

УДК 662.33:551.510.42

**ВЛИЯНИЕ КРУПНОГО УГОЛЬНОГО ТЕРМИНАЛА НА СОСТАВ
АТМОСФЕРНЫХ ВЗВЕСЕЙ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА****К.С.Голохваст¹, В.В.Чайка^{1,2}, П.А.Никифоров¹, Я.Ю.Блиновская^{1,2},
Е.А.Филонова¹, В.А.Семенихин³**¹*Дальневосточный федеральный университет Минобрнауки РФ,
690990, г. Владивосток, ул. Суханова, 8*²*Морской государственный университет им. адм. Г.И.Невельского,
690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а*³*Научно-клинический центр охраны здоровья шахтеров,
652509, г. Ленинск-Кузнецкий, ул. 7-й Микрорайон, 9***РЕЗЮМЕ**

В работе приведены результаты гранулометрического исследования частиц из атмосферных взвесей, содержащихся в снеге, собранном в 5 точках Находкинского городского округа (Приморский край) зимой 2012-2013 гг., в том числе, в санитарно-защитной зоне угольного терминала порта «Восточный». Во всех точках отбора в районах, расположенных рядом с угольным терминалом, отмечено содержание микроразмерных частиц от 8 до 65%. Площадь поверхности этих частиц достигает 7312,63 см²/см³. Вещественный анализ частиц снежного покрова в исследованных зонах Находкинского городского округа показал загрязнение атмосферы микрочастицами угля, металлов и редкоземельные элементы, что свидетельствует об отрицательном влиянии открытого угольного терминала на близкорасположенный населенный пункт.

Ключевые слова: атмосферные взвеси, микрочастицы, техногенное загрязнение, угольный терминал.

SUMMARY**INFLUENCE OF THE LARGE COAL TERMINAL
ON COMPOSITION OF ATMOSPHERIC
SUSPENSIONS OF THE SETTLEMENT****K.S.Golokhvast¹, V.V.Chaika^{1,2},
P.A.Nikiforov¹, Ya.Yu.Blinovskaya^{1,2},
E.A.Filonova¹, V.A.Semenikhin³**¹*Far Eastern Federal University, 8 Sukhanova Str.,
Vladivostok, 690990, Russian Federation*²*Admiral Nevelskoy Maritime State University, 50a
Verkhneportovaya Str., Vladivostok,
690059, Russian Federation*³*Scientific Clinical Center of Miners Health Protection, 9
7th Mikrorayon Str., Leninsk-Kuznetsky,
652509, Russian Federation*

In this paper the results of granulometric research of particles from the atmospheric suspensions of the snow collected in 5 points of the Nakhodka city district (Primorsky Krai) in the winter of 2012-2013 including a sanitary protection zone of the coal terminal of Vostochny port are given. In all points of selection in the areas close to the coal terminal the concentration of microdimensional particles from 8 to 65% is noted. The

surface area of these particles reaches 7312.63 cm²/cm³. The material analysis of particles of snow cover in the studied zones of the Nakhodka city district showed the pollution of the atmosphere with microparticles of coal, metals and rare-earth elements, which proves negative influence of the open coal terminal on the nearby settlement.

Key words: atmospheric suspensions, microparticles, technogenic pollution, coal terminal.

В последнее время важной задачей в области защиты окружающей среды является оценка влияния крупных угольных терминалов на экологию близлежащих городов в целом, и на состав атмосферных взвесей, в частности.

Как известно, угольная пыль – один из сильнейших загрязнителей воздуха, который в первую очередь влияет на работников угольной промышленности: от места добычи до погрузочных центров и мест сжигания [3, 12–15]. Так, было показано, что гигиеническая оценка условий труда работающих в условиях постоянного загрязнения атмосферы угольной пылью характеризуется комплексом неблагоприятных факторов рабочей среды и трудового процесса, что сопровождается повышением уровня заболеваемости [6, 10]. Крайне высокий уровень воздействия угольной пыли на окружающую среду и заболеваемость отмечается в Китае [1]. Кроме этого, отмечается, что отрицательное воздействие на окружающую среду от угольного загрязнения столь велико, что оно может быть сопоставимо с атомными станциями [5].

В пределах Находкинского городского округа, который располагается в южной части Приморского края, функционирует несколько угольных терминалов, в том числе крупнейший из них находится в порту «Восточный» на расстоянии всего 20 км от жилой зоны. Порт работает с каменным углем, добываемым в Кузбассе. Согласно данным Ассоциации морских торговых портов [4], грузооборот порта «Восточный» в 2012 году вырос почти на 11% по сравнению с прошлым годом, и составил 42,5 млн тонн. По оценке экспертов Дальневосточного НИИ морского флота (Владивосток), к 2030 году будут востребованы мощности узла «Восточный – Находка» для обслуживания около 128 млн тонн грузов [9].

Неудивительно, что при данной экологической обстановке в Находке наблюдается стабильно высокий

уровень заболеваний дыхательных путей [8, 11].

Цель исследования заключалась в изучении влияния угольного терминала на состав атмосферных взвесей Находкинского городского округа, что, несомненно, будет оказывать воздействие на здоровье работников угольного порта.

Материалы и методы исследования

Находкинский городской округ с населением более 159000 человек (2013 год) расположен на побережье залива Находка (Японское море), примерно в 171 км юго-восточнее Владивостока.

Пробы снега собирались на 5 пробных площадках, расположенных на территории угольного терминала порта «Восточный», в границах его санитарно-защитной зоны и за пределами предприятий-загрязнителей (рис. 1).

Снег собирался в момент снегопада зимой 2012-2013 гг. Чтобы исключить вторичное загрязнение ант-

ропогенными аэрозолями, был собран верхний слой (5-10 см) только что выпавшего снега. Его помещали в стерильные контейнеры объемом 1 л. Через пару часов, когда снег в контейнерах растаивал, из каждого образца набирали 60 мл жидкости и изучали на лазерном анализаторе частиц Fritsch Analysette 22 NanoTech (Fritsch, Германия, позволяющем в ходе одного измерения устанавливать распределение частиц по размерам, а также определять их форму и ряд морфометрических параметров. Измерения проводились в режиме «nanotech» с установками «carbon/water 20°C».

Вещественный анализ взвесей проводили на световом микроскопе Nikon SMZ1000 и сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N с энергодисперсионным спектрометром Thermo Scientific. Образцы для электронной микроскопии напылялись платиной.



Рис. 1. Точки отбора в Находкинском городском округе:

- 1 – жилая застройка п. Врангель, примыкающая к санитарно-защитной зоне;
- 2 – мыс Шефнера – северный входной мыс в бухту Находка;
- 3 – промышленная площадка угольного терминала;
- 4 – санитарно-защитная зона угольного терминала в порту «Восточный»;
- 5 – жилая застройка п. Хмыловка, примыкающая к санитарно-защитной зоне.

Результаты исследования и их обсуждение

Атмосферные взвеси города делятся по размерам частиц, согласно нашей классификации 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; 7) более 700 мкм, что позволяет соотнести экологическую опасность и размерность [2]. Наиболее опасными в данном случае считаются первые два класса, а к частицам средней опасности необходимо отнести третий размерный класс.

Второй важнейшей гранулометрической характеристикой частиц, с точки зрения экологической опасности, является их удельная поверхность. Согласно данным лазерного анализатора мы разделили частицы по величине удельной поверхности: 1) более 7000 см²/см³ (наиболее опасный); 2) от 1000 до 7000; 3) менее 1000 см²/см³ (наименее опасный).

Морфометрические параметры фракций частиц взвесей всех 5 точек для удобства сведены в таблицы 1 и 2.

Наиболее опасные, с точки зрения влияния на здо-

ровые людей, частицы атмосферных взвесей 2 и 3 размерных классов (до 10 мкм) обнаружены во всех точках отбора в округе. Наибольшая доля самых опасных частиц (2 класс, от 1 до 10 мкм) отмечается в точках 2 и 3 (50 и 65%, соответственно). Предполагаемым источником этих частиц, скорее всего, является угольный терминал.

Мыс Шефнера (точка 2), хоть и располагается, в отличие от промышленной площадки (точка 3), на расстоянии 20 км от терминала, но все же испытывает его влияние – в пробах из этой точки обнаружены частицы угля с сорбированными на своей поверхности редкоземельными элементами (преимущественно, фосфаты La, Ce и Nd).

Из таблицы 2 видно, что частицы взвесей в точке 3 обладают достаточно большой площадью поверхности (7312,63 см²/см³), что свидетельствует об их высокой опасности для здоровья, так как они могут сорбировать на своей поверхности большое количество токсинов [7]. Кроме этого токсичные элементы могут содержаться в составе гуминовых кислот и других органических компонентов углей, которые образуют с ионами тяжелых металлов прочные соединения.

Таблица 1

Распределение частиц в снеге по фракциям на станциях отбора проб в Находкинском городском округе

Класс	Ø, мкм	Станции отбора проб снега				
		1	2	3	4	5
1	менее 1	-	-	-	-	-
2	1-10	4-7 мкм (8%)	2-30 мкм (50%)	2-3 мкм (5%)	4-6 мкм (3%)	3-100 мкм (95%)
		7-12 мкм (8%)		3-7 мкм (20%)	7-10 мкм (5%)	
				7-15 мкм (40%)		
3	10-50	12-20 мкм (38%)	30-110 мкм (50%)	15-30 мкм (20%)	12-20 мкм (12%)	
		30-50 мкм (28%)		30-50 мкм (15%)	20-40 мкм (12%)	
4	50-100	80-110 мкм (18%)	30-110 мкм (50%)	-	50-80 мкм (8%)	
					80-100 мкм (3%)	
5	100-400	-	-	-	-	100-400 мкм (5%)
6	400-700	-	-	-	400-700 мкм (57%)	
7	более 700	-	-	-	-	-

Таблица 2

Морфометрические параметры частиц взвеси, содержащихся в снеге в различных районах отбора

Параметры	Станции отбора проб снега				
	1	2	3	4	5
Средний арифметический диаметр, мкм	35,25	61,06	13,16	322,5	36,19
Мода, мкм	15,12	112,27	10,05	554,0	26,39
Медиана, мкм	16,17	46,25	10,33	487,84	23,12
Отклонение, мкм ²	1060,09	3066,66	84,48	71555,55	2149,31
Среднеквадратичное отклонение, мкм	32,56	55,38	9,19	267,5	46,36
Коэффициент отклонения, %	92,36	90,65	69,86	82,94	128,1
Удельная поверхность, см ² /см ³	3695,29	3806,36	7312,63	1534,4	3346,82

Во взвесах точки отбора в районе санитарно-защитной зоны угольного терминала (точка 4) в значимой доле обнаружены частицы 6 размерного класса (400-700 мкм), скорее всего являющиеся крупными уголь-

ными крупинками (рис. 2, табл. 3), которые могут сорбировать на своей поверхности более мелкие микрочастицы металлов – Fe (спектр 3) и алюмосиликаты (спектр 2).

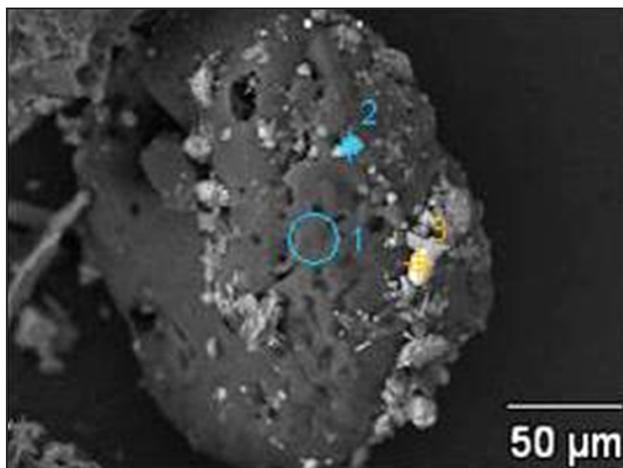


Рис. 2. Угольная частица, сорбирующая на своей поверхности алюмосиликатные микрочастицы (спектр 2) и металлы – Fe, Cr (спектр 3) из образца снега, собранного в санитарно-защитной зоне угольного терминала (точка 4). Сканирующая электронная микроскопия во вторичных электронах. Результаты энергодисперсионного анализа приводятся в табл. 3.

Заключение

Учитывая вышесказанное, необходимо отметить, что атмосфера Находкинского городского округа загрязнена микрочастицами, что является экологически неблагоприятным фактором для здоровья людей.

Наиболее сильно загрязнены микрочастицами районы, непосредственно примыкающие к терминалу (точки 1, 3, 4 и 5). Мы считаем, что наличие в атмосфере частиц от 13,16 до 61,06 мкм будет отрицательно сказываться на работе дыхательной системы и при длительном воздействии повлечет за собой срыв нормального физиологического ответа всего организма. Приходится констатировать тот факт, что и мыс Шефнера, несмотря на удаление, также имеет в составе атмосферных взвесей типичные угольные частицы, т.е. отрицательное влияние угольного терминала распространяется на многие километры вокруг.

Также у техногенных микрочастиц высока площадь поверхности (до 7312,63 см²/см³), что является дополнительным условием к принятию срочных экологических мер, так как мы видим, что такие частицы могут сорбировать на своей поверхности более мелкие и более токсичные по составу (рис. 2).

Мы считаем, что на сегодняшний день, необходимо вести мониторинг состава воздуха угольных портов современными способами (лазерная гранулометрия, масс-спектрометрия, сканирующая электронная микроскопия), поскольку расчетные методы не могут выявить микроразмерное загрязнение как потенциальную угрозу для здоровья работников порта и близлежащих населенных пунктов.

Работа выполнена при поддержке Научного Фонда ДВФУ (проекты: 13-06-0318-м_а, 14-08-02-24_и), Гранта Президента для молодых ученых МК-1547.2013.5 и Министерства образования и науки Российской Федерации (№14.594.21.0006).

Таблица 3
Элементный состав частиц по данным энергодисперсионного анализа

Элемент	Спектр		
	1	2	3
	Атом. %	Атом. %	Атом. %
Al	0.55	6.46	1.45
Si	0.46	7.72	2.56
C	75.37	36.40	15.36
O	19.30	46.36	52.44
K		1.84	
P			0.38
S	2.72	0.34	0.50
Mg	0.21	0.46	1.09
Ca	0.72		1.65
Cl			0.13
Zn			0.33
Ti		0.05	
Fe	0.67	0.38	24.12
Итого	100,00	100,00	

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашова А.А. Особенности использования угля в Китае и возможные пути снижения негативного воздействия на окружающую среду // Нац. интересы: приоритеты и безопасность. 2010. № 5. С.92–96.
2. Гранулометрический и минералогический анализ взвешенных в атмосферном воздухе частиц / К.С.Голохваст, Н.К.Христофорова, П.Ф.Кику, А.Н.Гульков // Бюл. физиол. и патол. дыхания. 2011. Вып.40. С.94–100.
3. Атмосферные взвеси Караканского угольного разреза Кузбасса: гранулометрический анализ / К.С.Голохваст, П.А.Никифоров, В.В.Чайка, А.Н.Гульков, Ю.Манаков, А.Н.Куприянов // Экология человека. 2014. №10. С.19–24.
4. Грузооборот морских портов России за 2012 г. URL: <http://www.morport.com/rus/publications/document1339.shtml> (дата обращения 16.09.2014).
5. Демин В.Ф., Крылов Д.А., Кураченко И.А. Сравнение ущерба окружающей среде и здоровью населения от АЭС и ТЭС // Атомная энергия. 2014. Т.116, №3. С.167–170.
6. Комплексная оценка риска для здоровья работающих при открытой добыче угля от воздействия физических факторов / В.В.Захаренков, А.М.Олещенко, Е.А.Панаиотти, Д.В.Суржиков // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. 2006. № 3. С. 29–33.
7. Исследование аэрозолей методом вторичной ионной масс-спектрометрии / В.П.Иванов, Д.И.Кочубей, К.П.Куценогий, Н.С.Буфетов // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т.7, №8. С.1082–1084.
8. Заболевания органов дыхания на Дальнем Востоке России: эпидемиологические и социально-гигиенические аспекты / В.П.Колосов, Л.Г.Манаков, П.Ф.Кику, Е.В.Полянская. Владивосток: Дальнаука, 2013. 220 с.
9. PortNews. URL: <http://portnews.ru/news/55178/>

?print=1 (дата обращения 16.09.2014).

10. Гигиеническая оценка условий труда при открытой добыче угля вахтовым способом в центральном Казахстане / Ж.Х.Сембаев, А.А.Исмаилова, З.Т.Мухамегижанова, Г.Т.Мешанов, Г.К.Илембаева, М.А.Султанов // Мед. труда и пром. экология. 2008. №2. С.22–25.

11. Череванина Л.В., Трачук Н.С. Заболеваемость туберкулезом в Находке // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2010. №1-2 (41-42). С.149–150.

12. Bharti S., Banerjee T.K. Toxicity analysis of coal mine effluent on vital organs of *Heteropneustes fossilis* (Bloch) using biometric and biochemical parameters // CLEAN – Soil, Air, Water. 2014. Vol.42, №3. P.260–266.

13. Meegoda J.N., Gao Sh., Al-Joulani N.M.A., Hu L. Solid waste and ecological issues of coal to energy // Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste. 2011, Vol.15, №2. P.99–107.

14. Tiwary R.K. Environmental Impact of coal mining on water regime and its management // Water, Air, and Soil Pollution. 2001. Vol.132, Iss.1-2. P.185–199.

15. Wang R., Li F., Yang W., Zhang X. Eco-service enhancement in peri-urban area of coal mining city of Huaibei in East China // Acta Ecologica Sinica. 2009. Vol.29, №1. P.1–6.

REFERENCES

1. Balashova A.A. Features of use of coal in China and possible ways of decrease in negative impact on environment. *Natsional'nye interesy: prioritety i bezopasnost'* 2010; 5:92–96 (in russian).

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

3. Golokhvast K. S., Nikiforov P. A., Chaika V. V., Gul'kov A.N., Manakov Yu., Kupriyanov A.N. Atmospheric suspensions of the Karakansky coal section of Kuzbass: particle size analysis. *Ekologiya cheloveka – Human Ecology* 2014; 10:19-24 (in russian).

4. Cargo turnover of Russian seaports for 2012 Available at: www.morport.com/rus

5. Demin V.F., Krylov D.A., Kurachenko I.A. Comparison of Damage to Environment and Public Health from Nuclear and Fossil Power Plants. *Atomnaya energiya – Atomic Energy* 2014; 116 (3):167–170 (in russian).

6. Zakharenkov V. V., Oleshchenko A. M., Panaiotti E. A., Surzhikov D. V. Complex estimation of risk for health working at open coal production from influence of the physical factors. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya RAMN* 2006; 3:29–33 (in russian).

7. Ivanov V. P., Kochubey D. I., Kutsenogy K. P., Bufetov N.S. Research of aerosols by method of secondary ionic mass spectrometry. *Optika atmosfery i okeana* 1994; 8(7):1082–1084 (in russian).

8. Kolosov V.P., Manakov L.G., Kiku P.F., Polyanskaya E.V. Respiratory diseases in the Far East of Russia: epidemiologic and social-hygienic aspects. Vladivostok: Dal'nauka; 2013 (in russian).

9. PortNews. Available at: www.portnews.ru/news

10. Sembayev Zh.Kh., Ismailova A.A., Moukhamet-zhanova Z.T., Meshanov C.T., Ilembayeva G.K., Soultanov M.A. Hygienic evaluation of work conditions in shift open-cast mining work in North Kazakhstan. *Meditisina truda i promyshlennaya ekologiya* 2008; 2:22–25 (in russian).

11. Cherevanina L.V., Trachuk N. S. The incidence of tuberculosis in Nakhodka. *Zdorov'e. Meditsinskaya ekologiya. Nauka* 2010; 1-2; 149–150 (in russian).

12. Bharti S., Banerjee T.K. Toxicity analysis of coal mine effluent on vital organs of *Heteropneustes fossilis* (Bloch) using biometric and biochemical parameters. *CLEAN – Soil, Air, Water* 2014; 42(3):260–266.

13. Meegoda J.N., Gao Sh., Al-Joulani N.M.A., Hu L. Solid waste and ecological issues of coal to energy. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste* 2011; 15(2):99–107.

14. Tiwary R.K. Environmental Impact of coal mining on water regime and its management. *Water, Air, and Soil Pollution* 2001; 132(1-2):185–199.

15. Wang R., Li F., Yang W., Zhang X. Eco-service enhancement in peri-urban area of coal mining city of Huaibei in East China. *Acta Ecologica Sinica* 2009; 29(1):1–6.

Поступила 27.11.2014

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,

690990, 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, 690990, Russian Federation.

E-mail: droopy@mail.ru