

МИКРОРАЗМЕРНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ НЕБОЛЬШИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ
НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ПРИМОРСКОГО КРАЯ
(ДАЛЬНЕГОРСК, ЛУЧЕГОРСК, РУДНАЯ ПРИСТАНЬ)

К.С.Голохваст¹, И.В.Серёдкин², В.В.Чайка¹, Т.Ю.Романова³, А.А.Карабцов³

¹Дальневосточный федеральный университет Минобрнауки РФ,
690950, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

²Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7

³Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения РАН,
690022, г. Владивосток, просп. 100 лет Владивостоку, 159

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена исследованию атмосферных взвесей населенных пунктов Приморского края: Дальнегорска, Лучегорска, Рудной Пристань с помощью методов лазерной гранулометрии и масс-спектрометрии высокого разрешения. Для контроля выбрана зона, примыкающая к Сихотэ-Алинскому биосферному заповеднику. Показано, что в Дальнегорске и Рудной Пристань зафиксировано преобладание в снеге твердых частиц размером до 10 мкм в доле от 54 до 100%. Продemonстрировано, что в Дальнегорске в снеге в водорастворимой фазе отмечено повышенное содержание Fe, Ni и Cu, в том числе рядом с предприятием «Бор» – Zn. В водорастворимой фазе проб, отобранных в Рудной Пристань, нами было обнаружено повышение содержания Pb. В Лучегорске рядом с ГРЭС обнаружены микрочастицы размером 10-18 мкм в доле 72%, а в водорастворимой фазе – резкое повышение содержания Zn, а также умеренное увеличение Pb, Al и Fe. В двух точках на границе с Сихотэ-Алинским заповедником обнаружены крупные твердые частицы (515,46-954,78 мкм) и лишь в одной точке, примыкающей к автодороге, отмечается преобладание микрочастиц (9-20 мкм). Также стоит отметить повышенное содержание Zn в одной из точек на границе с заповедником. Это свидетельствует о нарастающей техногенной нагрузке со стороны автотранспорта на природоохранную зону.

Ключевые слова: атмосферные взвеси, микрочастицы, Рудная Пристань, Дальнегорск, Лучегорск.

SUMMARY

MICRODIMENSIONAL ATMOSPHERIC
POLLUTION OF THE SMALL INDUSTRIAL
SETTLEMENTS OF THE PRIMORSKY REGION
(DALNEGORSK, LUCHEGORSK, RUDNAYA
PRISTAN)

K.S.Golokhvast¹, I.V.Seryodkin², V.V.Chayka¹,
T.Yu.Romanova³, A.A.Karabtsov³

¹Far Eastern Federal University, 8 Sukhanova Str.,
Vladivostok, 690950, Russian Federation

²Pacific Geographical Institute of Far Eastern Branch
RAS, 7 Radio Str., Vladivostok,
690041, Russian Federation

³Far Eastern Geological Institute of Far Eastern Branch
RAS, 159 100-letiya Vladivostoka Ave., Vladivostok,
690022, Russian Federation

The article is devoted to the research of atmospheric suspensions of settlements of the Primorsky region: Dalnegorsk, Luchegorsk, Rudnaya Pristan by means of laser granulometry and mass spectrometry of high resolution. For control the border zone of the Sikhote-Alinsky Biospheric Reserve has been chosen. In Dalnegorsk and Rudnaya Pristan the prevalence in snow of firm particles up to 10 microns in size from 54 to 100% is recorded. In Dalnegorsk in snow in a water-soluble phase there is a big quantity of Fe, Ni and Cu, and near the enterprise «Bor» of Zn. In a water-soluble phase of the samples which were taken in Rudnaya Pristan, high concentration of Pb was revealed. In Luchegorsk near Regional Power Station microparticles of 10-18 microns in size in the proportion of 72% were found out, and in a water-soluble phase there was a sharp increase of Zn concentration, and moderate increase of Pb, Al and Fe. In two points on border with Sikhote-Alin Biosphere Reserve large firm particles (515.46-954.78 microns) were found and only in one point adjoining a highway there was the prevalence of microparticles (9-20 microns). Also there was high concentration of Zn in one of the points on the border with the reserve. It proves the fact that technogenic factors influence the conservation zone more and more.

Key words: atmospheric suspensions, microparticles, Dalnegorsk, Luchegorsk, Rudnaya Pristan.

Одним из самых выраженных видов влияния на природу Дальнего Востока, и, в частности, Приморья, оказывают предприятия горнодобывающей и металлургической промышленности [8]. Часто такие предприятия, например, в Приморье, находятся в небольших городах, в которых мониторинг за состоянием окружающей среды не соответствует аналогичным мероприятиям в крупных городах.

В Приморском крае находится несколько небольших (с населением до 35 тыс. человек) городов с градообразующими предприятиями, которые выраженно влияют на окружающую среду. Их экологическое состояние изучается и давно находится под пристальным вниманием экологов [3, 4].

Дальнегорск – город с населением более 35 тыс. человек (2014 г.). В городе находится два крупных пред-

приятия – «Бор» и «Дальполиметалл», от которых происходит основное загрязнение городской среды [2, 6].

Лучегорск – посёлок городского типа с населением около 20 тыс. человек (2014 г.). В поселке расположена Приморская ГРЭС – самая мощная тепловая электростанция на Дальнем Востоке, и угольный разрез.

Рудная Пристань – село с населением более 2 тыс. человек (2011 г.). Расположено в устье реки Рудная, на берегу Японского моря. В селе расположен металлургический цех Дальневосточного горно-металлургического комбината (обработка свинца).

Данная работа посвящена исследованию вышеприведенных городов с помощью комплексного анализа атмосферных осадков (снега). В качестве сравнения выбраны точки, находящиеся на границах Сихотэ-Алинского биосферного заповедника.

Материалы и методы исследования

На рисунке 1 приведена карта-схема населенных пунктов, в которых проводился отбор проб, с указанием станций отбора снеговых проб.



Рис. 1. Карта-схема населенных пунктов Приморского края, в районе которых проводился отбор проб.

Атмосферные взвеси изучались в выпавшем снеге, который собирался в разных населенных пунктах в момент снегопадов в 2012-2013 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 растаивал, жидкость взбалтывали, из каждого образца набирали 60 мл жидкости и анализировали на лазерном анализаторе частиц Fritsch Analysette 22 NanoTech (Германия).

Из каждого образца также набирали 10 мл жидкости и анализировали на масс-спектрометре высокого разрешения с индуктивно-связанной плазмой Element XR (Thermo Scientific). Измерения проводились с использованием методики ЦВ 3.18.05-2005.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализируя ранее полученные результаты [1], можно разделить аэрозольные частицы по размерам на семь классов: 1) менее 1 мкм (соответствует PM1), 2) от 1 до 10 (соответствует PM10), 3) от 10 до 50 мкм, 4) от 50 до 100 мкм, 5) от 100 до 400 мкм, 6) от 400 до 700 мкм и 7) более 700 мкм. Размеры частиц и процентное соотношение фракций в пробах взвеси во всех населенных пунктах приведены в таблице 1.

Более детальные морфометрические характеристики частиц взвеси, обнаруженных в снеге, приведены ниже (табл. 2).

Если сравнивать гранулометрические характери-

стики взвесей в исследованных населенных пунктах, то можно сделать несколько заключений.

Во-первых, в населенных пунктах с горнодобывающей промышленностью, как мы видим из таблиц 1 и 2, и на рисунках 2 и 3, зафиксировано преобладание частиц (от 54 до 100%) до 10 мкм.

Источник этой размерной фракции предположительно может относиться как к горнорудной промышленности, так и к автомобильному загрязнению (крупные дизельные грузовики). Более подробно ответить на этот вопрос можно будет лишь после исследования осадка снеговой воды с помощью сканирующей электронной микроскопии.

Чтобы оценить водорастворимые компоненты в снеговых пробах, было проведено масс-спектрометрическое исследование снеговой воды, и его результаты приводятся в таблице 3.

В целом можно отметить, что в Дальнегорске в снеге в водорастворимой фазе отмечено превышение содержания Fe, Ni и Cu. Рядом с предприятием «Бор» мы отметили только превышение Zn.

В водорастворимой фазе проб, отобранных Рудной Пристанью, нами было обнаружено повышение содержания Pb, что полностью соответствует предыдущим исследованиям [5, 7].

В Лучегорске рядом с ГРЭС мы также обнаружили микрочастицы опасной для здоровья размерной фракции в доле 72% (рис. 4). Это может обуславливать дополнительную нагрузку на дыхательные пути и здоровье населения в целом.

Таблица 1

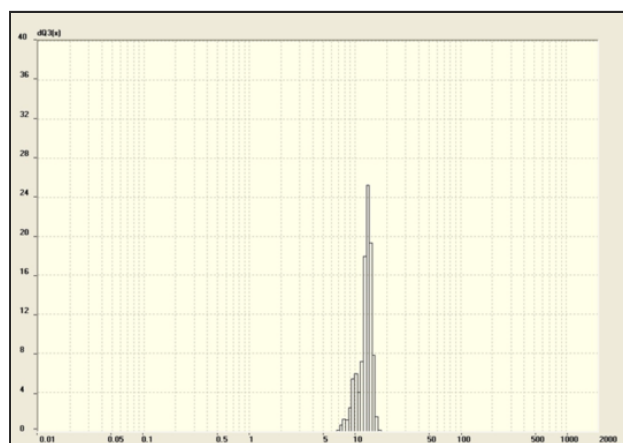
Распределение частиц в снеге по фракциям в разных точках отбора

Фракция, Ø, мкм, %	Станции							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Менее 1 мкм	-	-	-	-	-	-	-	-
1-10	-	7-15 (100%)	8-20 (100%)	7-10 (4%)	9-20 (100%)	-	-	4-6 (3%)
10-50	-			10-18 (50%)		10-18 (72%)	-	14-18 (20%)
50-100	40-60 (13%)	-	-	55-70 (15%)	-	-	-	-
	70-100 (4%)			70-100 (3%)				
100-400	180-300 (30%)	-	-	100-160 (28%)	-	-	-	-
400-700	-	-	-	-	-	-	-	500-800 (77%)
Более 700	600-900 (53%)	-	-	-	-	600-900 (28%)	800-1000 (100%)	

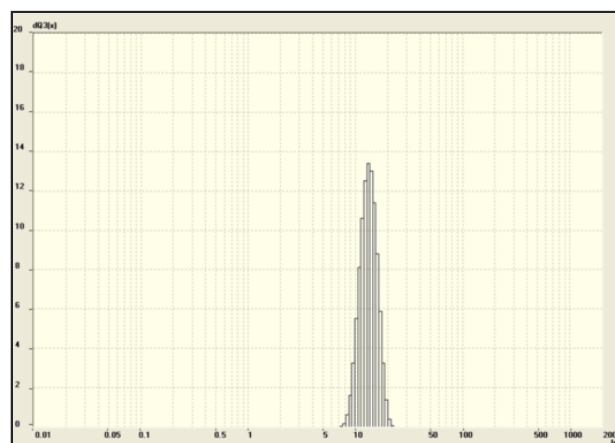
Таблица 2

Морфометрические параметры частиц взвесей в разных точках отбора

Параметры/район	1	2	3	4	5	6	7	8
Средний арифметический диаметр, мкм	449,33	12,55	13,43	57,65	13,44	207,58	954,78	515,46
Мода, мкм	666,99	13,03	13,04	14,04	13,04	13,03	1003,38	666,99
Медиана, мкм	605,41	12,91	13,25	16,18	13,34	14,03	963,89	650,09
Отклонение, мкм ²	73026,83	3,35	6	2762,42	3,09	97508,93	2287,59	80092,83
Среднеквадратичное отклонение, мкм	270,23	1,83	2,45	52,55	1,76	312,26	47,83	283,01
Коэффициент отклонения, %	60,14	14,57	18,24	91,17	13,09	150,43	5,01	54,91
Удельная поверхность, см ² /см ³	298,6	4897,67	4617,6	2727,67	4538,58	3276,5	63,01	1138,02



а



б

Рис. 2. Размеры частиц и их доля (в %) в пробах взвесей: а) со станции 2 (Дальнегорск, Бор); б) со станции 3 (Рудная Пристань, начало поселка).

Таблица 3

Средние концентрации (мкг/л) токсичных металлов в снеговых пробах на станциях отбора проб*

№	Cd ¹¹¹	Pb ²⁰⁷	Al ²⁷	Cr ⁵²	Fe ⁵⁶	Ni ⁵⁹	Cu ⁶³	Zn ⁶⁶
1	0,01±0,001	0,07±0,01	0,56±0,08	0,06±0,01	110,63±16,59	4,91±0,74	1,48±0,22	11,19±1,68
2	0,01±0,001	0,37±0,06	0,36±0,05	0,03±0,01	0,89±0,13	0,26±0,04	0,27±0,04	90,08±13,51
3	0,02±0,002	0,36±0,05	0,29±0,04	0,11±0,02	0,59±0,09	0,24±0,04	0,46±0,07	35,38±5,31
4	0,03±0,004	2,75±0,41	0,33±0,05	0,03±0,01	0,63±0,09	0,32±0,05	0,53±0,08	39,17±5,88
5	0,01±0,001	0,2±0,04	0,2 ±0,03	0,01±0,002	0,33±0,05	0,11±0,02	0,05±0,01	13,83±2,07
6	0,04±0,005	2,2±0,33	8,34±1,25	0,13±0,02	14,14±2,12	0,22±0,03	0,31±0,05	583,40±87,52
7	0,01±0,001	0,13±0,02	0,74±0,11	0,03±0,01	0,61±0,09	0,84±0,13	0,30±0,04	63,13±9,47
8	0,02±0,002	0,56±0,08	2,44±0,37	0,03±0,01	2,77±0,41	0,16±0,02	0,27±0,04	198,50±29,77

Примечание: *погрешность выполненных анализов оценена по величине среднеквадратичного отклонения, значение которого при определении приведенных в таблице элементов не превышает 1-5%.

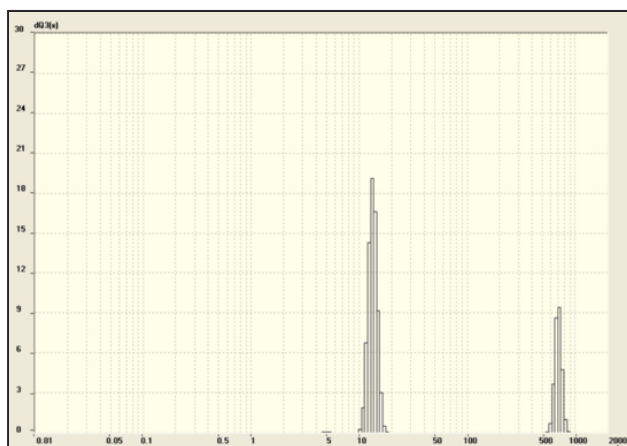


Рис. 4. Размеры частиц и их доля (в %) в пробах взвеси со станции 6 (Лучегорск, ГРЭС).

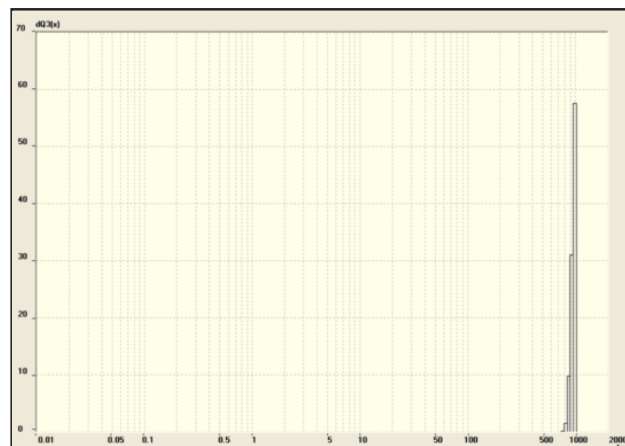


Рис. 5. Размеры частиц и их доля (в %) в пробах взвеси со станции 7 (южная граница заповедника).

Кроме этого, рядом с Лучегорской ГРЭС мы обнаружили в водорастворимой фазе снега резкое повышение содержания Zn, а также умеренное увеличение Pb, Al и Fe.

Пробы, отобранные рядом с Сихотэ-Алинским заповедником как контрольной точкой в целом соответствуют природоохранной зоне (рис. 5).

Лишь в пробах на станции 5, отобранных рядом с автодорогой, были найдены микрочастицы опасного для здоровья диаметра (табл. 1, 2). Также на станции 8 (граница заповедника, р. Таежная) наблюдается повышение содержания Zn. Это свидетельствует о нарастающей техногенной нагрузке на природоохранную зону, скорее всего со стороны автотранспорта. В целом же частицы, содержащиеся в снеге, собранном на границе с заповедником на станциях 7 и 8 характеризуются как крупные (средний арифметический диаметр от 515,46 до 954,78 мкм).

В итоге, комплексный анализ частиц атмосферных взвесей Дальнего Востока, Рудной Пристани и Лучегорска показал высокую степень влияния на окружающую среду промышленных центров, что подтверждают исследования предыдущих лет [8]. Как мы можем видеть из нашего исследования, негативное влияние горноруд-

ных предприятий заключается в микроразмерном загрязнении воздушных взвесей населенных пунктов.

Стоит отметить, что проведенное комплексное исследование твердых частиц (сочетание морфометрического и химического подходов) в снеге изученных населенных пунктов позволяет составить более полную картину загрязнения их атмосферы.

Работа выполнена при поддержке Научного Фонда ДВФУ, Гранта Президента для молодых ученых МК-1547.2013.5, Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках проекта «Реализация комплекса мер по поддержке и развитию ЦКП "Межведомственный центр аналитического контроля состояния окружающей среды" ДВФУ» (№14.594.21.0006).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гранулометрический и минералогический анализ взвешенных в атмосферном воздухе частиц / К.С.Голохваст [и др.] // Бюл. физиол. и патол. дыхания. 2011. Вып.40. С.94–100.
2. Распространенность мочекаменной болезни у детей в городах Приморского края с различной антропогенной нагрузкой / О.В.Семешина [и др.] //

Экология человека. 2014. №6. С.25–29.

3. Сенотрусова С.В. Загрязнение атмосферы и заболеваемость населения (Приморский край). СПб.: Атмосфера, 2004. 246 с.

4. Сенотрусова С.В. Экологическая обусловленность хронической заболеваемости населения малых городов // Проблемы региональной экологии. 2010. №1. С.230–236.

5. Шаров П.О. Свинец в окружающей среде пос. Рудная Пристань: оценка риска отравления детей: дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2006. 185 с.

6. Якименко Л.В., Картавцева И.В. Генетическая опасность техногенных загрязнений (на примере зоны экологического кризиса Дальнегорского городского округа Приморского края) // Территория новых возможностей. Вестник Владивост. гос. ун-та экономики и сервиса. 2013. №4. С.172–185.

7. Bogatov V.V., Bogatova L.V. Heavy metal accumulation by freshwater hydrobionts in a mining area in the south of the Russian Far East // Russian Journal of Ecology. 2009. Vol.40, №3. P.187–193.

8. Krupskaya L.T., Zvereva V.P., Leonenko A.V. Impact of technogenic systems on the environment and human health in the Priamurye and Primorye territories // Contemporary Problems of Ecology. 2013. Vol.6, №2. P.223–227.

REFERENCES

1. 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 dyhaniya* – *Bulletin physiology and pathology of respira-*

tion 2011; 40:94–100 (in russian).

2. Semeshina O.V., Luchaninova V.N., Kovalchuk V.K., Melnikova E.A. Prevalence of an urolithic illness at children in the cities of Primorsky region with various anthropotechnogenic loading. *Ekologiya cheloveka – Human Ecology* 2014; 6:25–29 (in russian).

3. Senotrusova S.V. Pollution of the atmosphere and incidence of the population (Primorsky Krai). St. Petersburg: Atmosfera; 2004 (in russian).

4. Senotrusova S.V. Ecological conditionality of chronic incidence of the population of the small cities. *Problemy regional'noy ekologii – Problems of Regional Ecology* 2010; 1:230–236 (in russian).

5. Sharov P.O. Lead in environment of the settlement Rudnaya Pristan: assessment of risk of poisoning of children. PhD Thesis. Vladivostok; 2006 (in russian).

6. Yakimenko L.V., Kartavtseva I.V. Genetic danger of technogenic pollution (on the example of a zone of ecological crisis of the Dalnegorsk city district of Primorsky Krai). *Territory of new opportunities. Bulletin of the Vladivostok State University of Economy and Service* 2013; 4:172–185 (in russian).

7. Bogatov V.V., Bogatova L.V. Document Heavy metal accumulation by freshwater hydrobionts in a mining area in the south of the Russian Far East. *Russian Journal of Ecology* 2009; 40(3):187–193.

8. Krupskaya, L.T., Zvereva, V.P., Leonenko, A.V. Impact of technogenic systems on the environment and human health in the Priamurye and Primorye territories. *Contemporary Problems of Ecology* 2013; 6(2):223–227.

Поступила 19.09.2014

Контактная информация

Кирилл Сергеевич Голохваст,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,

доцент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере,

директор Научно-образовательного центра по направлению нанотехнологии,

Дальневосточный федеральный университет,

690950, г. Владивосток, ул. Суханова, 8.

E-mail: droopy@mail.ru

Correspondence should be addressed to

Kirill S. Golokhvast,

PhD, Senior staff scientist,

Associate Professor of Department of Safety in Technosphere,

Director of Nanotechnology Research & Education Center,

Far Eastern Federal University,

8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russian Federation.

E-mail: droopy@mail.ru