

К.С. Голохваст¹, И.Л. Ревуцкая², Н.К. Христофорова¹**ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ ВЗВЕСЕЙ
БИРОБИДЖАНА**¹ ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет» (Владивосток)² ФГБОУ ВПО «Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема» (Биробиджан)

В работе приведены результаты исследования нано- и микрочастиц атмосферных взвесей, содержащихся в снеге г. Биробиджана зимой 2011/2012 г. при помощи сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом. Чтобы исключить вторичное загрязнение антропогенными аэрозолями, пробы (атмосферные осадки в виде снега) собирались во время снегопадов. Отбирался только верхний слой (5–10 см) свежеснежавшего снега. Снег помещали в стерильные контейнеры объемом 3 л. Вещественный анализ взвесей проводили на световом микроскопе Nikon SMZ1000 и сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N с энергодисперсионным спектрометром Thermo Scientific. Показано, что в атмосферных взвешах Биробиджана преобладают в убывающем порядке частицы горных пород, растительного детрита и техногенных (сажевых, шлаковых и неопределяемых) образований. Выявлено влияние ТЭЦ и автотранспортных развязок на качественный состав атмосферных взвесей. В типичном образце, взятом в районе железнодорожного переезда, были определены в порядке убывания: неопределяемые техногенные частицы, частички горных пород, растительный детрит, металлические микрочастицы (по результатам энергодисперсионного анализа – преимущественно Fe). В типичном образце из района кольцевой автомобильной дороги в порядке убывания выявлены: неопределяемые техногенные частицы, сажевые сферулы, растительный детрит, частички горных пород (по результатам энергодисперсионного анализа – преимущественно алюмосиликатные), металлические микрочастицы (по результатам энергодисперсионного анализа – преимущественно Fe). В типичном образце, взятом в районе ТЭЦ, в подавляющем большинстве определены сажевые сферулы и неопределяемые техногенные частицы. В контрольной чистой зоне, несмотря на удаление от источников пыления, обнаружены сажевые и металлосодержащие (Fe, Ti, Co, W) частицы. Среди особенностей качественного состава проб в г. Биробиджане необходимо отметить большой удельный вес в них растительного детрита, по сравнению с другими дальневосточными городами. Анализ качественного состава атмосферных взвесей Биробиджана подтверждает его статус как города с небольшим населением, одной ТЭЦ, работающей на угле, умеренным прессом автотранспорта и средним в целом уровнем атмосферного загрязнения.

Ключевые слова: атмосферные взвеси, микрочастицы, техногенные частицы

**CHARACTERISTICS OF THE MATERIAL COMPOSITION OF ATMOSPHERIC
SUSPENSIONS IN BIROBIDZHAN CITY**K.S. Golokhvast¹, I.L. Revutskaya¹, N.K. Khristoforova¹¹ Far East Federal University, Vladivostok² Sholem Aleichem Amur State University, Birobidzhan

The article presents the results of research of nano- and microparticles of the atmospheric suspensions containing in snow of Birobidzhan in winter of 2011/2012 by means of scanning electronic microscopy with the power dispersive analysis. To exclude secondary pollution by anthropogenic aerosols tests (an atmospheric precipitation in the form of snow) were gathered during snowfalls. Only the top layer (5–10 cm) fresh-dropped out snow was collected. Snow was placed in the 3-liter sterile containers. The material analysis of suspensions was carried out on a light microscope Nikon SMZ1000 and scanning electronic microscope Hitachi S-3400N with power dispersive spectrometer Thermo Scientific. It was shown that in atmospheric suspensions of Birobidzhan particles of rocks, vegetable detritus and technogenic (black, slag and not-defined) educations prevail in decreasing order. Influence of combined heat and power plant and motor transportation outcomes on qualitative structure of atmospheric suspensions was revealed. In the typical sample taken around a railway crossing we defined (in decreasing order): not-defined technogenic particles, parts of rocks, plant detritus, metal microparticles (by results of the power dispersive analysis – mostly Fe). In a typical sample from the area of the ring highway we revealed (in decreasing order): not-defined technogenic particles, black spherules, plant detritus, parts of rocks (by results of the power dispersive analysis – mainly alyumosilicates), metal microparticles (by results of the power dispersive analysis – mostly Fe). In the typical sample taken around combined heat and power plant black spherules and not-defined technogenic particles were defined in major. In an inspection pure zone, despite removal from dusting sources, black and metallic (Fe, Ti, Co, W) particles are found. Among features of qualitative structure of tests in Birobidzhan city big specific weight of plant detritus in them, in comparison with other Far East cities, should be noted. The analysis of qualitative structure of atmospheric suspensions of Birobidzhan confirms its status as the cities with small population, one combined heat and thermoelectric power station (working on coal), moderate press of motor transport and an average as a whole level of atmospheric pollution.

Key words: suspensions, natural microparticles, technogenic particles

Биробиджан – административный, экономический и культурный центр Еврейской автономной области (ЕАО) с численностью населения 77,7 тыс. человек. Биробиджан относится к средним городам Дальнего Востока, находится в умеренном муссонном климатическом поясе, имеет площадь 150 км². В

пределах города расположено около 100 стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха. Промышленные предприятия сосредоточены в основном в западной и северо-западной частях города, Биробиджанская ТЭЦ находится в центре города. В структуре выбросов на протяжении нескольких

лет ведущее место принадлежит теплоэнергетике и автотранспорту. По территории города проходит Транссибирская железнодорожная магистраль.

В данной работе с использованием сканирующей электронной микроскопии с элементным анализом исследованы морфология и вещественный состав частиц атмосферных взвесей Биробиджана как типичного равнинного города с небольшим населением и средней техногенной нагрузкой.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Чтобы исключить вторичное загрязнение антропогенными аэрозолями, пробы (атмосферные осадки

в виде снега) собирались во время снегопадов. Отбирались только верхний слой (5–10 см) свежевыпавшего снега. Снег помещали в стерильные контейнеры объемом 3 л. Вещественный анализ взвесей проводили на световом микроскопе Nikon SMZ1000 и сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N с энергодисперсионным спектрометром Thermo Scientific. Напыление образцов для электронного микроскопа производили платиной.

Пробы снега собирали 26.12.2011, 21.02.2012, 17.03.2012 и 30.03.2012 на пяти территориях, различающихся экологическими условиями районов, расположенных в черте города (рис. 1, табл. 1).

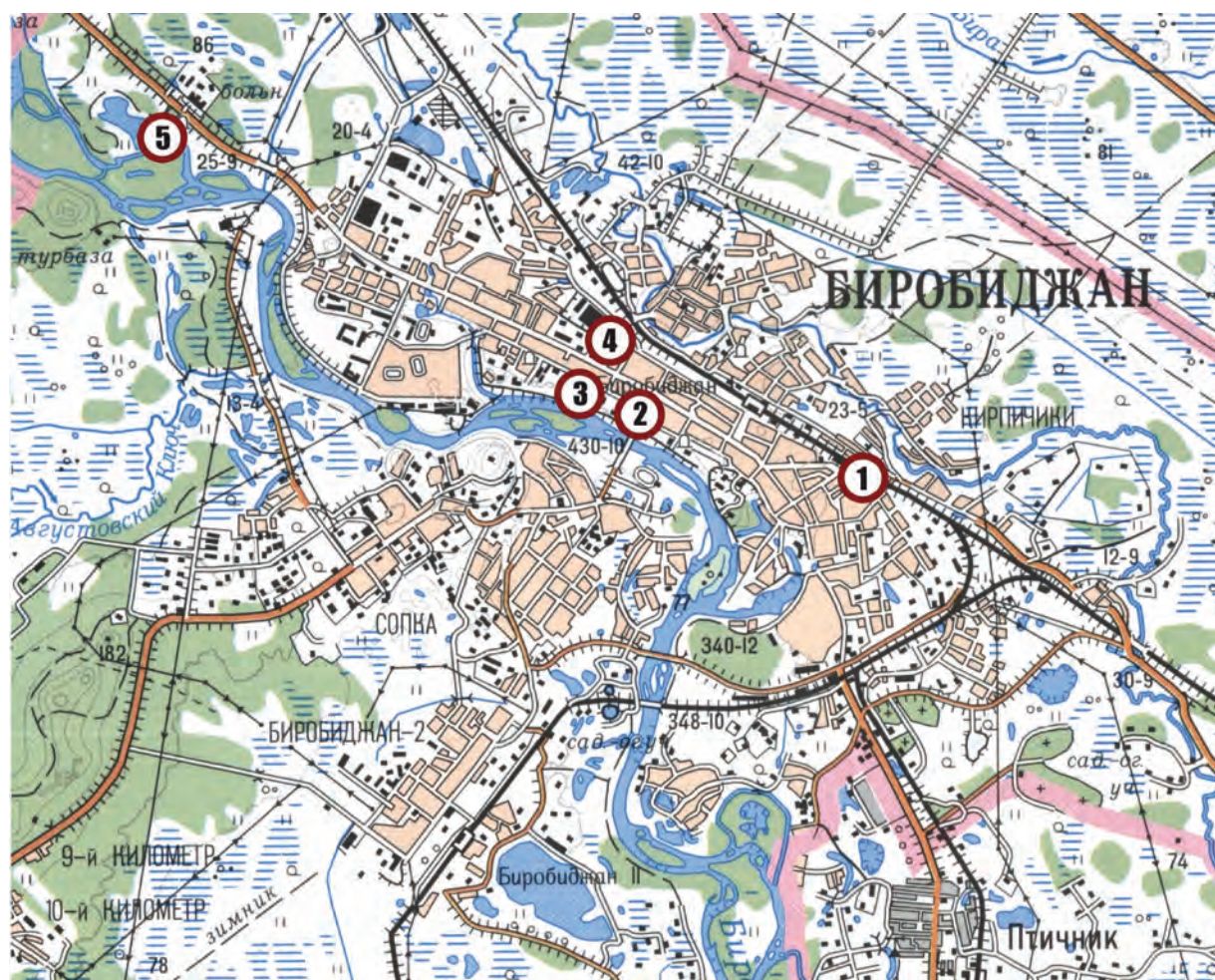


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб снега на территории Биробиджана.

Таблица 1

Станции отбора и их характеристика

Станции отбора	Характеристики станций
1	Расположена недалеко от железнодорожного переезда через Транссибирскую железнодорожную магистраль на поселок Кирпичики (позволяет учитывать влияние выбросов железнодорожного транспорта на жилую застройку).
2	Находится в районе кольцевой автомобильной дороги с сильным потоком автотранспорта, автобусная остановка «Радуга» (позволяет учитывать влияние выбросов автомобильного транспорта на жилой район города).
3	Размещена в санитарно-защитной зоне Биробиджанской ТЭЦ, работающей на твердом топливе, размером 500 м, около детского дошкольного учреждения ДОУ № 44, которое удалено от ТЭЦ на 450 м (позволяет учитывать влияние организованных выбросов ТЭЦ на жилую застройку города).
4	Переулок Ремонтный, д. 5, также находится в пределах санитарно-защитной зоны Биробиджанской ТЭЦ, но в отличие от ст. 3, она учитывает влияние неорганизованных выбросов ТЭЦ на жилые районы города, удалена от главной трубы ТЭЦ на 500 м.
5	Является «контрольной точкой», расположена в лесной зоне в районе психиатрической больницы, на удалении от городской застройки и частного сектора.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Оценки атмосферного переноса взвешенного вещества и общей массы взвесей, произведенные разными авторами, расходятся в десятки и сотни раз, что связано с несовершенством применяемых методик [1, 2]. То же можно сказать и про качественный состав взвесей.

Хотя снег как индикатор атмосферных выпадений и загрязнения среды уже использовался при исследовании территории Биробиджана (Ревуцкая И.Л., 2008; Турбина Е.С., 2012), в задержанных на фильтрах осадках определялось лишь содержание тяжелых металлов, общего же представления о морфологии частиц, их природе и источниках не было. Несмотря на это, при использовании световой микроскопии нами были выделены основные типы частиц взвесей, выделенных из проб снега, собранных в пяти районах Биробиджана.

В типичном образце, взятом в районе 1 (железнодорожный переезд), были определены в порядке убывания: неопределяемые техногенные частицы, частички горных пород, растительный детрит, металлические микрочастицы (по результатам энергодисперсионного анализа – преимущественно Fe) (рис. 2).



Рис. 2. Взвесь природных минералов из образца снега, собранного в районе железнодорожного переезда (станция 1). Сканирующая электронная микроскопия во вторичных электронах. Ув. × 70.

В типичном образце из района 2 (кольцевая автомобильная дорога) в порядке убывания выявлены: неопределяемые техногенные частицы, сажевые сферулы, растительный детрит, частички горных пород (по результатам энергодисперсионного анализа – преимущественно алюмосиликатные), металлические микрочастицы (по результатам энергодисперсионного анализа – преимущественно Fe) (рис. 3).

Кроме минеральной и органической природной составляющей, в пробах снега на станциях 1 и 2 обнаружены многочисленные техногенные шлаковые частицы силикатного и алюмосиликатного составов, а также частицы соединений Fe, Ti и Pb (скорее всего техногенной природы). Важно отметить, что средний размер частиц на ст. 2 был меньше, чем на ст. 1, что, очевидно, отражает преимущественно автотранспортную нагрузку на среду на ст. 2.

В типичном образце, взятом в районе 3 (ТЭЦ, около ДОУ № 44), в подавляющем большинстве

определены сажевые сферулы и неопределяемые техногенные частицы (рис. 4).

В типичном образце из района 4 (район ТЭЦ, переулок Ремонтный) определены в подавляющем большинстве сажевые сферулы и неопределяемые техногенные частицы, содержащие металлические включения (рис. 5, табл. 2).

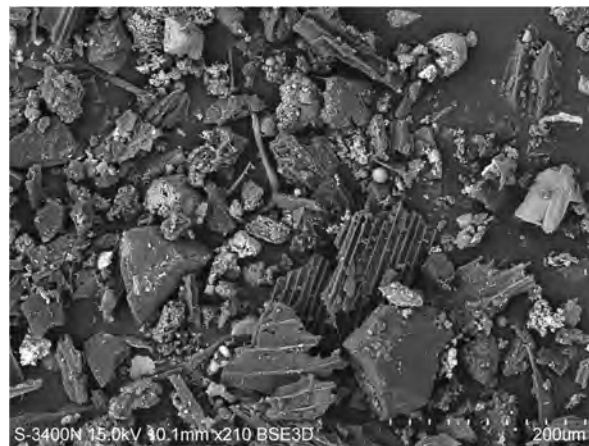


Рис. 3. Взвесь природных минералов из образца снега, собранного в районе кольцевой автомобильной дороги (ст. 2). Сканирующая электронная микроскопия во вторичных электронах. Ув. × 210.

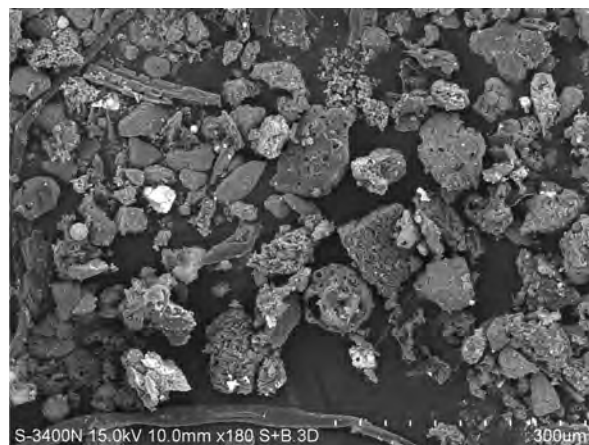


Рис. 4. Взвесь природных минералов из образца снега, собранного в районе ТЭЦ, около ДОУ № 44 (ст. 3). Сканирующая электронная микроскопия во вторичных электронах. Ув. × 180.

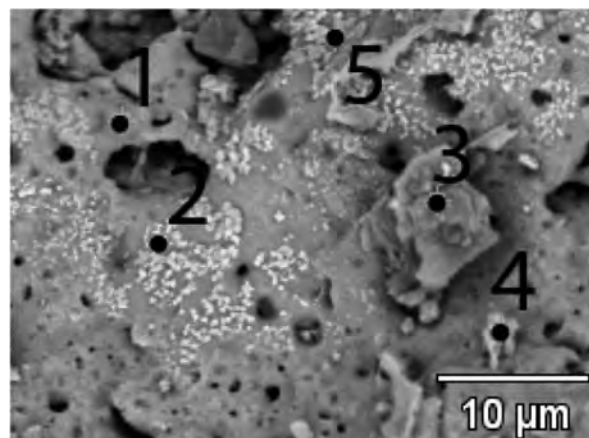


Рис. 5. Поверхность техногенной алюмосиликатной частицы из образца снега, собранного в районе ТЭЦ (ст. 4). Сканирующая электронная микроскопия во вторичных электронах. Размер масштабного отрезка – 10 мкм.

Таблица 2

Состав микрочастиц атмосферных взвесей из района 4 (по данным энергодисперсионного анализа)

Элемент	Точки				
	1	2	3	4	5
	Масс. %	Масс. %	Масс. %	Масс. %	Масс. %
Ca	1,29 ± 0,12	–	4,27 ± 0,23	–	–
Al	9,70 ± 0,17	8,74 ± 0,16	3,29 ± 0,19	14,55 ± 0,20	5,09 ± 0,13
Si	27,92 ± 0,26	8,16 ± 0,18	7,15 ± 0,23	24,86 ± 0,27	1,83 ± 0,12
C	2,05 ± 0,12	2,45 ± 0,09	51,41 ± 0,37	8,95 ± 0,18	2,19 ± 0,08
O	42,66 ± 0,36	30,26 ± 0,29	32,45 ± 0,66	47,09 ± 0,39	26,06 ± 0,26
S	–	–	1,42 ± 0,15	–	–
Na	–	–	–	0,56 ± 0,10	–
K	2,47 ± 0,21	–	–	3,99 ± 0,25	–
Mg	0,65 ± 0,06	–	–	–	–
Fe	13,27 ± 1,00	50,40 ± 1,09	–	–	64,83 ± 1,07
Итого	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Результат энергодисперсионного анализа (точки, взятые для анализа, обозначены на рис. 5 цифрами с 1 по 5) приведен в таблице 2.

В образцах, взятых в контрольном районе 5 (лесная зона), определены в убывающем порядке: растительный детрит, частицы горных алюмосиликатных пород. Хотя станция находится в «чистой» лесной зоне, в атмосферных взвешах встречаются опасные техногенные частицы (по результатам энергодисперсионного анализа): сажевые и металлосодержащие (Fe, Co, W) микрочастицы. Их появление обусловлено, очевидно, переносом дымов от ТЭЦ, терригенной пыли и выбросов автотранспорта.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В основном в атмосферных взвешах, собранных в сезон 2011–2012 гг. в Биробиджане, преобладают частицы горных пород, растительного детрита и техногенных, часто неопределяемых, образований. Часто встречаются шлаковые частицы силикатного и алюмосиликатного составов явно техногенного происхождения.

Среди особенностей качественного состава проб необходимо отметить большой удельный вес в них растительного детрита, по сравнению с другими дальневосточными городами [3, 4]. Видимо, сказывается наличие большого лесного массива вокруг города и близость государственного заповедника «Бастак» (15 км).

Несмотря на преобладание малоопасных природных частиц, в пробах также обнаружены металлосодержащие частицы (Fe, Ti, Co, W), которые могут иметь техногенное происхождение.

Сведения об авторах

Голохваст Кирилл Сергеевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры нефтегазового дела и нефтехимии Инженерной школы ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет» (690990, г. Владивосток, ул. Пушкинская, 378; тел.: 8 (423) 222-64-49; e-mail: droopy@mail.ru)

Ревуцкая Ирина Леонидовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры общей экологии ФГБОУ ВПО «Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема» (679015, г. Биробиджан, ул. Широкая, д. 70а; тел.: 8 (426223) 2-34-37)

Христофорова Надежда Константиновна – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры общей экологии Школы естественных наук ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет» (690990, г. Владивосток, ул. Октябрьская, 27; тел.: 8 (423) 244-75-79)

Анализ качественного состава атмосферных взвесей Биробиджана подтверждает его статус как города с небольшим населением, одной ТЭЦ, работающей на угле, умеренным прессом автотранспорта и средним в целом уровнем атмосферного загрязнения.

Работа выполнена при поддержке Программы «Научный фонд» ДВФУ» (проект № 12-04-13002) и Гранта Президента для молодых ученых МК-1547.2013.5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богатиков О. А. Неорганические наночастицы в природе // Вестник РАН. – 2003. – Т. 73, № 5. – С. 426–428.
2. Глазовский Н. Ф. Избранные труды в двух томах. Т. 1. Геохимические потоки в биосфере. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 535 с.
3. Голохваст К.С., Чекризов И.Ю., Паничев А.М., Кику П.Ф. и др. Первые данные по вещественному составу атмосферных взвесей Владивостока // Известия Самарского научного центра РАН. – 2011. – Т. 13, № 1 (8). – С. 1853–1857.
4. Голохваст К.С., Алейникова Е.А., Никифоров П.А., Гульков А.Н. и др. Гранулометрический анализ взвешенных микрочастиц в атмосферных осадках г. Хабаровска // Вода: химия и экология. – 2012. – № 6. – С. 117–122.
5. Ревуцкая И.Л. Влияние Биробиджанской ТЭЦ на загрязнение атмосферного воздуха и здоровье детей: дис. ... канд. биол. наук. – Биробиджан, 2008. – 134 с.
6. Турбина Е.С. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость респираторными болезнями детей-дошкольников г. Биробиджана: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 2012. – 17 с.