

УДК 577.4:351.777.6(-032.1):(571.63)

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОРАЗМЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ГОРОДА БОЛЬШОЙ КАМЕНЬ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)****А.С.Холодов, С.М.Угай, В.А.Дрозд, К.С.Голохваст***Дальневосточный федеральный университет, 690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8***РЕЗЮМЕ**

Статья посвящена исследованию атмосферных взвесей города Большой Камень с помощью методов лазерной гранулометрии. Показано, что атмосфера данного города практически не загрязнена частицами размером менее 10 мкм (PM10). Лишь в трех точках из одиннадцати мы обнаружили опасные для здоровья микрочастицы в значимых долях – от 24,8 до 34,6%. В большинстве районов города преобладают крупные частицы более 400 мкм и их доля достигает 79,2%. Таким образом, город Большой Камень можно отнести к числу благополучных с точки зрения нахождения в атмосфере доли частиц менее 10 мкм.

*Ключевые слова: атмосферная взвесь, экология, Большой Камень, микрочастицы.*

**SUMMARY****RESEARCH OF MICRODIMENSIONAL POLLUTION OF THE ATMOSPHERE OF BOLSHOI KAMEN TOWN (PRIMORSKY REGION, RUSSIA)****A.S.Kholodov, S.M.Ugay,  
V.A.Drozd., K.S.Golokhvast***Far Eastern Federal University, 8 Sukhanova Str.,  
Vladivostok, 690950, Russian Federation*

The article is devoted to the research of atmospheric suspensions in Bolshoi Kamen town (Primorsky Region, Russia) by means of laser granulometry. It is shown that the atmosphere of this town is scarcely polluted with particles under 10  $\mu\text{m}$  (PM10). Only at 3 sampling points out of 11 we found dangerous to health microparticles in significant quantities: from 24.8 to 34.6%. Large particles sized above 400  $\mu\text{m}$  prevail in the majority of districts of the town amounting to 79.2%. We can conclude that the town of Bolshoi Kamen can be called "safe" from the standpoint of the presence of particles under 10  $\mu\text{m}$  in the atmosphere.

*Key words: atmospheric suspension, ecology, Bolshoi Kamen, microparticles.*

В настоящее время в России постоянный экологический мониторинг атмосферных взвесей, как правило, ведется в крупных городах (Москва, Санкт-Петербург, Владивосток и др.) [3, 5, 6, 7], на техногенно-загрязненных территориях [1, 2] и в заповедниках [9, 11]. Приморский край относится к числу наиболее интересных регионов России с точки зрения малой изученности микрогазового загрязнения атмосферы.

К числу особенностей заселенности Приморского края относятся большие расстояния между городами

(в среднем около 100-150 км), сравнительно малое количество крупных промышленных предприятий и небольшое количество населения.

Ранее мы исследовали крупные города Приморского края: Владивосток, Уссурийск и Находку с населением от 100 до 700 тысяч человек [7].

Данная работа посвящена изучению атмосферной взвеси небольшого города Приморского края (с населением до 100 тысяч человек) – Большой Камень. Целью исследования является выявление содержания нано- и микрогазов атмосферной взвеси, которые, несомненно, оказывают существенное влияние на качество воздуха, климат, людей и животных [4, 14].

**Материалы и методы исследования**

Большой Камень – город, центр одноименного городского округа в Приморском крае России. Расположен в 20 км к востоку от Владивостока на противоположном берегу Уссурийского залива Японского моря. Население города 38 637 человек (на 2015 год). В холодный период на территории города преобладают северные ветры, в теплый – юго-западные. Среднегодовая скорость ветра достигает 3,4 м/сек.

В Большом Камне работает несколько крупных предприятий: ДВЗ «Звезда» (судоостроительное и судоремонтное градообразующее предприятие, строящее гражданские суда, реконструирующее и утилизирующее атомные подводные лодки), ЗСО «Восток» (достроечная площадка Амурского судостроительного завода), ОАО «Рыболовецкий колхоз «Новый мир» (добыча и переработка рыбы), ОАО «Большекаменский хлебокомбинат».

Точки отбора снега выбирались рядом с этими предприятиями и крупными улицами и магистралями (рис. 1).

Атмосферные взвеси изучались в выпавшем снеге, который собирался в момент снегопадов в январе 2015 г. 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 несколько часов, после таяния снега, жидкость взбалтывали и из каждого образца набирали 60 мл для анализа на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTec plus (Fritsch, Германия), который позволяет в ходе одного измерения устанавливать распределение частиц по размерам, а также определять их форму.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Размеры частиц и процентное соотношение фракций в пробах взвеси во всех станциях отбора приведены в таблице.



Рис. 1. Район отбора проб в г. Большой Камень. Участники OpenStreetMap. Станции отбора в г. Большой Камень: 1 – Аллея Труда; 2 – Корабельная площадь; 3 – ул. Академика Крылова; 4 – ул. Академика Курчатова; 5 – ул. Блюхера; 6 – ул. Гагарина; 7 – ул. Горького; 8 – ул. Карла Маркса; 9 – ул. Маслакова; 10 – ул. Приморского Комсомола; 11 – Пушкинский переулок.

Таблица

Распределение частиц в снеге по фракциям в г. Большой Камень

Фракция, мкм	Доля частиц, %										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Менее 1	3,1	0,1	2,1	0,2	2	1,6	0,6	3,7	3,4	0,3	1
1-10	<b>24,8</b>	0,6	15	1,4	18,7	11,8	3,9	<b>30</b>	<b>34,6</b>	6,9	16,2
10-50	27,5	1,8	19,3	3,5	17,9	13,6	7,9	29,6	17,8	12	9,6
50-100	0,2	0,5	6,5	1,3		3,9	2,8	0,1			
100-400	24,4	21,9	24,8	19,8		66,3	23,8	0,8			
400-700	20	41,9	29,8	44	5,4	32,5	31,7	4		1,5	6,6
более 700		<b>33,2</b>	2,5	<b>29,8</b>	<b>56</b>	0,3	<b>29,3</b>	<b>31,8</b>		<b>79,2</b>	<b>66,6</b>
Средний арифметический диаметр, мкм	179,24	590,77	255,77	561,95	568,94	281,1	513,59	328,99	361,76	801,02	667,84
Мода, мкм	404,7	726,2	460,85	658,77	911,59	418,07	800,52	882,46	800,52	972,78	882,46

Если сравнивать гранулометрические характеристики взвесей в разных районах Большого Камня, то можно сделать несколько заключений.

Во-первых, судя по проведенным отборам, атмосфера данного города практически не загрязнена частицами менее 10 мкм (PM<sub>10</sub>). Лишь в трех районах Большого Камня (станции отбора проб №1, 8, 9) наблюдаются частицы данного размера в значимых долях – от 24,8 до 34,6% (рис. 2). Стоит отметить, что две из трех точек, где отмечено преобладание PM<sub>10</sub>, находятся вблизи заводов «Звезда» и «Восток» (станции №1 и 9), которые могут являться источниками загрязнения частицами менее 10 мкм. В то же время, на расположенной рядом точке отбора №3 выявлено низкое

содержание частиц менее 10 мкм.

Третья точка отбора с высоким содержанием частиц до 10 мкм (станция №8) находится вблизи транспортного кольца автомагистрали. Считается, что выбросы автотранспорта могут составлять от 50 до 90% загрязняющих веществ воздушной среды в современном городе [8, 10, 12, 13], таким образом, можно предположить, что именно близость данной станции отбора проб к транспортному кольцу дает высокое содержание частиц PM<sub>10</sub> в анализах снеговой воды.

Во-вторых, в большинстве районов города преобладают крупные частицы 6 и 7 размерных классов – более 400 мкм (рис. 3).

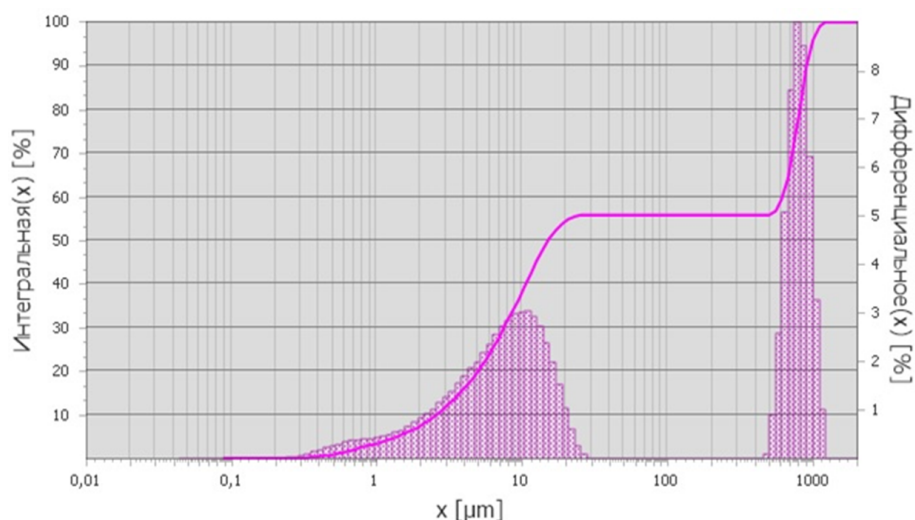


Рис. 2. Соотношение долей частиц взвесей разного размера в образце снеговой воды, собранной в районе ул. Маслакова (станция отбора проб №9). Доля частиц менее 10 мкм – 34,6%.

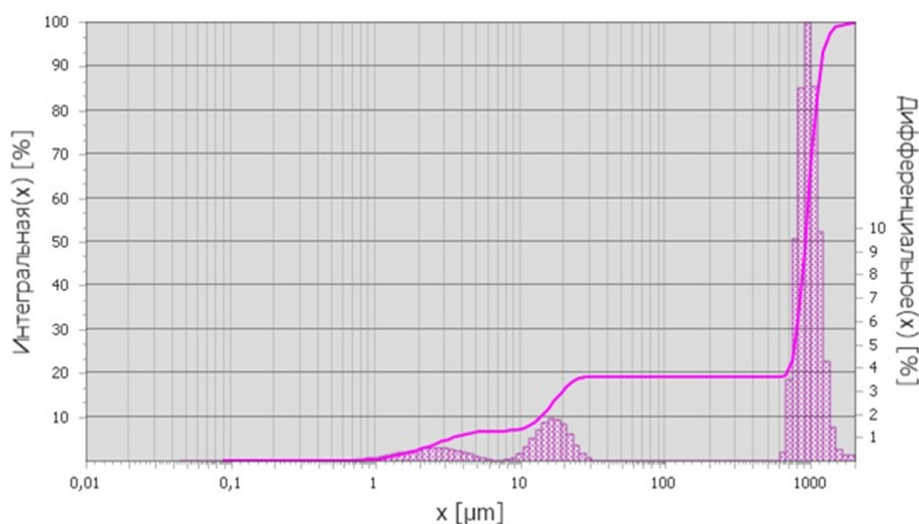


Рис. 3. Соотношение долей частиц взвесей разного размера в образце снеговой воды, собранной в районе ул. Приморского Комсомола. Доля частиц более 700 мкм – 79,2%.

Как мы можем видеть, работающие в черте города предприятия и автотранспорт оказывают слабое влияние на микроразмерное загрязнение атмосферы. Возможно, одной из причин этого является закрытый статус г. Большой Камень, ограничивающий доступ в город большого числа автомашин, которые в современных городах являются основной причиной микроразмерного загрязнения атмосферы.

Можно заключить, что, судя по нашему исследованию, г. Большой Камень можно отнести к числу благополучных с точки зрения нахождения в атмосфере частиц менее 10 мкм ( $PM_{10}$ ), однако влияние заводов «Звезда» и «Восток» на микроразмерное загрязнение атмосферы исключать нельзя – две из трех точек, где отмечено преобладание  $PM_{10}$ , находятся вблизи завода.

Планируется продолжить наблюдение за составом атмосферной взвеси в данном населенном пункте.

*Работа выполнена при поддержке Гранта Президента для молодых докторов наук (МД-7737.2016.5).*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аргучинцев В.К., Аргучинцева А.В., Макухин В.Л. Численное моделирование распространения твердых взвесей от промышленных предприятий в Южном Прибайкалье // География и природные ресурсы. 1995. №1. С.152–158.
2. Артамонова С.Ю. Геохимические особенности аэрозольного загрязнения в районе Сибирского химического комбината // Химия в интересах устойчивого развития. 2012. №4. С.405–418.
3. Аналитический обзор «Качество воздуха в крупнейших городах России за десять лет (1998-2007)». СПб.: Росгидромет, 2009. 133 с.
4. Аэрозоли Сибири / под ред. К.П.Куценого. Новосибирск: СО РАН, 2006. 548 с.
5. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. Воздух городов и его изменения. СПб.: Астерион, 2008. 253 с.
6. Гинзбург В.А. Формирование компонентов баланса свинца в атмосфере над территорией России: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2005. 25 с.

7. Голохваст К.С. Атмосферные взвеси городов Дальнего Востока. Монография. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2013. 178 с.

8. Гриванов И.Ю. Оценка загрязнения атмосферы Владивостока выбросами автотранспорта: автореф. дис. ... канд. географ. наук. Владивосток, 2002. 25 с.

9. Кондратьев И.И. Элементный состав и сезонная изменчивость концентраций аэрозоля в Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике // Метеорология и гидрология. 2002. №2. С.31–42.

10. Полуэктова М.М. Метод оценки загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом с использованием геоинформационных систем: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб, 2009. 21 с.

11. Санина Н.Б., Склярова О.А., Костин С.Б. Геохимические исследования снегового покрова Байкальского биосферного заповедника (в связи с проблемой деградации пихтовых лесов северного склона хр. Хамар-Дабан) // ГЕОЭКОЛОГИЯ: инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2003. №2. С.120–129.

12. Христофорова Н.К. Экологические проблемы региона: Дальний Восток–Приморье. Владивосток, Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 2005. 304 с.

13. Size-segregated inorganic and organic components of PM in the 166 communities of the Los Angeles Harbor / M.Arhami [et al.] // *Aerosol Science and Technology*. 2009. Vol.43, Iss.2. P.145–160.

14. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association / R.D.Brook [et al.] // *Circulation*. 2004. Vol.109, №21. P.2655–2671.

REFERENCES

1. Arguchintsev V.K., Arguchintseva A.V., Makukhin V.L. Numerical modeling of the distribution of suspended solids from industrial enterprises in the southern Baikal area. *Geografiya i prirodnye resursy – Geography and natural resources* 1995; (1):152–158 (in russian).

2. Artamonova S.Yu. Geochemical Features of Aerosol Pollution in the Region of the Siberian Chemical Combine. *Chemistry for Sustainable Development* 2012; (4):405–418 (in english).

3. Analytical review “Air quality in the largest cities of Russia over ten years (1998-2007)”. St. Petersburg; 2009

(in russian).

4. Kutsenogiy K.P., editor. *Aerosols of Siberia*. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Science; 2006 (in russian).

5. Bezuglaya E.Yu., Smirnova I.V. *Urban air and its changes*. St. Petersburg: Asterion, 2008 (in russian).

6. Ginzburg V.A. Formation of the components of balance of lead in the atmosphere over the territory of Russia: abstract of PhD thesis. Moscow; 2005 (in russian).

7. Golokhvast K.S. *Atmospheric suspensions of the cities of the Far East*. Monograph. Vladivostok: Publishing House of FEFU; 2013 (in russian).

8. Grivanov I.Yu. Evaluation of air pollution of Vladivostok with automobile transport emissions: abstract of PhD thesis. Vladivostok; 2002 (in russian).

9. Kondrat'ev I.I. Element composition and seasonal variability of aerosol concentration in the Sikhote-Alin Biospheric Reserve. *Russian Meteorology and Hydrology* 2002; (2):22–30 (in english).

10. Poluektova M.M. The method of assessment of air pollution with automobile transport using geographic information systems: abstract of PhD thesis. St. Petersburg; 2009 (in russian).

11. Sanina N.B., Sklyarova O.A., Kostin S.B. Geochemical study of snow cover in the Baikal biosphere preserve (in connection with degrading fir trees on the northern slope of the Khamar-Daban mountain ridge). *ENVIRONMENTAL GEOSCIENCE: Engineering Geology, Hydrogeology, Geocryology* 2003; (2):120–129 (in russian).

12. Khristoforova N.K. Environmental problems of the region: Far East-Primorye. Vladivostok, Khabarovsk: Khabarovsk Publishing House; 2005 (in russian).

13. Arhami M., Sillanpää M., Hu S., Olson M.R., Schauer J.J., Sioutas C. Size-segregated inorganic and organic components of PM in the 166 communities of the Los Angeles Harbor. *Aerosol Science and Technology* 2009; 43(2):145–160.

14. Brook R.D., Franklin B., Cascio W., Hong Y., Howard G., Lipsett M., Luepker R., Mittleman M., Samet J., Smith S.C. Jr., Tager I. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation* 2004; 109(21):2655–2671.

Поступила 11.01.2016

Контактная информация  
Алексей Сергеевич Холодов,  
аспирант,

Научно-образовательный центр по направлению нанотехнологии Инженерной школы,  
Дальневосточный федеральный университет,  
690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8.

E-mail: droopy@mail.ru

Correspondence should be addressed to

Aleksey S. Kholodov,

Postgraduate student of SEC in Nanotechnology of Engineering School,  
Far Eastern Federal University,

8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690990, Russian Federation.

E-mail: droopy@mail.ru