

УДК 613.14/15:574(571.65)

DOI: 10.12737/article\_5b9850a1cd1e60.11944743

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНОЙ ВЗВЕСИ НЕКОТОРЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В.А.Дрозд<sup>1</sup>, В.В.Чернышев<sup>1</sup>, А.С.Холодов<sup>1</sup>, В.В.Чайка<sup>1</sup>, К.С.Голохваст<sup>1,2,3</sup><sup>1</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет», 690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8<sup>2</sup>Владивостокский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт медицинской климатологии и восстановительного лечения, 690105, г. Владивосток, ул. Русская 73г<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения РАН, 690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7

## РЕЗЮМЕ

В работе приведены результаты первого исследования гранулометрического состава атмосферной взвеси, содержащейся в снеге некоторых населенных пунктов Магаданской области (город Магадан, город Сусуман и поселок городского типа Омсукчан). По результатам исследования показано, что в воздухе Магадана в значительной доле (от 28 до 65,7%) содержатся частицы размером менее 10 мкм (фракция  $PM_{10}$ ) и, в целом, преобладают частицы менее 50 мкм (фракция  $PM_{50}$ ) – от 44,4 до 100%. Воздух небольших населенных пунктов Магаданской области – города Сусуман и поселка городского типа Омсукчан содержит экологически значимые частицы  $PM_{10}$  в долях, не превышающих 21,1%. Можно сделать вывод, что воздух города Магадана, ввиду преобладания частиц  $PM_{10}$  и  $PM_{50}$ , имеет выраженное микроразмерное загрязнение. Этот уровень загрязнения, в совокупности с суровым климатом региона, может оказывать отрицательное влияние на качество жизни людей и являться постоянным источником развития болезней органов дыхания.

Ключевые слова: загрязнение воздуха, экология, атмосферные взвеси, микрочастицы, Магадан, Сусуман, Омсукчан.

## SUMMARY

## RESEARCH OF THE PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF ATMOSPHERIC SUSPENSION IN SOME SETTLEMENTS OF MAGADAN REGION

V.A.Drozdz<sup>1</sup>, V.V.Chernyshev<sup>1</sup>, A.S.Kholodov<sup>1</sup>, V.V.Chaika<sup>1</sup>, K.S.Golokhvast<sup>1,2,3</sup><sup>1</sup>Far Eastern Federal University, 8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russian Federation<sup>2</sup>Vladivostok Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Medical Climatology and Rehabilitation Treatment, 73g Russkaya Str., Vladivostok, 690105, Russian Federation<sup>3</sup>Pacific Geographical Institute Far Eastern Branch RAS, 7 Radio Str., Vladivostok, 690041, Russian Federation

The paper presents the results of the first study of the particle size distribution of atmospheric suspension contained in the snow of some settlements of the Magadan region (the town of Magadan, the town of Susuman and the urban settlement of Omsukchan). The study found a significant content of  $PM_{10}$  particles in the air of Magadan town (28 to 65.7%), and a general dominance of particles under 50  $\mu m$  in diameter ( $PM_{50}$  fraction) from 44.4 up to 100%. The content of environmentally significant  $PM_{10}$  particles in the air of smaller settlements of the Magadan region (town Susuman and settlement Omsukchan) does not exceed 21.1%. It can be concluded that the air in the Magadan town, due to the predominance of  $PM_{10}$  and  $PM_{50}$  particles, is characterized by a pronounced micro-particles contamination. This level of pollution, in conjunction with the harsh climate of this region, is a constant source of respiratory diseases and a factor in reduction of the quality of life.

Key words: air pollution, ecology, atmospheric suspensions, microparticles, Magadan, Susuman, Omsukchan.

Магаданская область с общим населением чуть больше 144 тысяч человек является одним из крупнейших в Российской Федерации регионом по добыче золота и серебра. Так, по официальному сообщению ТАСС от 15 января 2018 года, в 2017 году было добыто почти 33 тонны золота, что на 15,4% выше уровня добычи в 2016 году. Также горняки добыли 779,5 тонны серебра. Именно эта отрасль горнорудной промышленности (в частности, золо- и хвостохранилища) является основным источником экологических проблем в регионе [2, 7].

Кроме горнодобывающей промышленности в Магаданской области важными источниками загрязнения воздуха являются предприятия энергетики (котельные и ТЭЦ) и автомобили [1, 5, 6].

Безусловно, выбросы ТЭЦ и котельных в этом регионе из-за длительного отопительного сезона будут больше, чем в южных районах. Средняя годовая температура воздуха на территории Магаданской области повсеместно имеет отрицательные значения.

Автомобилизация населения Магаданской области не высока: по данным аналитического агентства «Автостат» на 2016 год она составила 293 автомобиля на

1000 человек (для сравнения в Приморском крае автомобилизация составляет 427 автомобилей на 1000 человек).

Актуальность данной работы заключается в том, что если экологическому состоянию города Магадана посвящены более десятка статей, то о состоянии атмосферного загрязнения малых населенных пунктов Магаданской области (город Сусуман, поселок городского типа Омсукчан и другие) известно крайне мало.

**Материалы и методы исследования**

Город Магадан является самым крупным населенным пунктом Магаданской области: почти 92800 человек, по данным на 2018 год. Численность населения п. Омсукчана и г. Сусумана составляет, соответственно, 3758 и 4760 человек.

Атмосферные взвеси изучались в выпавшем снеге [3], который собирался в момент снегопадов в марте

2018 г. Станции отбора проб представлены на рисунках 1-3. 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. После доставки проб в лабораторию талый снег упаривали на роторном испарителе при температуре 40°C для получения более концентрированного раствора, пока его объем не уменьшался до 60 мл. Жидкость анализировали на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTec plus (Fritsch, Германия). Измерения проводились в диапазоне от 0,08 до 2000 мкм.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Данные по гранулометрическому составу частиц, взвешенных в воздухе г. Магадана, приведены в таблице 1.

**Таблица 1**

**Размерность частиц в пробах снега г. Магадана**

Фракция, мкм	Доля частиц в разных точках отбора, %									
	№6	№7	№8	№9	№10	№11	№12	№13	№14	№15
Менее 1	3,9	4,2	17,2	5,4	8,5	8,7	3,3	6,1	4,5	2,7
1-10	33,2	32,6	48,5	42,6	47	37,6	27,6	39,5	36,7	25,3
10-50	23,3	50,4	29,7	52	41,6	24,2	39,1	35,5	26,4	16,4
50-100	1	7,7	4,6	0	2,9	0	6	10,7	0	0,1
100-400	1	0,1	0	0	0	0,2	5,2	2,9	0	5,5
400-700	8,3	0,1	0	0	0	10,8	6,9	2,7	1,5	8,1
Более 700	29,3	4,9	0	0	0	18,5	12,1	2,6	30,8	41,9

Как мы видим из таблицы 1, во всех точках отбора доля атмосферных частиц с размером менее 10 мкм колеблется от 28 до 65,7%. Это крайне опасное явление с точки зрения оценки риска для здоровья. Мы считаем, что если такая тенденция не изменится, то это позволяет сделать неблагоприятный прогноз по заболеваемости населения г. Магадана бронхолегочной патологией.

В целом, в пробах, отобранных на территории г. Магадана, кроме экологически значимой фракции PM10 наибольшую концентрацию составляют частицы менее 50 мкм. Исключением является лишь проба №15, в которой преимущественно содержатся крупные частицы, размер которых превышает 700 мкм. Данная проба была отобрана на территории сквера им. Болдырева, довольно густо засаженного деревьями. В точках №8, 9 и 10 совсем отсутствуют крупные частицы (диаметром более 100 мкм). Подобное явление можно объяснить единым источником загрязнения (например, промышленными выбросами), особенно если учесть, что участки, рядом с которыми отбирались пробы, яв-

ляются промышленными зонами и территориями складов. Необходимо проводить верификацию этих фракций с помощью сканирующей электронной микроскопии и раман-спектроскопии.

Для удобства восприятия результаты проб из г. Сусумана и п. Омсукчана приведены в единой таблице 2.

Как следует из таблицы 2, в этих небольших населенных пунктах доля частиц менее 10 мкм значительно ниже, чем в г. Магадане. Между собой профили частиц атмосферных взвесей Омсукчана и Сусумана гранулометрически схожи. Можно предположить, что наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха твердыми частицами вносят котельные, работающие на угле, т.к. после отбора проб в талой воде были видны невооруженным взглядом частицы сажи. Возможно, что помимо всего прочего, в загрязнение воздуха в этих населенных пунктах вносят свой вклад добывающие предприятия: ГОК «Дукат» в Омсукчане и ОАО «Сусуманзолото», промышленные площадки которых располагаются в непосредственной близости от населенных пунктов.



Рис. 1. Станции отбора проб в г. Магадане в марте 2018 года.

- №6 – парк культуры им. М. Горького;
- №7 – угол Нагаевской и Новой улиц;
- №8 – Марчеканское шоссе, 44;
- №9 – ул. Пролетарская, 81;
- №10 – ул. Пролетарская, остановка «Дачная»;
- №11 – Колымское шоссе, 4;
- №12 – Колымское шоссе, пожарная часть;
- №13 – ул. Речная, 25;
- №14 – ул. Транспортная, 8;
- №15 – сквер им. Болдырева.

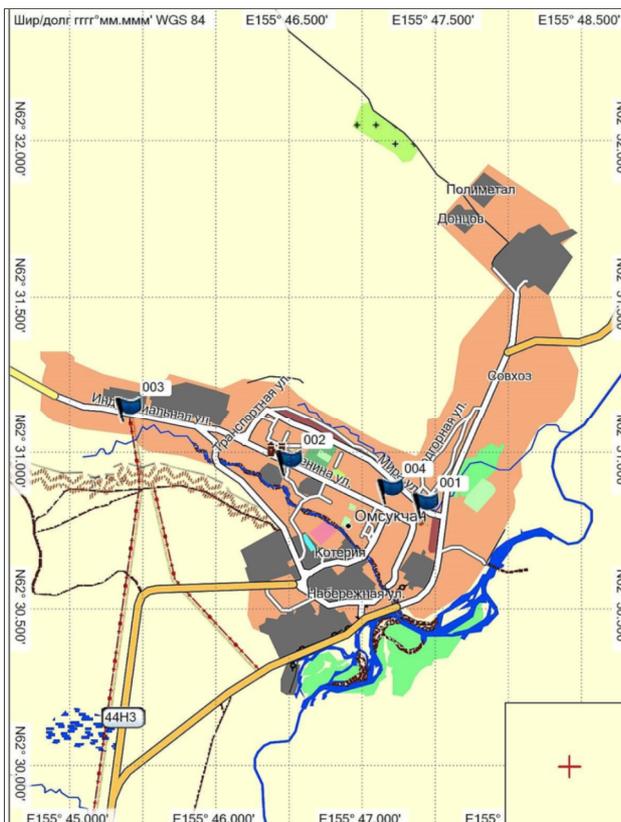


Рис. 2. Станции отбора проб в п. Омсукчане в марте 2018 года.

- №1 – перекресток улиц Мира и Подгорной;
- №2 – ул. Ленина, 36;
- №3 – ул. Индустриальная, возле котельной;
- №4 – ул. Ленина, 19.

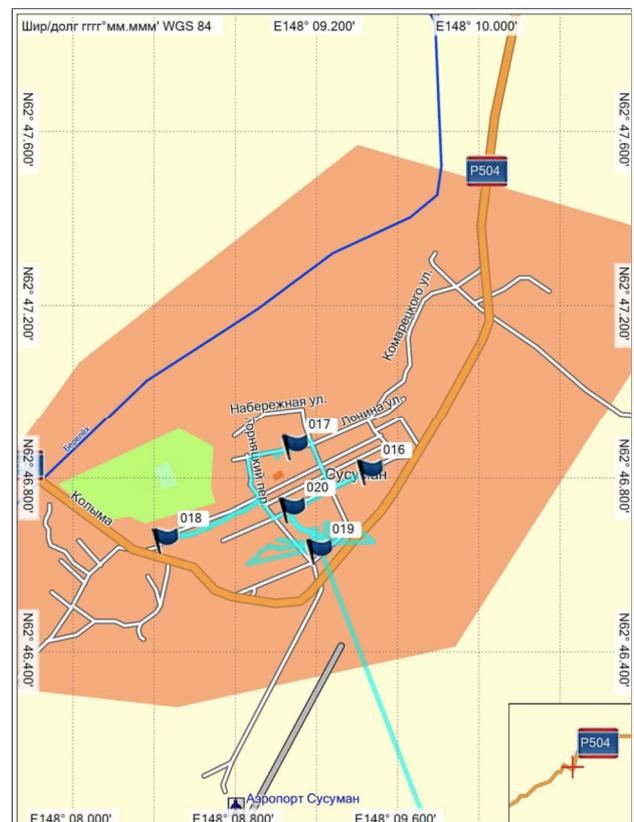


Рис. 3. Станции отбора проб в г. Сусумане в марте 2018 года.

- №16 – ул. Билибина, 15;
- №17 – перекресток улиц Ленина и Раковского;
- №18 – ул. Советская 2, недалеко от котельной;
- №19 – ул. Билибина, 3;
- №20 – ул. Первомайская, 5А.

Таблица 2

Размерность частиц в пробах снега в населенных пунктах Омсукчан и Сусуман

Фракция, мкм	Доля частиц в разных точках отбора, %								
	Омсукчан				Сусуман				
	№1	№2	№3	№4	№16	№17	№18	№19	№20
Менее 1	3,5	0,4	0,4	1,5	2,4	1,7	0,9	1,2	0,9
1-10	16,6	2,4	1,6	7,8	18,7	13,6	7,8	8,9	7,3
10-50	41,5	10,4	22,4	45,6	37,6	44,3	41,4	53,7	46,8
50-100	13,1	11,7	36,7	31,7	11,7	23,6	30	31,5	31,5
100-400	3,3	5,4	38,2	13,2	3,7	6,1	20,1	4,7	12
400-700	4,2	20,5	0,7	0,2	0,4	0,2	0	0	1,5
Более 700	17,8	0,6	0	0	25,3	10,5	0	0	0

Как следует из таблицы 2, в этих небольших населенных пунктах доля частиц менее 10 мкм значительно ниже, чем в г. Магадане. Между собой профили частиц атмосферных взвесей Омсукчана и Сусумана гранулометрически схожи. Можно предположить, что наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха твердыми частицами вносят котельные, работающие на угле, т.к. после отбора проб в талой воде были видны невооруженным взглядом частицы сажи. Возможно, что помимо всего прочего, в загрязнение воздуха в этих населенных пунктах вносят свой вклад добывающие предприятия: ГОК «Дукат» в Омсукчане и ОАО «Сусуманзолото», промышленные площадки которых располагаются в непосредственной близости от населенных пунктов.

**Заключение**

Можно сделать предварительный вывод о фракционном составе частиц атмосферной взвеси ряда населенных пунктов Магаданской области. В частности, как мы показали, воздух г. Магадана содержит выраженное микроразмерное загрязнение частицами неясного генеза. Этот уровень загрязнения, в совокупности с суровым климатом региона, может оказывать отрицательное влияние на качество жизни людей и являться постоянным источником развития болезней органов дыхания. Скорее всего, это результат деятельности горнодобывающих и топливно-энергетических предприятий, что фиксировалось в работах других авторов [2, 7]. С точки зрения комплексного воздействия крупных горнодобывающих предприятий и объектов теплоснабжения населения, не удивительно, что результаты проявляются не только в атмосфере, но и гидросфере [1, 4]. Необходимо стратегически рассматривать перевод ТЭЦ на газ и увеличивать мероприятия пылеподавления на горнодобывающих предприятиях.

Небольшие населенные пункты (Сусуман и Омсукчан) показали небольшой уровень загрязнения воздуха микрочастицами фракции PM<sub>10</sub>. Это объясняется невысоким уровнем промышленного пресса и небольшим количеством автомобилей.

*Данная работа выполнена в рамках проекта «Разработка и практическая апробация методов экологической оценки объектов использования атомной энергии Государственной корпорации по атомной энергии "Росатом" для долгосрочного обеспечения безопасности на стадиях подготовки к их выводу из эксплуатации и вывода из эксплуатации с учетом совокупных антропогенных (радиационных, химических и иных) рисков Дальневосточного федерального округа».*

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Богуславская Н.В. Оценка пахотных почв Магаданской области по степени загрязнения токсичными микроэлементами // Экологическая безопасность в АПК. 2008. №3. С.630.
2. Волобуева Н.Г., Благовестная Н.Ю. Экологические проблемы Магаданской области и г. Магадана // Материалы IV всероссийской научно-практической конференции «Эколого-географические проблемы регионов России». Самара: СГСПУ, 2013. С.128–133.
3. 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.
4. Луговая Е.А., Степанова Е.М. Особенности состава питьевой воды Магадана и здоровья населения // Гигиена и санитария. 2016. Т.95, №3. С.241–246.
5. Цыплакова Е.Г., Шаповалова Т.А., Янкевич Ю.Г. Оценка экологической опасности объектов автотранспортного комплекса и их воздействия на состояние сельтерных территорий северных городов России на примере г. Магадана // Региональная экология. 2006. №1-2. С.136–141.
6. Цыплакова Е.Г., Потапов А.И. Оценка экологической опасности стационарных и нестационарных энергетических установок и их воздействия на состояние атмосферного воздуха северных городов России на примере г. Магадана // Проблемы региональной экологии. 2010. №4. С.11–16.
7. Шаповалова Т.А., Лапина З.А. Прогнозирование

воздействия факторов окружающей среды на показатели качества жизни населения Северо-Восточного региона // Вестник Северо-Восточного государственного университета. 2009. №11. С.91–93.

## REFERENCES

1. Boguslavskaya N.V. Evaluation of soils of the Magadan Region for pollution level for toxic elements. *Ecologicheskaya bezopasnost' v agropromyshlennom komplekse* 2008; 3:630 (in Russian).

2. Volobueva N.G., Blagovestnaya N.Yu. Ecological problems of Magadan city and Magadan Region. In: Proceedings of the IV All-Russian Scientific Conference «Ecologic-Geographical Problems of Russian Regions». Samara; 2013:128–133 (in Russian).

3. Golokhvast K.S., Khristoforova N.K., Kiku P.F., Gulkov A.N. Granulometric and mineralogical analysis of suspended particles in the air. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* 2011; 40:94–100 (in Russian).

4. Lugovaya E.A., Stepanova E.M. Features of the content of drinking water in the city of Magadan and population health. *Gigiena i sanitaria* 2016; 95(3):241–246 (in Russian).

5. Tzyplakova E.G., Shapovalova T.A., Yankevich Yu.G. Assessment of ecological danger of the objects of automobile transport complex and its impact on the state of the northern Russian cities (city of Magadan). *Regional'naya ekologiya* 2006; 1-2:136–141 (in Russian).

6. Tsyplakova E.G., Potapov A.I. The Estimation of ecological danger of stationary and non-stationary power plants and their impact on atmospheric air in Russian northern cities by the example of Magadan. *Problemy regional'noy ekologii* 2010; 4:11–16 (in Russian).

7. Shapovalova T.A., Lapina Z.A. Predicting the impact of environmental factors on indicators of quality of life of the North-Eastern region population. *Vestnik Severo-Vostochnogo gosudarstvennogo universiteta* 2009; 11:91–93 (in Russian).

Поступила 17.02.2018

Контактная информация  
Кирилл Сергеевич Голохваст,  
доктор биологических наук,

профессор кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере Инженерной школы,  
научный руководитель Научно-образовательного центра по направлению нанотехнологии,

Дальневосточный федеральный университет,  
690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8.

E-mail: golokhvast.ks@dvfu.ru

Correspondence should be addressed to

Kirill S. Golokhvast,

PhD, DSc, Professor of Department of Safety in Technosphere of Engineering School,  
Scientific Advisor of SEC in Nanotechnology,

Far Eastern Federal University,

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

E-mail: golokhvast.ks@dvfu.ru