

## МИКРОРАЗМЕРНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ГОРОДА БЛАГОВЕЩЕНСКА

К.С.Голохваст<sup>1</sup>, В.В.Кодинцев<sup>2</sup>, И.Э.Памирский<sup>3</sup>, В.В.Чайка<sup>1</sup>, Р.А.Белоус<sup>4</sup><sup>1</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет», 690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8<sup>2</sup>Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Амурская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 675000, г. Благовещенск, ул. Горького, 95<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Благовещенский государственный педагогический университет», 675000, г. Благовещенск, ул. Ленина, 104<sup>4</sup>Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Амурской области «Амурская областная детская клиническая больница», 675005, г. Благовещенск, ул. Октябрьская, 108

## РЕЗЮМЕ

В работе приведены результаты вещественного исследования частиц атмосферных взвесей, содержащихся в снеге г. Благовещенска в сезон 2013-2014 гг. Выявлено распределение взвешенных в воздухе частиц разного происхождения в 19 районах отбора, различающихся антропогенной нагрузкой. Крупные и средние автотранспортные узлы являются поставщиком в атмосферу основного объема микрочастиц (до 100 мкм). Пригородные и лесопарковые зоны служат источником макрочастиц (от 400 мкм). В районе судостроительного завода с гальваническим производством обнаружены наночастицы размером до 50 нм и крайне высокой площадью удельной поверхности. Показано, что микроразмерное загрязнение атмосферы г. Благовещенска можно оценить как умеренное.

Ключевые слова: атмосферные взвеси, микрочастицы, сканирующая электронная микроскопия, экологический фактор.

## SUMMARY

## MICRODIMENSIONAL POLLUTION OF ATMOSPHERE IN BLAGOVESHCHENSK

K.S.Golokhvast<sup>1</sup>, V.V.Kodintsev<sup>2</sup>, I.E.Pamirskiy<sup>3</sup>, V.V.Chaika<sup>1</sup>, R.A.Belous<sup>4</sup><sup>1</sup>Far Eastern Federal University, 8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russian Federation<sup>2</sup>Amur State Medical Academy, 95 Gor'kogo Str., Blagoveshchensk, 675000, Russian Federation<sup>3</sup>Blagoveshchensk State Pedagogical University, 104 Lenina Str., Blagoveshchensk, 675000, Russian Federation<sup>4</sup>Amur Regional Children's Clinical Hospital, 108 Oktyabr'skaya Str., Blagoveshchensk, 675005, Russian Federation

The work shows the results of substance study of atmospheric suspensions contained in the snow of Blagoveshchensk during the season of 2013-2014. The distribution of suspended in the air particles of different origin in 19 areas with various anthropogenic impact was revealed. Big and mid-size motor transport centers are the main suppliers of the biggest part of mi-

croparticles (till 100 mkm) into the atmosphere. Suburban and park lands are the source of macroparticles (from 400 mkm). In the area of the shipyard with plating industry, nanoparticles of 50 nm and of high square of specific surface were found. It was shown that microdimensional pollution of the atmosphere of Blagoveshchensk can be assessed as moderate.

Key words: atmospheric suspensions, microparticles, scanning electron microscopy, ecological factor.

В конце прошлого века взвешенные частицы были включены в число загрязняющих веществ, рассматриваемых в рамках «Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния» Европейской экономической комиссией Организации Объединенных Наций, в число задач которой входит управление качеством атмосферного воздуха, регулирование и контроль выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в Европе [6].

Основными антропогенными загрязнениями воздуха в городах, отягчающими течение болезни, являются взвешенная пыль, оксиды азота NOX, оксиды серы, озон, атомарный кислород, фенол, формальдегид, бензпирен, угарный газ [2]. Несмотря на то, что на сегодняшний день применяется целый ряд методов для исследования атмосферы [1, 3], микроразмерное загрязнение атмосферы городов в Российской Федерации изучено крайне мало.

Данная работа продолжает серию наблюдений за составом атмосферных взвесей городов Дальнего Востока [5]. Одним из региональных центров Дальнего Востока является г. Благовещенск. Он расположен на берегу реки Амур в юго-западной части Зейско-Буринской равнины. По Амуру проходит граница с Китаем, и на противоположном берегу реки находится город Хейхэ.

Цель данной работы – оценить микроразмерное загрязнение атмосферы Благовещенска.

## Материалы и методы исследования

В качестве района работ был выбран г. Благовещенск, расположенный на левом берегу Амура при впадении в него реки Зеи. Рельеф Благовещенска в основном равнинный, на окраинах есть небольшие возвышенности. В городе с населением более 220 тысяч

жителей имеется несколько крупных источников пыления: тепловые электроцентралы (ТЭЦ), а также более 10 котельных и около 90 тысяч автомобилей, согласно сайту УГИБДД по Амурской области.

В Благовещенске резко континентальный климат с муссонными чертами, что выражается в больших годовых и суточных колебаниях температур воздуха и

резком преобладании летних осадков. Зима холодная, сухая, с маломощным снежным покровом.

Пробы снега в г. Благовещенске собирались согласно нашей методике [4] в момент снегопада зимой на 19 станциях (табл. 1), различающихся экологическими условиями.

Таблица 1

Станции отбора в г. Благовещенске

| Номер станции | Расположение станции отбора                                                                                            |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | Район мебельной фабрики. Въезд на территорию с ул. Ленина после пер. Пограничного                                      |
| 2             | Первомайский парк (перед воротами, рядом парковка)                                                                     |
| 3             | Ул. Зейская – ул. Загородная (частный сектор, гаражи)                                                                  |
| 4             | Перекресток ул. Краснофлотская-Калинина (набережная мостовая напротив ИГиП ДВО РАН, 30 м от берега Амура)              |
| 5             | Пропускной пункт ТЭЦ с юго-западной стороны. Въезд направо с ул. Нагорной                                              |
| 6             | Перед жилым кварталом (ул. Нагорная) 500 м от ТЭЦ, работающей на твердом топливе                                       |
| 7             | ТЭЦ. Автостоянка слева от пропускного пункта с юго-восточной стороны (ул. Загородная – ул. Студенческая)               |
| 8             | 3 микрорайон, п. Тепличный. Перед въездом в СХПК «Тепличный» в начале ул. Тепличной                                    |
| 9             | 2 микрорайон, ул. Институтская на стыке ул. Калинина и Новотроицкого шоссе, 10 м от перекрестка. Рядом АЗС             |
| 10            | Кольцо ул. Калинина. Около 60 м от кольца. Рядом АЗС                                                                   |
| 11            | Железнодорожный вокзал. Со стороны железнодорожных путей около автодороги (ул. 50 лет Октября и ул. Магистральной)     |
| 12            | Площадь им. Ленина. Центр города. Сквер напротив гостиницы Юбилейная (ул. Краснофлотская, 108) в 30 м от реки Амур     |
| 13            | 2 микрорайон. Областной перинатальный центр на пересечении ул. Воронкова и Тепличная                                   |
| 14            | Поселок Чигири (восточная часть, ближе к городу) Около дороги (ул. Октябрьская - ул. Центральная)                      |
| 15            | База ОПС. Около кафе «Санья» (ул. Богдана Хмельницкого – ул. Тенистой)                                                 |
| 16            | Ул. Театральная (транспортное кольцо). 10 м с юго-восточной стороны кольца. Около ул. Мостовой                         |
| 17            | Таможня (ул. Пушкина). Около таможни на берегу реки Амур по ул. Краснофлотской между ул. Политехнической и Чайковского |
| 18            | Жилой район во дворе многоэтажных домов (ул. Ломоносова – ул. Шевченко)                                                |
| 19            | Пустырь за кожно-венерологическим диспансером и поликлиникой №2 (ул. Текстильная – ул. 50 лет Октября)                 |

Снег собирался в момент снегопада в период 2013-2014 гг. 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. Когда снег в контейнерах таял, из каждого образца набирали 60 мл жидкости и анализировали на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTec plus (Fritsch, Германия), позволяющем в ходе одного измерения устанавливать распределение частиц по размерам, а также определять

их форму и ряд морфометрических параметров.

Исследования проводились с использованием оборудования ЦКП «Межведомственный центр аналитического контроля состояния окружающей среды» ДВФУ.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Размеры частиц и процентное соотношение фракций в пробах взвеси во всех районах г. Благовещенска приведены в таблице 2.

Таблица 2

## Морфометрические параметры частиц в снеге в разных районах Благовещенска

| Номер станции | Средний арифметический диаметр, мкм | Мода    | Медиана | Отклонение, мкм <sup>2</sup> | Коэффициент отклонения, % | Площадь удельной поверхности, см <sup>2</sup> /см <sup>3</sup> |
|---------------|-------------------------------------|---------|---------|------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1             | <b>8,58</b>                         | 8,99    | 8,81    | 5,12                         | 26,34                     | <b>7577,18</b>                                                 |
| 2             | 23,14                               | 26,39   | 28,08   | 99,66                        | 43,13                     | 3563,94                                                        |
| 3             | 47,19                               | 42,76   | 40,19   | 2019,82                      | 95,22                     | 2667,43                                                        |
| 4             | 411,73                              | 427,22  | 413,47  | 55252,9                      | 57,09                     | 437,15                                                         |
| 5             | <b>12,59</b>                        | 13,04   | 11,98   | 41,35                        | 51,07                     | 6156,48                                                        |
| 6             | 98,19                               | 74,63   | 71,68   | 25491,33                     | 162,6                     | 1743,08                                                        |
| 7             | 910,1                               | 1003,38 | 968,2   | 43614,19                     | 22,94                     | 185,12                                                         |
| 8             | 190,55                              | 96,78   | 129,89  | 15992,37                     | 66,36                     | 476,92                                                         |
| 9             | 84,49                               | 11,66   | 52,84   | 14715,01                     | 143,57                    | <b>9746,41</b>                                                 |
| 10            | 534,92                              | 666,99  | 634     | 71071,86                     | 49,84                     | 260,47                                                         |
| 11            | 353,16                              | 666,99  | 65,4    | 105890,7                     | 92,14                     | 1332,42                                                        |
| 12            | 181,09                              | 460,15  | 92,35   | 37218,12                     | 106,53                    | 1583,68                                                        |
| 13            | 554,86                              | 666,99  | 661,15  | 61149,4                      | 44,57                     | 449,66                                                         |
| 14            | 55,07                               | 74,63   | 58,79   | 1015,68                      | 57,94                     | <b>9628,03</b>                                                 |
| 15            | <b>16,54</b>                        | 16,29   | 15,89   | 25,49                        | 30,52                     | 3924,08                                                        |
| 16            | 246,48                              | 1003,38 | 0,03    | 137395,1                     | 150,38                    | <b>1895347</b>                                                 |
| 17            | 79,69                               | 112,27  | 95,34   | 1931,15                      | 55,16                     | 2312,5                                                         |
| 18            | 300,53                              | 305,88  | 304,84  | 54926,36                     | 77,98                     | 795,34                                                         |
| 19            | 104,48                              | 195,93  | 80,92   | 4137,02                      | 61,56                     | 898,65                                                         |

Как видно из таблицы 2, основные районы с микроразмерным загрязнением атмосферы (станции 1, 5 и 15) прилежат к крупным транспортным развязкам. В городских районах автомобили являются источником более 50% всех частиц размерности менее 10 мкм [10].

Средний арифметический диаметр является обобщенным показателем и подразумевает наличие и более мелких частиц. В частности, в районе транспортной развязки кольца улицы Театральной (рис.) возле Судостроительного завода зафиксированы наночастицы размером от 10 до 50 нм в значительной доле (56%) и с огромной площадью удельной поверхности (1895347 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>). Ранее нами были отмечены частицы с диаметром от 10 до 120 нм, которые составляли 36% [5, 7]. С помощью электронной сканирующей микроскопии мы верифицировали их как наночастицы Fe и Si и отнесли к продуктам гальванического производства, которое расположено на территории судостроительного завода [5]. Безусловно, автомобильные выхлопы, особенно дизельные, также являются источником на-

ночастиц [8, 11], но они относятся к числу сажевых.

Считается, что микрочастицы в атмосфере современного города представлены в различных размерах, имеющих различную степень влияния на здоровье человека. Наиболее вредное воздействие оказывают частицы, имеющие размерность от 1 до 2 мкм и от 2,5 до 10 мкм (PM<sub>2.5</sub> и PM<sub>10</sub>). Это обстоятельство связано, прежде всего, с их высокой проникающей способностью. Благодаря своим микроразмерам, эти частицы проникают глубоко в легкие не только людей, но и всех организмов, дышащих атмосферным воздухом [9]. Наночастицы обладают еще более выраженным отрицательным эффектом на здоровье.

Достаточно крупные частицы взвеси, которые относятся к классу «неингалибельных» (они не попадают во внутреннюю среду дыхательных путей), обнаруживаются в местах, близких к парковым зонам (станции 4, 18, 19) и местах, хорошо продуваемых ветром – побережье рек и равнины (станции 7, 10, 13).

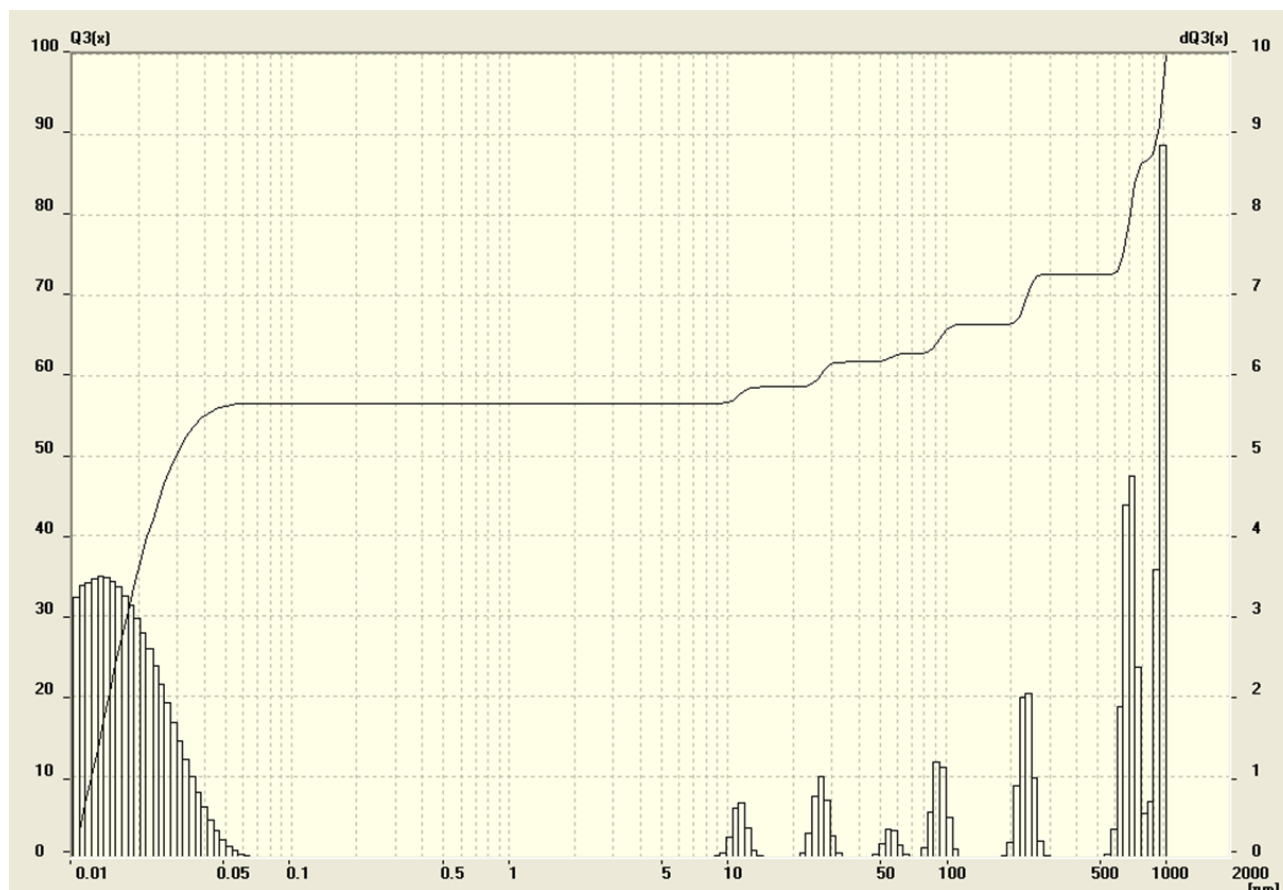


Рис. Распределение частиц по размеру и их доля (в %) в типовом образце взвеси (проба снега из района кольца ул. Театральной, станция 16).

### Заключение

Большинство станций в Благовещенске относятся к числу относительно благоприятных – размер частиц от 50 до 400 мкм. Это обусловлено ровным рельефом, который позволяет хорошо сдувать частицы выхлопных газов и промышленных предприятий. Немаловажным обстоятельством является водораздел двух крупных рек (Амур и Зея), которые являются источником крупных минеральных частиц и благоприятной розы ветров.

К числу неблагоприятных факторов относится увеличивающийся год от года парк машин с большим пробегом. Крайне опасным явлением с точки зрения оценки риска для здоровья и окружающей среды можно считать наночастицы, которые фиксируются в районе станции 16. Гальванические предприятия, по нашему мнению, являются одними из поставщиков в атмосферу города самого опасного типа наночастиц – металлосодержащих (Fe и Cr) [7]. Необходимо получить дополнительные сведения об источнике этих наночастиц и выносить вопрос о размещении таких производств в пределах города, особенно учитывая тот факт, что по данным Амурской областной детской клинической больницы за период 2012-2014 гг. имеется тенденция к увеличению заболеваемости детей г. Благовещенска бронхиальной астмой и обструктивным бронхитом.

Вместе с тем, микроразмерное загрязнение атмосферы Благовещенска на фоне других городов Даль-

него Востока [5] носит умеренный характер.

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

### ЛИТЕРАТУРА

1. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. Воздух городов и его изменения. СПб.: Астерион, 2008. 253 с.
2. Бронхиальная астма у взрослых. Атопический дерматит. Клинические рекомендации / под ред. А.Г.Чучалина. М.: Атмосфера, 2002. 253 с.
3. Гинзбург В.А. Формирование компонентов баланса свинца в атмосфере над территорией России: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2005. 25 с.
4. Голохваст К.С., Христофорова Н.К., Кику П.Ф., Гульков А.Н. Гранулометрический и минералогический анализ взвешенных в атмосферном воздухе частиц // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2011. Вып.40. С.94–100.
5. Голохваст К.С. Атмосферные взвеси городов Дальнего Востока. Владивосток: ДВФУ, 2013. 178 с.
6. Цыро С.Г. Региональная модель для исследования физических и химических свойств взвешенных частиц в Европе: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. СПб., 2008. 23 с.
7. Golokhvast K.S., Shvedova A.A. Galvanic manufacturing in the cities of Russia: potential source of ambient nanoparticles // PLOS One. 2014. Vol.9, №10. e110573. doi: 10.1371/journal.pone.0110573. eCollection 2014.
8. Mastrofrancesco A., Alfè M., Rosato E., Gargiulo V.,

Beatrice C., Di Blasio G., Zhang B., Su D.S., Picardo M., Fiorito S. Proinflammatory effects of diesel exhaust nanoparticles on scleroderma skin cells // *J. Immunol. Res.* 2014. Vol.2014. P.138751.

9. Mathis U., Mohr M., Zenobi R. Effect of organic compounds on nanoparticle formation in diluted diesel exhaust // *Atmos. Chem. Phys.* 2004. №4. P.609–620.

10. Wrobel A. Rokita E., Maenhaut W. Transport of traffic-related aerosols in urban areas // *Sci. Total Environ.* 2000. Vol.257, №2-3. P.199–211.

11. Wang J., Pui D.Y.H. Dispersion and filtration of carbon nanotubes (CNTs) and measurement of nanoparticle agglomerates in diesel exhaust // *Chem. Eng. Sci.* 2013. Vol.85. P.69–76.

## REFERENCES

1. Bezuglaya E.Yu., Smirnova I.V. Urban air and its changes. St. Petersburg: Asterion; 2008 (in Russian).

2. Chuchalin A.G., editor. Bronchial asthma in adults. Atopic dermatitis. Clinical recommendations. Moscow: Atmosfera; 2002 (in Russian).

3. 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).

4. Golokhvast K.S., Khristoforova N.K., Kiku P.F., Gul'kov A.N. Granulometric and mineralogic analysis of suspended particles in the air. *Bulleten' fiziologii i patologii*

*dyhaniâ* 2011; 40:94–100 (in Russian).

5. Golokhvast K.S. Atmosphere suspensions of cities of the Far East Publishing House of FEFU; 2013 (in Russian).

6. Tsyro S.G. Regional model for research of physical and chemical properties of the weighed particles in Europe: abstract of PhD thesis. St. Petersburg; 2008 (in Russian).

7. Golokhvast K.S., Shvedova A.A. Galvanic manufacturing in the cities of Russia: potential source of ambient nanoparticles. *PLOS One* 2014; 9(10):e110573. doi: 10.1371/journal.pone.0110573. eCollection 2014.

8. Mastrofrancesco A., Alfè M., Rosato E., Gargiulo V., Beatrice C., Di Blasio G., Zhang B., Su D.S., Picardo M., Fiorito S. Proinflammatory effects of diesel exhaust nanoparticles on scleroderma skin cells. *J. Immunol. Res.* 2014; 2014:138751.

9. Mathis U., Mohr M., Zenobi R. Effect of organic compounds on nanoparticle formation in diluted diesel exhaust. *Atmos. Chem. Phys.* 2004; 4:609–620.

10. Wrobel A. Rokita E., Maenhaut W. Transport of traffic-related aerosols in urban areas. *Sci. Total Environ.* 2000; 257(2-3):199–211.

11. Wang J., Pui D.Y.H. Dispersion and filtration of carbon nanotubes (CNTs) and measurement of nanoparticle agglomerates in diesel exhaust. *Chem. Eng. Sci.* 2013; 85:69–76.

Поступила 11.01.2016

Контактная информация

Кирилл Сергеевич Голохваст,

доктор биологических наук,

заместитель директора по развитию Школы естественных наук,

профессор кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере Инженерной школы,

директор Научно-образовательного центра по направлению нанотехнологии,

Дальневосточный федеральный университет,

690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8.

E-mail: droopy@mail.ru

Correspondence should be addressed to

Kirill S. Golokhvast,

PhD, DSc, Deputy Director on Development of Natural Sciences School,

Professor of Department of Safety in Technosphere of Engineering School,

Director of SEC in Nanotechnology,

Far Eastern Federal University,

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

E-mail: droopy@mail.ru