

УДК 549.67:614.76(571.17)

## АТМОСФЕРНЫЕ ВЗВЕСИ КАРАКАНСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА КУЗБАССА: ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

© 2014 г. К. С. Голохваст, \*А. Н. Куприянов,  
\*Ю. А. Манаков, П. А. Никифоров,  
В. В. Чайка, А. Н. Гульков

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток  
\*Институт экологии человека СО РАН, г. Кемерово

Природные минеральные пыли находятся в атмосфере с самого начала появления жизни на Земле [10–13, 16], но в связи с производственной деятельностью человека их концентрация неуклонно растет, из-за технологического прогресса также происходит увеличение доли нано- и микрогазовой фракции [1, 2, 7–9, 14, 15, 17].

Атмосферные взвеси как абиотический фактор среды изучаются сравнительно недавно и на данный момент, к сожалению, приходится констатировать, что системные наблюдения за размерным и вещественным составом взвесей подавляющего большинства городов России отсутствуют. Поэтому большой интерес представляет изучение и анализ атмосферных взвесей природоохранных зон и крупных техногенных узлов. В последние годы особое внимание исследователи уделяют угольной пыли как одной из наиболее опасных форм техногенного загрязнения [8, 9, 12].

В качестве крупного техногенного источника пыления был выбран Кузнецкий угольный бассейн (Кузбасс) как один из самых крупных угольных месторождений мира, расположенный на юге Западной Сибири. Наиболее сложные экологические условия складываются на территории Караканского угольного кластера, где планируется построить 15 угольных разрезов [11].

Целью исследования является изучение содержания атмосферных взвесей в районах интенсивной добычи угля.

На Караканском хребте в 2012 году организован биологический заказник, на территории которого проводятся крупномасштабные исследования по биомониторингу растительного покрова, поэтому работы по изучению содержания атмосферных взвесей, создающих среду обитания живых организмов, крайне необходимы.

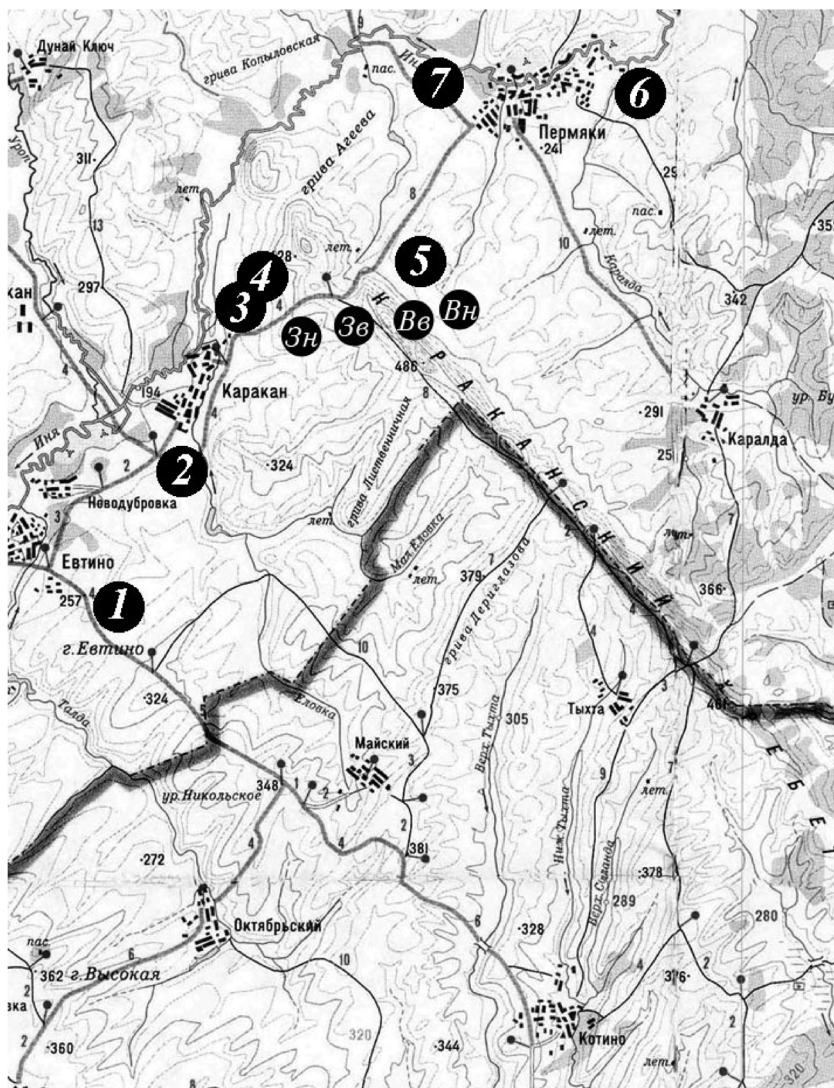
В качестве зоны сравнения выбрана природоохранная зона — Кузбасский ботанический сад Института экологии человека СО РАН, расположенный вблизи города Кемерово.

### Методы

Кузнецкий угольный бассейн расположен на юге Западной Сибири, в основном на территории Кемеровской области, в неглубокой котловине между горными массивами Кузнецкого Алатау, Горной Шории и невысоким Салаирским кряжем. Караканский угольный кластер находится в северо-восточной части Ерунаковского геолого-экономического района Кузбасса, в 35 км от города Белово. Занимает северо-западную часть Караканской синклинали Караканского месторождения. Уголь добывается открытым способом, породы вскрыши и уголь транспортируются на угольные склады автомобильным транспортом, кроме того, производится экскаваторная погрузка угля в железнодорожные вагоны.

В работе приведены результаты гранулометрического и вещественного исследования нано- и микрогазов атмосферных взвесей, содержащихся в снеге, собранном в районе Караканского горнодобывающего узла (Кузбасс) зимой 2011/12 года. Для сравнения была выбрана станция отбора на территории Кузбасского ботанического сада Института экологии человека Сибирского отделения РАН. Показано применение лазерного анализатора частиц для изучения качественного и количественного составов взвесей атмосферных осадков. Выявлено распределение взвешенных в воздухе частиц различных размеров и генезиса в районах с повышенной антропогенной нагрузкой и природоохранной зоне.

**Ключевые слова:** взвеси, микрогазы, PM10, PM4, PM2,5, PM1, экологический фактор



Места отбора проб в районе Караканского угольного узла (расшифровка станций отбора в табл. 1)

Таблица 1

Станции отбора в Беловском районе (Караканский горнодобывающий узел)

Номер станции	Местонахождение	Высота над уровнем моря, м	Глубина снега, см		
			2010. 10.03	2011. 10.03	2012 28.02
1	Окраина с. Евтухово, за кладбищем, в березняке	222	50	45	37
2	Возле с. Караканы, технологическая дорога, обочина	209	30	28	25
3	Возле Дунаевского разреза, между технологическими дорогами	299	124	102	52
4	Между Дунаевским и Пермьяковским разрезами, целина	229	58	47	27
5	Между восточным склоном Караканского хребта и с. Пермьяки <i>Контроль 1</i>	239	134	104	48
6	с. Пермьяки, восточная окраина за селом	232	48	32	27
7	Дорога на с. Новохудяково, 1,5 км от с. Пермьяки, за лесом <i>Контроль 2</i>	215	69	66	52
Бс	Кузбасский ботанический сад	от 117 до 132	60	55	45
Зн	Нижняя часть западного склона Караканского хребта	—	—	—	38
Зв	Верхняя часть западного склона Караканского хребта	до 400 м	—	—	5
Вн	Нижняя часть восточного склона Караканского хребта	—	—	—	56
Вв	Верхняя часть восточного склона Караканского хребта	до 400 м	—	—	15

Территория Кузбасского ботанического сада расположена в левобережной части города Кемерово, в прибрежной части реки Томи (район озера Суховского) к востоку от существующих и проектируемых ансамблей развивающегося общегородского центра. Пробы снега собирались на одиннадцати пробных площадках, расположенных с запада на восток через Караканский хребет в районе строящихся угольных разрезов и простирающихся до сел Пермьяки и Новохудяково, где угольные разрезы отсутствуют и которые можно рассматривать как контрольные (рисунок, табл. 1).

Кроме того, снежные пробы отбирались на тер-

ритории Кузбасского ботанического сада. Выделение контроля довольно условно, поскольку территория Кузнецкой котловины практически вся загрязнена выбросами многочисленных промышленных предприятий и едва ли на ее территории можно отыскать участки без наличия антропогенного воздействия.

Снег собирался в момент снегопада зимой 2011/12 года. Чтобы исключить вторичное загрязнение антропогенными 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 растаял, из каждого образца набирали 40 мл жидкости

Таблица 2

Распределение частиц в снеге по фракциям на станциях отбора проб

Класс, Ø, мкм	1	2	3	4	5	6	7	Бс	Вв	Вн	Зн	Зв
1 0,1–1	0,2–0,3 1%	0,2–2 2%	0,3–2 24%	0,3–0,4 1%	0,4–0,5 1%		0,3–0,5 2%	0,2–0,3 1%	0,2–0,3 1%	0,2–0,3 1%	0,25–3 5%	
	0,4–0,5 2%			0,5–0,7 1%					0,4–1 2%			
2 1–10	2–3 3%	0,5–10 28%	0,5–10 44%	0,6–3 13%	1–2 2%		0,8–3 9%	1–2 2%		2–3 1%	2–10 30%	
				2–4 10%	5–7 3%		6–10 8%			5–10 4%		
				4–6 22%	8–12 6%							
3 10–50	15–30 94%	5–50 20%	7–35 32%	30–40 50%	30–40 20%	20–30 44%	10–25 40%	10–25 23%	25–40 65%	10–30 35%	10–50 65%	20–40 71%
						40–50 8%	30–50 30%	30–40 3%		30–50 52%		
4 50–100		30–120 50%			80–120 10%	50–100 48%		40–80 45%	50–80 33%	50–100 5%		70–130 29%
5 100–400					200–300 13%							
6 400–700					400–500 6%							
7 более 700					800–1000 45%		700–1000 3%	500–1000 26%				

Примечание. Черным цветом выделены наиболее опасные фракции, темно-серым – опасные, светло-серым – фракции средней опасности. Классы опасности выделены по литературным данным [19–21], сообщающим о влиянии размеров частиц на живые объекты.

Таблица 3

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

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	Бс	Вв	Вн	Зн	Зв
Средний арифметический диаметр, мкм	15,98	33,19	7,47	14,59	468,95	44,1	38,8	204,47	38,98	30,73	13,93	49,19
Мода, мкм	16,91	55,46	15,12	26,39	1003,38	69,29	15,12	55,46	30,62	41,21	19,61	26,39
Медиана, мкм	16,43	30,15	4,54	21,26	239,66	39,41	15,91	54,24	31,08	34,48	14,39	28,17
Отклонение, мкм <sup>2</sup>	12,49	735,21	44,46	139,48	183993,1	639,59	15866,16	86921,51	236,25	260,59	69,66	1357,93
Среднеквадратичное отклонение, мкм	3,53	27,11	6,67	11,81	428,94	25,29	126,04	294,82	15,37	16,14	8,35	36,85
Коэффициент отклонения, %	22,12	81,68	89,29	80,94	91,47	57,34	324,80	144,19	39,43	52,53	59,91	74,91
Удельная площадь поверхности, см <sup>2</sup> /см <sup>3</sup>	7142,07	10126,58	24903,82	19854,22	1986,36	2036,59	10340,97	4613,34	4290,61	3917,23	11611,87	1820,16

Примечание. Черным цветом выделены наиболее опасные для здоровья параметры, серым – параметры средней опасности и белым – относительно безопасные. Классы опасности выделены по литературным данным [19–21], сообщающим о влиянии размеров частиц на живые объекты.

и анализировали на лазерном анализаторе частиц Analyssette 22 NanoTec (фирма Fritsch), позволяющем в ходе одного измерения устанавливать распределение частиц по размерам, а также определять их форму и ряд морфометрических параметров. Измерения проводились в режиме «nanotec» с установками «carbon/water 20 °C».

### Результаты

Ранее [3–6], анализируя атмосферные взвеси с учетом наблюдений на примере нескольких городов Дальнего Востока, мы разделили их по размерам частиц согласно данным лазерного анализатора на семь классов: 1) от 0,1 до 1 мкм (соответствует PM<sub>1</sub>), 2) от 1 до 10 (соответствует PM<sub>10</sub>), 3) от 10 до 50 мкм, 4) от 50 до 100 и 5) от 100 до 400 мкм, 6) от 400 до 700 мкм и 7) более 700 мкм (табл. 2).

Более детальные физические характеристики частиц взвеси, обнаруженных в снеге, которые также получены с помощью лазерного анализатора, приведены ниже (табл. 3).

### Обсуждение результатов

Самым неблагоприятным районом для проживания, с точки зрения гранулометрического анализа, является территория между двумя технологическими дорогами (район 3). Здесь обнаружены наночастицы размером от 300 нм до 2 мкм в значимых количествах (24 %). Происхождение их скорее всего связано с угледобывающей промышленностью (дробление, погрузка), так как подобный размерный класс частиц обнаружен нами ранее вблизи горно-обогатительный комбинат (ГОК) в Еврейской автономной области.

Как можно судить по данным табл. 2, опасные частицы с экологически значимым диаметром (1–10 мкм) выявлены в районах 2, 3, 4, 7 и 3н. Эти микрочастицы скорее всего являются продуктами выбросов угледобывающей промышленностью и транспортной нагрузки.

На станции отбора проб, расположенных в районах 5 и Бс, выявляется значимая доля крупных частиц 6 и 7 размерных классов (от 400 до 1 000 мкм), что в сочетании с невысокими концентрациями потенциально опасных для здоровья частиц (3 класс частиц в количестве 20 и 26 % соответственно) относит эти районы к относительно благоприятным по сравнению, например, с районами 2 или 3.

Стоит отметить, что ряд проб, отобранных в районах 1, 3, 4 и 3н, обладает значительной удельной площадью поверхности (от 7 142,07 до 24 903,82 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>), что в совокупности со средним размером частиц (от 7,467 до 15,977 мкм) относит эти районы, как и было показано выше, к числу наиболее неблагоприятных для проживания ввиду серьезной нагрузки на органы дыхания. Стоит отметить, что наиболее мелкодисперсными фракциями характеризуются районы, находящиеся между угольными разрезами (точка отбора 3, 4).

По ряду морфометрических показателей частиц (диаметр, площадь поверхности) к числу относительно неблагоприятных районов также можно отнести районы 2 (возле технологической дороги), 6 (с. Пермьяки) и 7 (автомобильная дорога).

Атмосферные взвеси в районах 5 (Между восточным склоном Караканского хребта и с. Пермьяки), Бс (Кузбасский ботанический сад) и 3в (Верхняя часть западного склона Караканского хребта) можно соотносить с зонами относительно благополучного проживания по сравнению с другими в данном опыте.

Если же сравнивать эти же данные с ранее полученными результатами гранулометрического исследования атмосферных взвесей других городов [2–4], то стоит отметить, что районы с повышенным техногенным прессом (угледобывающая промышленность, транспорт угля, автотранспорт и т. д.) являются крайне неблагоприятными для проживания людей, так как во всех районах были выявлены потенциально опасные для здоровья микрочастицы с размером от 10 до 50 мкм в достаточно значимых количествах (от 20 до 94 %), что объясняется пылением открытой добычи угля, прямой погрузки в железнодорожные вагоны и в связи с этим повышенной автотранспортной нагрузкой.

Как известно, наиболее реакционной активностью, вплоть до токсического поражения, обладают частицы в нанодиапозоне. Судя по литературным данным [18, 21, 22], размер частиц обратно пропорционален токсическому действию (чем мельче, тем токсичнее).

Характер действия нано- и микрочастиц на клетки и ткани организмов в основном зависит от их специфических физико-химических свойств, в том числе от размера частиц, поверхностного заряда, типа вещества, удельной площади поверхности, нано-, микро- и мезопор на единицу площади, от концентрации кислотных центров Бренстеда и Льюиса, влияющих на сорбцию/десорбцию органических молекул и способность к катализу. При попадании нано- и микрочастиц собственно в клетку, как и во внутренние среды (кровь, лимфу), на первое место по значимости выходят гранулометрические характеристики минеральных частиц (такие как арифметический диаметр, удлинение, форм-фактор и т. д.), которые влияют на кинетику и накопление частиц в тех или иных органах.

### Выводы:

1. Уровень загрязнения вблизи добычи угля, центров погрузочно-разгрузочных работ, транспортировки угля содержат взвеси, относящиеся к высокоопасным для биологических объектов.

2. Уровень загрязнения несколько уменьшается на восток от расположенных вдоль западного склона Караканского хребта угольных разрезов, но повышается вблизи населенных пунктов.

3. Ни один из исследованных участков (в том числе и территория ботанического сада) не может считаться «чистым» по содержанию техногенных взвесей, что



свидетельствует о высокой техногенной нагрузке на всей территории Кузбасского угольного бассейна.

Работа выполнена при поддержке Научного фонда Дальневосточного федерального университета и Гранта Президента Российской Федерации для молодых ученых МК-1547.2013.5.

#### Список литературы

1. Богатиков О. А. Неорганические наночастицы в природе // Вестник Российской академии наук. 2003. Т. 73, № 5. С. 426–428.

2. Гендриксон О. Д., Сафенкова И. В., Жердев А. В., Дзантиев Б. Б., Попов В. О. Методы детекции и идентификации техногенных наночастиц // Биофизика. 2011. Т. 56, № 6. С. 965–994.

3. Гранулометрический и минералогический анализ взвешенных в атмосферном воздухе частиц / К. С. Голохваст, Н. К. Христофорова, П. Ф. Кики, А. Н. Гульков // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2011. № 2 (40). С. 94–100.

4. Первые данные по вещественному составу атмосферных взвесей Владивостока / К. С. Голохваст, И. Ю. Чекрыжов, А. М. Паничев, П. Ф. Кики, Н. П. Христофорова, А. Н. Гульков // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 1(8). С. 1853–1857.

5. Голохваст К. С., Чекрыжов И. Ю., Ревуцкая И. Л., Соболева Е. В., Шека О. Л., Чернышев В. В., Никифоров П. А., Автимонов Е. Г., Христофорова Н. К., Гульков А. Н. Некоторые аспекты моделирования атмосферных взвесей исходя из вещественного состава // Известия Самарского НЦ РАН, 2012. Т. 14, № 1 (9). С. 2401–2404.

6. Голохваст К. С., Алейникова Е. А., Никифоров П. А., Гульков А. Н., Христофорова Н. К. Гранулометрический анализ взвешенных микрочастиц в атмосферных осадках г. Хабаровска // Вода: химия и экология, 2012. № 6. С. 117–122.

7. Исаков Р. Р. Обоснование методики оценки условий труда горнорабочих поверхностного комплекса шахт и карьеров Севера : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2009. 20 с.

8. Крылов Д. А., Путинцева В. Е. Топливо-энергетический комплекс и экология // Энергия: экономика, техника, экология. 1995. № 2. С. 48–53.

9. Крылов Д. А. Угольная и газовая промышленность России: воздействие на природу и человека // Энергия: экономика, технология и энергия, 2003. № 9. С. 16–22.

10. Куценогий К. П., Куценогий П. К. Аэрозоли Сибири. Итоги семилетних исследований // Сибирский экологический журнал. 2000. № 1. С. 11–20.

11. Лисай О. И. Исследование состава пыли и поведения частиц пыли в воздушной среде // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2009. № 1. С. 191–193.

12. Лисицын А. П. Процессы океанской седиментации. М., 1978. 389 с.

13. Мельчаков Ю. Л. Закономерности элементопереноса в системе «почва – атмосфера» (на примере Северного Урала) // Литосфера. 2008. № 2. С. 133–138.

14. Осокин А. А. Эмиссия тонкодисперсных минеральных частиц при нагружении горных пород : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2012. 18 с.

15. Трубецкой К. Н., Викторов С. Д., Галченко, Ю. П., Одинцев В. Н. Техногенные минеральные наночастицы как проблема освоения недр // Вестник Российской академии наук. 2006. Т. 76, № 4. С. 318–324.

16. Шевченко В. П. Влияние аэрозолей на среду и морское осадконакопление в Арктике. М. : Наука, 2006. 226 с.

17. Ярош А. С. Разработка способа и средства оперативного контроля запыленности воздуха в горных выработках угольных шахт : дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2008. 157 с.

18. Ayres J. G., Borm P., Cassee F. R., Castranova V., Donaldson K., Ghio A., Harrison R. M., Froines J. Evaluating the toxicity of airborne particulate matter and nanoparticles by measuring oxidative stress potential - A workshop report and consensus statement // Inhalation Toxicology. 2008. Vol. 20 (1). P. 75–99.

19. Cooney D. J., Hickey A. J. Cellular response to the deposition of diesel exhaust particle aerosols onto human lung cells grown at the air-liquid interface by inertial impaction // Toxicology in Vitro. 2011. Vol. 25, iss. 8. P. 1953–1965.

20. Healy D. A., Hellebust S., Silvani V., Lopez J. M., Whittaker A. G., Wenger J. C., Heffron J. J. A., Sodeau J. R. Using a pattern recognition approach to link inorganic chemical fingerprints of ambient PM 2.5-0.1 with in vitro biological effects // Air Quality, Atmosphere and Health, 2012. Vol. 5, iss. 1. P. 125–147.

21. Misra S. K., Dybowska A., Berhanu D., Luoma S. N., Valsami-Jones E. The complexity of nanoparticle dissolution and its importance in nanotoxicological studies // Science of the Total Environment, 2012. Vol. 438. P. 225–232.

22. Saber A. T., Koponen I. K., Jensen K. A., Jacobsen N. R., Mikkelsen L., Moller P., Loft S., Wallin H. Inflammatory and genotoxic effects of sanding dust generated from nanoparticle-containing paints and lacquers // Nanotoxicology. 2012. Vol. 6 (7). P. 776–788.

#### References

1. Bogatikov O. A. Inorganic nanoparticles in nature. *Journal of the Russian Academy of Sciences*. 2003, 73 (5), pp. 426-428. [in Russian]

2. Gendrikson O. D., Safenkova I. V., Zherdev A. V., Dzantiev B. B., Popov V. O. Methods of detection and identification of technogenic nanoparticles. *Biofizika* [Biophysics]. 2011, 56 (6), pp. 965-994. [in Russian]

3. The granulometric and mineralogical analysis of the particles suspended in atmospheric air. K. S. Golokhvast, N. K. Khristoforova, P. F. Kiku i dr. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya* [Bulletin of respiration physiology and pathology]. 2011, 2 (40), pp. 94-100. [in Russian]

4. First data on material composition of atmospheric suspensions of Vladivostok. K. S. Golokhvast, I. Yu. Chekryzhov, A. M. Panichev i dr. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Reports of Samara scientific center RAS]. 2011, 13, 1(8), pp. 1853-1857. [in Russian]

5. Golokhvast K. S., Chekryzhov I. Yu., Revutskaya I. L., Soboлева E. V., Shcheka O. L., Chernyshev V. V., Nikiforov P. A., Avtomonov E. G., Khristoforova N. K., Gul'kov A. N. Some aspects of modeling of atmospheric suspensions proceeding from material structure. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Reports of Samara scientific center RAS], 2012. T. 14, № 1 (9). S. 2401–2404. [in Russian]

6. Golokhvast K. S., Aleinikova E. A., Nikiforov P. A., Gul'kov A. N., Khristoforova N. K. The granulometric analysis of the weighed microparticles in the atmospheric precipitations of Khabarovsk. *Voda: khimiya i ekologiya* [Water: chemistry and ecology]. 2012, 6, pp. 117-122. [in Russian]

7. Isakov R. R. *Obosnovanie metodiki otsenki uslovii truda gornorabochikh poverkhnostnogo kompleksa shakht i kar'eroev Severa. Avtoref. kand. diss.* [Justification of a technique of an assessment of working conditions of miners]

of a superficial complex of mines and North pits. Author's Abstract of Cand. Diss.]. Saint Petersburg, 2009, 20 p.

8. Krylov D. A., Putintseva V. E. Fuel and energy complex and ecology. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya* [Energy: economics, techniques, ecology]. 1995, 2, pp. 48-53. [in Russian]

9. Krylov D. A. Coal and gas industry of Russia: impact on the nature and person. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya* [Energy: economics, techniques, ecology]. 2003, 9, pp. 16-22. [in Russian]

10. Kutsenogii K. P., Kutsenogii P. K. Aerosols of Siberia. Results of seven years' researches. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal* [Contemporary Problems of Ecology]. 2000, 1, pp. 11-20. [in Russian]

11. Lisai O. I. Research of dust structure and behavior of particles of a dust in the air environment. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining information and analytical bulletin]. 2009, 1, pp. 191-193. [in Russian]

12. Lisitsyn A. P. *Protsessy okeanskoj sedimentatsii* [Processes of ocean sedimentation]. Moscow, 1978, 389 p.

13. Mel'chakov Yu. L. Regularities of element carrying in the system "the soil - the atmosphere" (on the example of Northern Urals). *Litosfera* [Lithosphere]. 2008, 2, pp. 133-138. [in Russian]

14. Osokin A. A. *Emissiya tonkodispersnykh mineral'nykh chastits pri nagruzhenii gornykh porod. Avtoref. kand. diss.* [Emission of fine mineral particles while rocks stressing. Author's Abstract of Cand. Diss.]. Moscow, 2012, 18 p.

15. Trubetskoi K. N., Viktorov S. D., Galchenko Yu. P., Odintsev V. N. Technogenic mineral nanoparticles as a problem for the development of the subsoil. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2006, 76 (4), pp. 318-324. [in Russian]

16. Shevchenko V. P. *Vliyanie aerorozolei na sredu i morskoe osadkonakoplenie v Arktike* [Influence of aerosols on the environment and sea sedimentation in the Arctic]. Moscow, Nauka Publ., 2006, 226 p.

17. Yarosh A. S. *Razrabotka sposoba i sredstva operativnogo kontrolya zapylennosti vozdukha v gornyykh vyrabotkakh ugol'nykh shakht. Kand. diss.* [Development of a way and means of an operating control of a dust content of air in excavations of coal mines. Cand. Diss.]. Moscow, 2008, 157 p.

18. Ayres J. G., Borm P., Cassee F. R., Castranova V., Donaldson K., Ghio A., Harrison R. M., Froines J. Evaluating the toxicity of airborne particulate matter and nanoparticles by measuring oxidative stress potential - A workshop report and consensus statement. *Inhalation Toxicology*. 2008, 20 (1), pp. 75-99.

19. Cooney D. J., Hickey A. J. Cellular response to the deposition of diesel exhaust particle aerosols onto human lung

cells grown at the air-liquid interface by inertial impaction. *Toxicology in Vitro*. 2011, 25, iss. 8, pp. 1953-1965.

20. Healy D. A., Hellebust S., Silvari V., Lopez J. M., Whittaker A. G., Wenger J. C., Heffron J. J. A., Sodeau J. R. Using a pattern recognition approach to link inorganic chemical fingerprints of ambient PM 2.5-0.1 with in vitro biological effects. *Air Quality, Atmosphere and Health*. 2012, 5, iss. 1, pp. 125-147.

21. Misra S. K., Dybowska A., Berhanu D., Luoma S. N., Valsami-Jones E. The complexity of nanoparticle dissolution and its importance in nanotoxicological studies. *Science of the Total Environment*. 2012, 438, pp. 225-232.

22. Saber A. T., Koponen I. K., Jensen K. A., Jacobsen N. R., Mikkelsen L., Moller P., Loft S., Wallin H. Inflammatory and genotoxic effects of sanding dust generated from nanoparticle-containing paints and lacquers. *Nanotoxicology*. 2012, 6 (7), pp. 776-788.

#### ATMOSPHERIC SUSPENSES OF THE KARAKANSKY COAL SECTION OF KUZBASS: PARTICLE SIZE ANALYSIS

K. S. Golokhvast, \*A. N. Kupriyanov, \*J. A. Manakov, P. A. Nikiforov, V. V. Chaika, A. N. Gulkov

Far East Federal University, Vladivostok  
\*Institute of Human Ecology SB RAS, Kemerovo, Russia

In this paper are shown the results of granulometric and material investigation of nano- and micro-particles of atmospheric mist containing in the snow collected in Karakan mining site (Kuzbass) in the winter of 2011-2012. For comparison we have chosen the selection station in the Kuzbass Botanical Garden of Institute of Human Ecology SB RAS. The use of a laser particle analyzer is shown for the study of the qualitative and quantitative composition of the sediment precipitations. The distribution of airborne particles of different sizes and origins in areas with high anthropogenic pressure and the conservation area was detected.

**Keywords:** suspension, micro particles, PM10, PM4, PM2,5, PM1, ecological factors

#### Контактная информация:

Голохваст Кирилл Сергеевич — кандидат биологических наук, доцент кафедры нефтегазового дела и нефтехимии Инженерной школы ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации

Адрес: 690990, г. Владивосток, ул. Пушкинская, д. 37

Тел./факс (423) 222-64-51

E-mail: droopy@mail.ru