ИнтерГИС*. 2017; 1 (23): 365–73.
- Ефимова Н.В., Ханхареев С.С., Моторов В.Р., Мадеева Е.В. Оценка канцерогенного риска для населения города Улан-Удэ. *Гигиена и санитария*. 2019; 98 (1): 90–3.
- Макухин В.Л., Оболкин В.А., Потемкин В.Л., Латышева И.В., Ходжер Т.В. Оценки пространственного распределения малых газовых примесей над акваторией озера Байкал в летний период с помощью полевых измерений и результатов математического моделирования. *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Наука о Земле*. 2016; Т. 18: 69–80.
- Касимов Н.С., Корляков И.Д., Кошелева Н.Е. Распределение и факты аккумуляции тяжёлых металлов и металлоидов в речных донных отложениях на территории г. Улан-Удэ. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2017; 3 (25): 380–95.
- Белозерцева И.А., Воробьева И.Б., Власова Н.В., Янчук М.С., Лопатина Д.Н. Химический состав акватории озера Байкал и прилегаю-

- шей территории. *Водные ресурсы*. 2017; 3 (44): 340–53. DOI: 10.7868/S032105961703004X.
- Потемкин В.Л., Потемкина Т.Г., Гусева Е.А. Региональный перенос примесей как геоэкологическая проблема Прибайкалья. *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2011; 6 (53): 103–7.
- Жолдакова З.И., Юдин С.М., Сеницына О.О., Бударина О.В., Додина Н.С. Перспективы совершенствования организационно-правовых и методических мер по управлению качеством окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2018; 97 (11): 1026–31.
- Корытный Л.М., Башалханова Л.Б., Веселова В.Н., Бальжинов А.В., Михеева Е.В., Башалханов И.А. Природно-климатические факторы экологической безопасности в контексте социально-экологического развития Байкальского региона. *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Наука о Земле*. 2018; Т. 25: 88–106.
- Дагбаева С.Д.-Н., Ангаев Б.Д., Дагданова С.Ж. Окружающая среда и управление качеством жизни. *Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления*. 2016; 3 (60): 77–83.
- Ляпин А.А. Формирование Байкальского экологического движения в Иркутске и Улан-Удэ: предистория, участники, цели. *Социологическое исследование*. 2018; 7: 61–70. DOI: 10.31857/S013216250000186-7.
- Сангадиева И.Г., Сангадиев З.В. Эколого-экономические проблемы исследования Байкальского региона. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2011; 12: 44–9.
- Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории Российской Федерации. СПб.: ФГБУ ГГО Росгидромета; 2018 (дата обращения 30.04.2019) http://voeikvfmgo.ru/images/stories/publications/2018/ejegodnik_zagr_atm_2017.pdf.
- Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека: Копенгаген; Региональные публ. ВОЗ, Европ. серия; № 85; 2001.
- Голохваст К.С., Ефимова Н.В., Елфимова Т.А., Дрозд В.А., Чайка В.В. Атмосферная взвесь небольшого арктического города (на примере Салехарда и Лабытнанги). *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2015; 58: 71–6.
- Голохваст К.С., Ефимова Н.В., Елфимова Т.А., Чайка В.В., Никифоров П.А., Лисецкая Л.Г. и др. Распределение тяжёлых металлов и микроразмерных частиц в снежном покрове в зоне влияния промышленного узла Ангарска. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2014; 54: 97–102.

References

- Šillerová H., Chrastný V., Vitková M., Francová A., Jehlička J., Gutsch M.R. et al. Stable isotope tracing of Ni and Cu pollution in North-East Norway: Potentials and drawbacks. *Environ Pollut*. 2017; 228: 149–57. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.05.030. (Available at: 20.05.2019 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.05.030>)
- Hofmann L., Stemmeler I., Lammel G. The impact of organochlorines cycling in the cryosphere on global distributions and fate – 2. Land ice and temporary snow cover. *Environ Pollut*. 2011; 162: 482–8. DOI: 10.1016/j.envpol.2011.10.004 (Available at: 13.05.2019 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22054697>)
- Lebedev A.T., Mazur D.M., Polyakova O.V., Kosyakov D.S., Kozhevnikov A.Yu, Latkin T.B. et al. Semi volatile organic compounds in the snow of Russian Arctic islands: Archipelago Novaya Zemlya. *Environ Pollut*. 2018; 239: 416–27. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.03.009 (Available at: 13.05.2019 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749117347620>)
- Ariya P.A., Dastoor A., Nazarenko Y., Amyot M. Do snow and ice alter urban air quality? *Atmos Environ*. 2018; 186: 266–8. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2018.05.028 (Available at: 13.05.2019 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231018303315?via%3Dihub>)
- Vecchiato M., Barbaro E., Spolaor A., Burgay F., Barbanteab C., Piazzar R. et al. Fragrances and PAHs in snow and seawater of Ny-Ålesund (Svalbard): Local and long-range contamination. *Environ Pollut*. 2018; 242: 1740–7. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.07.095 (Available at: 13.05.2019 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749118322346>)
- Arustamov Je.A. The impact of environmental ratings on the image of cities and regions. *Vestnik Moskovskogo oblastnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Jekonomika*. 2017; 4: 38–46. (in Russian)
- Grebneva A.E., V'jushina A.S. Problems of air pollution in the Russian Federation. Synthesis of science and society in solving global problems of our time. *Sbornik statej mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. 2018; 176–80. (in Russian)
- Sazhina O.V. Analysis of the state of the air of the Russian Federation as an object involved in the process of air pollution. *Nauka i obrazovanie: novoe vremya*. 2016; 4 (15): 42–5. (in Russian)
- The review of condition and environmental pollution in Russian Fed-

- eration for 2017. Moscow: Rosgidromet; 2018 (Available at: 10.04.2019 <http://www.meteorf.ru/product/infomaterials/90/>). (in Russian)
10. Dambiev C.C., Tyskineeva I.E., Madeeva E.V. Analysis of pollution of atmospheric air Ulan-Ude by power system objects. *Energetik*. 2016; 3: 36–8. (in Russian)
 11. Imethenov A.B., Chimitov D.G., Imethenov O.A. Atmospheric air pollution in the zone of influence of emissions from Ulan-Udenskaya Heat and Power Station-1. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologiy i upravleniya*. 2016; 5 (62): 32–7. (in Russian)
 12. Ivanova O.A., Kuklina T.S. Ecological consequences of production of tungstic ores (on the example of the Zakamensky district of the Republic of Buryatia). *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Sekcii nauk o Zemle RAEN*. 2016; 3 (56): 95–101. (in Russian)
 13. Korljakov I.D., Kosheleva N.E. Assessment of the impact of urban development on the pollution of snow cover using geoinformation and statistical analysis. *InterKarto/InterGIS*. 2017; 1 (23): 365–73. (in Russian)
 14. Efimova N.V., Hanhareev S.S., Motorov V.R., Madeeva E.V. Assessment of carcinogenic risk for the population of the city of Ulan-Ude. *Gigiyena i sanitariya [Hygiene and sanitation, Russian journal]*. 2019; 1 (98): 90–3. (in Russian)
 15. Makuhin V.L., Obolkin V.A., Potemkin V.L., Latysheva I.V., Hodzher T.V. Estimates of the spatial distribution of small gas impurities over the water area of Lake Baikal in the summer period using field measurements and the results of mathematical modeling. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle*. 2016; 18: 69–80. (in Russian)
 16. Kasimov N.S., Korljakov I.D., Kosheleva N.E. Distribution and accumulation of heavy metals and metalloids in river sediments in the city of Ulan-Ude. *Vestnik Rossiyskogo universiteta družby narodov. Seriya: ekologiya i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2017; 3 (25): 380–95. (in Russian)
 17. Belozerceva I.A., Vorob'eva I.B., Vlasova N.V., Janchuk M.S., Lopatina D.N. The chemical composition of the water area of Lake Baikal and the surrounding area. *Vodnye resursy*. 2017; 3 (44): 340–53. DOI: 10.7868/S032105961703004X. (in Russian)
 18. Potemkin V.L., Potemkina T.G., Guseva E.A. Regional transfer of impurities as a geoecological problem of the Baikal region. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2011; 6 (53): 103–7. (in Russian)
 19. Zholdakova Z.I., Yudin S.M., Sinitsyna O.O., Budarina O.V., Dodina N.S. Perspectives of organizational-legal and methodological measures improving environmental quality management. *Gigiyena i sanitariya [Hygiene and sanitation, Russian journal]*. 2018; 11 (97): 1026–31. (in Russian)
 20. Korytnyj L.M., Bashalhanova L.B., Veselova V.N., Bal'zhinov A.V., Miheeva E.V., Bashalhanov I.A. Climatic factors of environmental safety in the context of the socio-environmental development of the Baikal region. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle*. 2018; T. 25: 88–106. (in Russian)
 21. Dagbaeva S. D.-N., Angaev B.D., Dagdanova S.Zh. Environment and quality of life management. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologiy i upravleniya*. 2016; 3 (60): 77–83. (in Russian)
 22. Ljapin A.A. Formation of Baikal ecological movement in Irkutsk and Ulan-Ude: pre-history, participants, purposes. *Sociologicheskie issledovaniya*. 2018; 7: 61–70. DOI: 10.31857/S013216250000186-7. (in Russian)
 23. Sangadiyeva I.G., Sangadiyev Z.V. Ecological and economic problems of research of the Baikal region. *Vestnik Krasnojarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2011; 12: 44–9. (in Russian)
 24. Year almanac of condition of pollution of the atmosphere in cities on the territory of Russian Federation: FGBU «GGO» Rosgidrometa; 2018. (Available at: 30.04.2019 http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/2018/ejgodnik_zagr_atm_2017.pdf). (in Russian)
 25. Sarigiannis D.A., Golokhvast K.S., Chernyshev V.V., Chaika V.V., Ugay S.M., Zelinskaya E.V. et al. Size-segregated emissions and metal content of particles emitted by vehicles with low and high mileage: implications to population exposure. *Toxicol Lett*. 2015; 238 (S): 122.
 26. Air quality monitoring for human health impact assessment: Kopengagen; Regional'nye publ. VOZ, Evrop. seriya; № 85; 2001. (in Russian)
 27. Spencer-Hwang R., Soret S., Knutsen S., Shavlik D., Ghamsary M., Beeson W.L. et al. Respiratory Health Risks for Children Living Near a Major Railway. *J Community Health*. 2015; 40 (5): 1015–23. DOI: 10.1007/s10900-015-0026-0. (Available at: 20.05.2019 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25894422>)
 28. Kanyathare B., Peiponen K.E. Hand-Held Refractometer-Based Measurement and Excess Permittivity Analysis Method for Detection of Diesel Oils Adulterated by Kerosene in Field Conditions. *Sensors (Basel)*. 2018; 18 (5): 1551. DOI: 10.3390/s18051551 (Available at: 20.05.2019 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5982332/>)
 29. Spencer-Hwang R., Montgomery S., Dougherty M., Valladares J., Rangel S., Gleason P. et al. Experiences of a Rail Yard Community: Life Is Hard. *J Environ Health*. 2014; 77 (2): 8–17. (Available at: 20.05.2019 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4486117/>)
 30. Golokhvast K.S., Efimova N.V., Elfimova T.A., Drozd V.A., Chajka V.V. Atmospheric suspension of a small Arctic city (on the example of Salekhard and Labytnangi). *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya*. 2015; 58: 71–6. (in Russian)
 31. Golokhvast K.S., Efimova N.V., Elfimova T.A., Chajka V.V., Nikiforov P.A., Liseckaja L.G. Distribution of heavy metals and microdimensional particles in snow in influence of industrial knot of Angarsk. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhanija*. 2014; 54: 97–102. (in Russian)