

В.М. Копейкин

Наблюдение сажевого аэрозоля в атмосфере над Россией в международных экспедициях TROICA

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва

Поступила в редакцию 26.12.2006 г.

Представлены результаты измерения концентрации сажевого аэрозоля с помощью вагона-лаборатории в семи экспедициях TROICA (Trans-Siberian Observations into the Chemistry of the Atmosphere) вдоль Транссибирской магистрали для всех сезонов года и по маршруту Москва–Мурманск–Кисловодск–Мурманск в весенне-летний период. Уровень загрязнения сажей воздуха в городах России сравним с уровнем загрязнения промышленно развитых стран Западной Европы и США, но существенно ниже, чем в Пекине. Для сельских мест значения концентрации сажи были наиболее низкими летом 1999 г. ($0,1\text{--}1,0\text{ мкг/м}^3$) и самыми высокими – осенью 2005 г. за счет дыма торфяных пожаров в европейской части России и горячей травы вдоль азиатской части трассы железной дороги ($0,6\text{--}5,6\text{ мкг/м}^3$). Проведены измерения на участке кольцевой железной дороги вокруг г. Москвы. Шлейф загрязненного сажей воздуха от г. Москвы зарегистрирован 7–8 апреля 2000 г.

Введение

В последние два десятилетия содержание в атмосфере газовых примесей и аэрозольных частиц, их природные циклы и источники испытывают сильное влияние человеческой деятельности. Существенно понизилось качество воздуха в городах и промышленных районах. Даже в удаленных регионах земного шара практически повсеместно отмечаются изменения в составе атмосферы. Некоторые из этих изменений носят глобальный характер: истощается стратосферный озоновый слой, растет приземная концентрация озона, теплеет климат [1, 2].

Мировая сеть станций мониторинга состояния атмосферы дает необходимую информацию для изучения происходящих изменений и их последствий. К сожалению, эта сеть чрезвычайно неоднородна и по размещению станций, и по используемым средствам наблюдений. Возможно, одно из наиболее слабых мест – это чрезвычайно малый объем регулярных наблюдений, выполняемых на территории бывшего СССР, которые ведутся в основном на небольшом числе станций: например, Воейково, Кисловодск, Томск, Иссык-Куль. Между тем на нашей территории находятся мощные естественные источники многих климатически и химически активных составляющих атмосферы, определяющих изменение содержания озона и климата Земли [2–4].

В этой связи с 1995 по 2005 г. Институтом физики атмосферы РАН, Всероссийским научно-исследовательским Институтом железнодорожного транспорта и Институтом химии Макса Планка (Германия) было проведено 8 экспедиций TROICA (Trans-Siberian Observations into the Chemistry of the Atmosphere) по измерению концентрации малых газовых примесей и аэрозоля, а также радиационных и метеорологических параметров вдоль Транссибирской

железнодорожной магистрали от Москвы до Хабаровска (Владивостока). В апреле–июне 2000 г. была проведена экспедиция в меридиональном направлении: Москва – Мурманск – Кисловодск – Мурманск с продолжительными стационарными наблюдениями в г. Кисловодске и на Кисловодской высокогорной научной станции.

Цель международных экспериментов TROICA – исследование состояния атмосферы и экосистем на территории Евразии.

Круг решаемых задач включает:

- отработку измерительного комплекса и методик проведения непрерывных измерений содержания газовых и аэрозольных составляющих приземного воздуха, радиационных и метеорологических параметров;

- исследование распределения сажевого аэрозоля над территорией России, определение его основных естественных и антропогенных источников;

- исследование загрязнения атмосферы на территории железнодорожного транспорта, в городах и промышленных регионах, оценка интенсивности различных локальных и региональных источников.

Важность измерения содержания сажевого аэрозоля в атмосфере состоит в том, что он:

- 1) участвует в формировании климата, поскольку обладает большой поглощательной способностью солнечной радиации,

- 2) является трассером антропогенных загрязнений,

- 3) определяет уровень загрязненности городов и промышленных районов,

- 4) адсорбирует вредные для здоровья человека вещества (например, бенз(а)пирен) и поэтому может иметь токсичные и канцерогенные свойства,

- 5) является катализатором химических реакций в атмосфере.

Методика измерений

Отбор анализируемого воздуха производился на уровне 0,3 м от крыши вагона в передней или центральной его части. Вагон располагался в «голове» поезда сразу после электровоза. Комплекс аппаратуры работал в автоматическом режиме с записью показаний на персональный компьютер. В семи последних экспедициях проводилось измерение концентрации сажи. Использовалась методика сбора аэрозольных проб на кварцевые волоконные фильтры с последующим измерением поглощения света аэрозольными пробами. Концентрация сажи в пяти экспедициях с 1997 по 2002 г. определялась непрерывно с дискретностью 1 ч, использовался автоматический пробоотборник конструкции ИФА РАН. Начиная с 2004 г. наблюдения ведутся с помощью измерителя массовой концентрации сажи (Aethalometer™ AE-16 производства фирмы Magee Scientific, Германия) с дискретностью 5 мин.

Обсуждение результатов измерений

Наблюдение сажевого аэрозоля вдоль Транссибирской магистрали

Получены непрерывные ряды данных о содержании сажи в атмосфере вдоль Транссибирской магистрали в шести экспедициях TROICA. Вариации концентрации сажи вдоль транссибирской магистрали приведены на рис. 1.

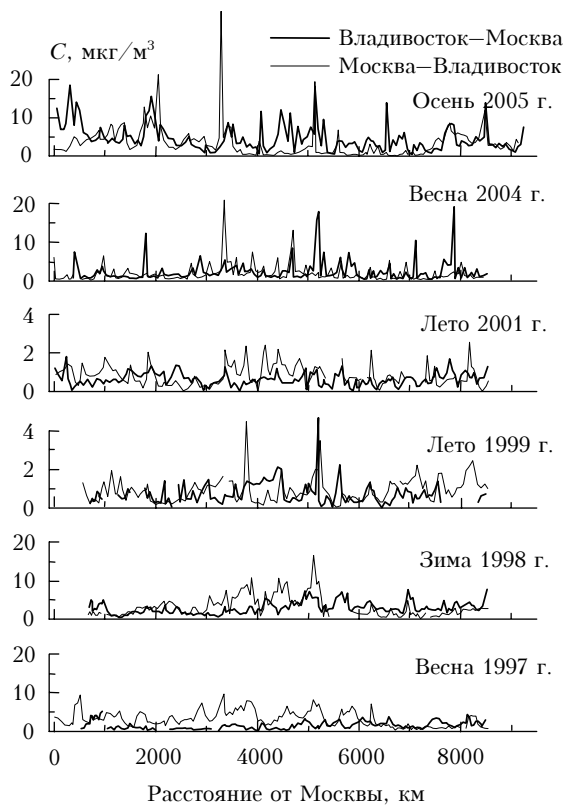


Рис. 1. Вариации концентрации сажи вдоль Транссибирской магистрали

Сроки проведения измерений и средние значения концентрации сажи представлены в табл. 1.

Таблица 1

| Сроки проведения экспедиций и средняя концентрация сажи | | |
|---|----------------------------|-----------------------|
| Экспедиция | Период измерения | C, мкг/м ³ |
| TROICA-3 | 1–7 апреля 1997 г. | 1,8 |
| | 8–14 апреля 1997 г. | 3,2 |
| TROICA-4 | 17–26 февраля 1998 г. | 3,0 |
| | 1–7 марта 1998 г. | 3,2 |
| TROICA-5 | 26 июня – 2 июля 1999 г. | 0,8 |
| | 3–13 июля 1999 г. | 0,9 |
| TROICA-7 | 27 июня – 3 июля 2001 г. | 0,6 |
| | 4–10 июля 2001 г. | 0,9 |
| TROICA-8 | 19–25 марта 2004 г. | 2,5 |
| | 26 марта –1 апреля 2004 г. | 2,1 |
| TROICA-9 | 4–11 октября 2005 г. | 4,3 |
| | 11–18 октября 2005 г. | 3,5 |

Максимальные значения концентрации сажи зарегистрированы осенью и зимой, минимальные – в летний период. Значения концентрации сажи, полученные для некоторых городов России, США, Европы и Азии (табл. 2), близки к значениям, полученным в ходе наблюдений в экспедициях TROICA, но существенно ниже, чем в Пекине.

Получен хорошо выраженный сезонный ход содержания сажи в воздушном бассейне над Россией. Вдоль Транссибирской магистрали в приземном воздухе в зимний период выявлены крупномасштабные (500–1000 км) неоднородности распределения сажевого аэрозоля, связанные с действием синоптических и метеорологических процессов, определяющих его перенос и накопление. Районы Иркутской области и Забайкалья характеризуются большей повторяемостью приземных инверсий и повышенным загрязнением сажевым аэрозолем, особенно в холодное полугодие, когда они находятся под воздействием обширной области сибирского антициклона. Наблюдалось возрастание содержания сажевого аэрозоля в атмосфере с уменьшением скорости перемещения воздушных масс.

В весенний период 1997 г. крупномасштабные области загрязнения (около 1000 км) были вызваны травяными пожарами. В зимне-весенний период содержание сажи в атмосфере в Южной Сибири и на Дальнем Востоке в 2 раза выше, чем на европейской территории страны. Получены данные о содержании сажи в воздушных бассейнах городов и сельской местности вдоль Транссибирской магистрали. Данные о содержании сажевого аэрозоля в разные сезоны года в воздушных бассейнах городов и сельской местности приведены в табл. 3.

Воздух в сельской местности был наиболее загрязнен сажей в осенний период 2005 г., когда в европейской части России происходили торфяные пожары, а в Азии была задымленность за счет горящей травы. На трассе Хабаровск–Москва весной 1997 г. в сельской местности было большое содержание сажи также из-за задымленности от горящей травы. Городская добавка сажи осенью составляла 4,7 мкг/м³ и была близка к зимней городской добавке 3,4 мкг/м³.

Таблица 2

Содержание сажи в атмосфере городов. С – средняя концентрация сажи

| Место измерения | Период измерения | С, мкг/м ³ | Ссылка |
|--|------------------------------------|-----------------------|--------|
| США 8 городов 26 городов г. Лос-Анджелес г. Нью-Йорк | 1975 г. | 5,0 | [7] |
| | 1982 г. | 3,8 | [8] |
| | 1959–1982 гг. | 6,4 | [9] |
| | 1978–1980 гг. | 4,2 | [10] |
| Франция 5 городов г. Париж | февраль–апрель 1985 г. | 4,6 | [11] |
| | февраль–апрель 1985 г. | 7,9 | [11] |
| | 1989 г. | 4,6 | [12] |
| Финляндия, г. Хельсинки | ноябрь 1996 г. – июнь 1997 г. | 1,4 | [13] |
| | 1987 г. | 4,8 | [14] |
| Словения, г. Любляна | сентябрь 1990 г. – февраль 1991 г. | 3,6 | [15] |
| Россия, г. Москва | 1985–1989 гг., 1997 г. | ≤10 | [16] |
| | 1989–2005 гг. | 5,1 | [17] |
| Россия, г. Томск, Академгородок | 1997–1998 гг. | 1,3 | [18] |
| Китай, г. Пекин | февраль 1983 г. – февраль 1984 г. | 27 | [19] |
| | 1996–1998 гг., ноябрь | 27,7 | [20] |
| | 2000–2004 гг., ноябрь | 17,5 | [20] |
| | июль 1999 г., август 2005 г. | 11,5 | [20] |

Таблица 3

Содержание сажевого аэрозоля вдоль Транссибирской магистрали в воздушных бассейнах городов (г.) и сельской местности (с/м). С – средняя концентрация сажи. М–Х – Москва–Хабаровск, М–В – Москва–Владивосток

| Регион | С, мкг/м ³ | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|-----|------|-----|----------------|-----|------|-----|---------------|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|-----|
| | 1998 г., зима | | | | 2005 г., осень | | | | 1999 г., лето | | | | 1997 г., весна | | | |
| | М–Х | | Х–М | | М–В | | В–М | | М–Х | | Х–М | | М–Х | | Х–М | |
| | г. | с/м | г. | с/м | г. | с/м | г. | с/м | г. | с/м | г. | с/м | г. | с/м | г. | с/м |
| Москва | – | – | – | – | – | 6,8 | 1,8 | 1,7 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Н.-Новгород | – | – | – | – | 11,8 | 5,0 | 5,6 | 2,6 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Вятка | 5,2 | 2,8 | 1,2 | 1,1 | 7,4 | 4,6 | 6,0 | 4,8 | – | 0,5 | 1,4 | 0,6 | 5,3 | 0,7 | 4,9 | 3,7 |
| Пермь | 1,0 | 0,4 | 1,9 | 0,7 | 7,5 | 3,9 | 11,5 | 4,3 | 1,0 | 0,5 | 0,8 | 0,4 | 1,5 | 0,4 | 1,3 | 1,0 |
| Екатеринбург | 3,2 | 1,4 | 2,3 | 1,2 | 10,5 | 3,6 | 13,3 | 6,8 | 1,0 | 0,5 | 1,3 | 0,4 | 1,3 | 1,0 | 2,4 | 2,0 |
| Курган | – | – | 2,7 | 1,5 | – | – | – | – | 1,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 3,7 | 1,5 | 4,6 | 2,8 |
| Тюмень | – | – | – | – | 7,7 | 4,0 | 24,1 | 4,2 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Омск | 1,5 | 1,5 | 3,0 | 1,4 | 4,1 | 2,8 | 6,1 | 2,8 | 0,9 | 0,3 | 1,3 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 2,6 | 1,8 |
| Новосибирск | 3,2 | 0,6 | 7,4 | 1,4 | 6,2 | 3,4 | 21,0 | 2,9 | 0,7 | 0,2 | 1,5 | 0,7 | 1,9 | 0,5 | 4,1 | 2,6 |
| Красноярск | 2,1 | 1,3 | 7,2 | 0,9 | 11,2 | 0,6 | 3,8 | 0,7 | 1,4 | 1,2 | 0,9 | 0,2 | 2,1 | 0,4 | 2,0 | 2,3 |
| Зима | 7,3 | 1,2 | 8,0 | 3,3 | 3,9 | 3,9 | 2,1 | 0,7 | 1,2 | 0,4 | 0,7 | 0,7 | 3,3 | 0,3 | 5,2 | 3,5 |
| Черемхово | 7,1 | 1,2 | 16,5 | 4,0 | 7,3 | 5,6 | 2,6 | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 2,0 | 0,7 | 2,4 | 0,3 | 8,2 | 5,3 |
| Иркутск | 5,6 | 1,8 | 7,7 | 0,6 | 20,2 | 1,4 | 16,1 | 0,7 | 4,7 | 0,7 | 3,5 | 0,1 | 1,8 | 0,8 | 7,1 | 3,3 |
| Улан-Удэ | 7,0 | 1,8 | – | 0,6 | 4,2 | 3,5 | 8,4 | 0,8 | 2,2 | 0,7 | 0,8 | 0,3 | 3,1 | 0,8 | 4,2 | 1,2 |
| Чита | 4,8 | 2,1 | 3,9 | 0,5 | 6,1 | 2,8 | 1,0 | 0,4 | 1,3 | 0,4 | 1,4 | 0,3 | 2,5 | 0,8 | 7,2 | 1,4 |
| Семиозерный | 7,7 | 1,5 | 1,1 | 0,8 | – | – | – | – | 0,9 | 0,5 | 1,2 | – | 0,9 | 0,8 | 0,5 | 0,5 |
| Могоча | – | – | – | – | 7,2 | 3,6 | 0,9 | 0,2 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Шимановская | 4,8 | 2,0 | 1,2 | 0,7 | 6,2 | 2,6 | 3,3 | 3,9 | – | 0,3 | 0,9 | 0,6 | 2,2 | 0,5 | 1,4 | 0,7 |
| Белогорск | 4,2 | 2,2 | 1,2 | 1,2 | 10,0 | 4,8 | 8,6 | 6,6 | – | – | 1,0 | 0,6 | 1,0 | 1,0 | 1,3 | 0,8 |
| Хабаровск | 7,7 | 2,5 | 2,7 | 2,2 | 12,8 | 2,3 | 14,9 | 5,3 | 0,7 | 0,3 | – | 1,0 | 3,0 | 1,3 | – | 0,7 |
| Спаск-Дальний | – | – | – | – | 1,7 | 1,3 | 2,4 | 1,4 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Владивосток | – | – | – | – | 8,1 | 3,1 | – | 3,4 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Среднее | 4,8 | 1,4 | 4,7 | 1,4 | 8,1 | 3,5 | 7,7 | 2,8 | 1,4 | 0,5 | 1,4 | 0,5 | 2,2 | 0,7 | 3,7 | 2,0 |

Летом и весной городская добавка была небольшой и равнялась 0,9 и 1,6 мкг/м³ соответственно. Очищающая способность атмосферы в этих случаях преимущественно связана с адвекцией холодного полярного воздуха.

Измерения сажевого аэрозоля в меридиональном направлении

Дополнительно к наблюдениям содержания сажи в атмосферном воздухе с помощью вагона-лабо-

ратории на Транссибирской железнодорожной магистрали, расположенной в пределах довольно узкой широтной зоны, проведены измерения концентрации сажи в меридиональном направлении (в Европе: Кисловодск – Мурманск, 43,91–68,96° с.ш. и в Азии: Томск – Сургут, 56,52–61,25° с.ш., измерения велись на борту катера на р. Обь).

Результаты измерений на трассе Москва–Мурманск–Кисловодск–Мурманск 6–9 апреля и 23–27 мая 2000 г. приведены на рис. 2.

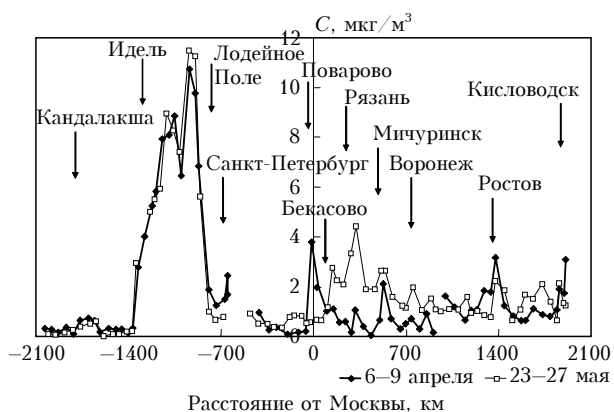


Рис. 2. Распределение массовой концентрации сажи вдоль железной дороги Мурманск–Кисловодск в апреле–мае 2000 г. (TROIKA-6)

Большие значения концентрации сажи в обоих направлениях движения поезда на участке Идель – Лодейное Поле были зарегистрированы при движении поезда на тепловозной тяге (при этом с целью уменьшения загрязнения воздушных коммуникаций вагон-лаборатория был прицеплен последним в составе поезда) и на порядок превышали средний уровень загрязнения атмосферы сажей на трассе Мурманск–Кисловодск.

Повышенное содержание сажи в атмосферном воздухе наблюдалось в городах и промышленных центрах. В городах на трассе Санкт-Петербург – Кисловодск вариации сажи отмечались в диапазоне $0,7\text{--}3,2\text{ мкг/м}^3$, в сельской местности – $0,1\text{--}0,3\text{ мкг/м}^3$, а на трассе Кисловодск – Санкт-Петербург соответственно $1,0\text{--}4,4$ и $0,5\text{--}0,8\text{ мкг/м}^3$. Среднее значение концентрации сажи на участке трассы севернее станции Идель ($64,14^\circ\text{ с. ш.}$) равно $0,3\text{ мкг/м}^3$, а максимальное не превышало $0,7\text{ мкг/м}^3$. Также низкими были средние значения концентрации сажи на участке трассы Бологое–Поварово: $0,2\text{ мкг/м}^3$ 6 апреля и $0,7\text{ мкг/м}^3$ 26 мая 2000 г.

Стационарные измерения в г. Кисловодске (санаторий «Пикет» и ул. Гагарина) и на Кисловодской высокогорной научной станции (КВНС) в апреле–мае 2000 г. показали, что после окончания отопительного сезона средняя концентрация сажи в г. Кисловодске равна $0,4\text{ мкг/м}^3$ и близка по величине к уровню содержания сажи в воздухе на КВНС [21].

На маршруте следования катера по р. Оби от Томска до Сургута, протяженностью 800 км, содержание сажи в воздухе 12–23 июля 1999 г. варьировало в диапазоне $0,1\text{--}0,5\text{ мкг/м}^3$, а среднее значение составляло $0,3\text{ мкг/м}^3$ и на первой, и на второй половине маршрута. Поскольку на маршруте катера по р. Оби мало крупных населенных пунктов (по возрастанию численности населения – Колпашево, Нижневартовск, Сургут и Томск) и отбор проб на сажу велся на расстоянии не менее 70 км от них, то полученное среднее значение концентрации сажи $0,3\text{ мкг/м}^3$ характеризует уровень загрязнения сажей воздуха сельских мест 12–23 июля 1999 г. Измерения концентрации сажи в экспедиции TROIKA, проведенные на трассе Новосибирск–Екатеринбург

11–12 июля 1999 г., дали значения $0,2\text{--}1,6\text{ мкг/м}^3$, среднее – $0,7\text{ мкг/м}^3$.

По данным Гидрометцентра России были построены для пунктов следования катера по р. Оби 12–23 июля 1999 г. обратные 5-суточные траектории переноса воздушных масс на уровне 925 гПа (приблизительно 700 м над у.м.). Хотя часть времени, когда отбирались аэрозольные пробы на сажу на р. Оби, перенос воздушных масс проходил над промышленными районами, заметного антропогенного влияния на уровень загрязнения атмосферы сажей не было обнаружено.

Шлейф загрязненного воздуха от города

Проведены измерения концентрации сажи на участке кольцевой железной дороги вокруг г. Москвы 7–8 апреля и 25 мая 2000 г. Ст. Поварово-3 находится на северо-западе от Москвы, а ст. Бекасово-сортировочная – на юго-западе. Направление ветра по данным Гидрометцентра России 7–8 апреля было юго-восточное, поэтому высокие значения концентрации сажи ($3,8$ и $2,0\text{ мкг/м}^3$, см. рис. 2), зарегистрированные в момент стоянки на ст. Поварово-3 и при движении поезда на северо-западном и западном участках кольцевой железной дороги (22:27–22:48 7 апреля и 0:24–0:41 8 апреля), свидетельствуют о наличии шлейфа загрязненного воздуха от г. Москвы. Измерения, проведенные на стационарном пункте ЗНС (Звенигородская научная станция ИФА РАН), расположенной на западе от Москвы в 500 м от кольцевой железной дороги, 7 апреля (9:24–12:00) и 8 апреля (9:24–14:45) дали значения концентрации сажи $1,3$ и $1,2\text{ мкг/м}^3$ соответственно. Поскольку эти значения существенно превышают фоновые для весеннего периода и свойственны загрязненному воздуху, то они также свидетельствуют о существовании в это время шлейфа загрязненного воздуха от Москвы.

Направление ветра 25 мая в момент нахождения поезда на кольцевой железной дороге от ст. Бекасово-сортировочная до ст. Поварово-3, по данным Гидрометцентра России, было западное (9:54–12:50) и вследствие этого шлейф загрязненного воздуха от Москвы распространялся на восток, поэтому концентрации сажи, наблюдаемые нами, оказались низкими ($0,7$ и $0,6\text{ мкг/м}^3$).

Сопоставление результатов измерения содержания сажи в воздухе городов на постах ОГСНКА и в экспедициях TROIKA

Измерения содержания сажи в атмосфере городов России с 1972 г. регулярно осуществляются на сети мониторинга качества воздуха Общегосударственной службой наблюдений и контроля за загрязнением атмосферы (ОГСНКА). В 1998 г. наблюдения велись в 35 городах на 74 станциях [5]. Определение концентрации сажи в воздухе проводилось по методике, изложенной в [6]. Среднесуточное значение концентрации сажи, полученное по данным всех

постов, составляло 50 мкг/м^3 , среднее разовое — 596 мкг/м^3 . В России установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) сажи: среднесуточные — 50 мкг/м^3 , разовые (20 мин) — 150 мкг/м^3 . По данным сетевых измерений, средние за год значения выше 1 ПДК в 1998 г. наблюдались в 11 городах (в том числе в Кургане и Омске). Наибольшие разовые значения концентрации сажи в Барнауле достигают 10 ПДК, в Новосибирске — 9 ПДК. Существование такого высокого уровня загрязнения сажей воздуха в городах России сомнительно. Сравнение значений концентрации сажи (см. табл. 1, 2), полученных с использованием методики сбора аэрозольных проб на кварцевые волоконные фильтры с последующим измерением поглощения света аэрозольными пробами, и данных сети мониторинга качества воздуха ОГСНКА полуколичественного определения массовой концентрации сажи в атмосферном воздухе путем сопоставления степени почернения фильтра со шкалой из суспензии чистой сажи, показало, что последние примерно *на порядок выше*.

В США используются оба метода определения концентрации сажи, которые дают одинаковые значения, при этом масса сажи на единицу площади эталона на порядок меньше (используется только линейный участок зависимости массы сажи и почернения фильтра), чем в эталоне России для определения концентрации сажи.

Заключение

По результатам измерений концентрации сажи в экспедициях TROICA можно сделать следующие выводы:

1. Уровень загрязнения сажей атмосферы городов России сравним с уровнем загрязнения промышленно развитых стран Западной Европы и США, но существенно ниже, чем в Пекине.

2. Для сельских мест вдоль Транссибирской магистрали значения концентрации сажи самыми низкими были летом 1999 г. и варьировали от $0,1$ до $1,0 \text{ мкг/м}^3$, а самыми высокими — осенью 2005 г. ($0,6$ – $5,6 \text{ мкг/м}^3$) за счет дыма торфяных пожаров в европейской части России и горящей травы вдоль азиатской части трассы железной дороги.

3. Уровень загрязнения сажей воздуха для сельских мест от Томска до Сургута в июле 1999 г. и для Кольского полуострова в апреле–мае 2000 г. равнялся $0,3 \text{ мкг/м}^3$. Содержание сажи в воздухе для района Кавказских Минеральных Вод в сельской местности в апреле–мае 2000 г. составляло $0,4 \text{ мкг/м}^3$.

4. На участке кольцевой железной дороги вокруг г. Москвы 7–8 апреля 2000 г. зарегистрирован шлейф загрязненного сажей воздуха от г. Москвы.

5. Из сопоставления результатов измерения содержания сажи в населенных пунктах, полученных на постах сети мониторинга качества воздуха ОГСНКА с использованием методики [6], в которой применяется шкала массы сажи, и данных экспедиций TROICA следует, что значения концентрации сажи сетевых данных ОГСНКА нужно скорректировать, уменьшив их приблизительно в 10 раз. Назрела

необходимость создания новой шкалы массы сажи для измерения содержания сажи в воздухе.

Работа выполнена при поддержке Международного научно-технического центра, проекты № 2070 и 2773.

1. Голицын Г.С. Состав атмосферы и климат // Вестн. РАН. 1997. Т. 67. № 2. С. 105–116.
2. Aselman I., Crutzen P.J. Global distribution of natural freshwater wetlands and rice paddies, their net primary productivity, seasonality and possible methane emissions // Atmos. Chem. 1989. V. 8. N 3. P. 307–358.
3. Matthews E., Fung I. Methane emissions from natural wetlands. Global distribution. Area and environmental characteristics of sources // Global Biogeochem. Cycle. 1987. V. 1. N 1. P. 61–86.
4. Makagawa T., Sugawara S., Inoue G., Machida T., Makshutov S., Mukai H. Aircraft measurements of the concentrations of CO_2 in the troposphere over Russia // Geophys. Res. 1997. V. 102. N 3. P. 3843–3859.
5. Ежегодник «Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России в 1998». СПб.: Гидрометеопиздат, 1999. 174 с.
6. Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-89. М.: Производств.-техн. изд. 1991. 657 с.
7. Shah J.J., Johnson R.L., Heyerdahl E.K., Huntzicker J.J. Carbonaceous Aerosol at Urban and Rural Sites in the United States // J. Air. Pollut. Control. Assoc. 1986. V. 63. N 3. P. 254–257.
8. Shah J.J., Johnson R.L., Heyerdahl E.K., Huntzicker J.J. Carbonaceous Aerosol at Urban and Rural Sites in the United States // 75th Annual Meeting Air Pollution Control Association. New-Orleans, Louisiana, 20–25 June. 1982. P. 163–169.
9. Cass G.R., Conklin M.H., Shah J.J., Huntzicker J.J., Macios E.S. Elemental carbon concentration: estimation of an historical data base // Atmos. Environ. 1984. V. 18. N 1. P. 153–162.
10. Novakov T., Wolff G.I., Klimisch R.L., eds. Soot in the Atmosphere // Plenum. Press. NY, 1982. P. 19–41.
11. Del Delumyea R., Kalivretenos A. Elemental carbon and Lead content of fine Particles from American and French cities of comparable size and Industry // Atmos. Environ. 1987. V. 21. N 7. P. 1643–1647.
12. Bremond M.P., Cachier H., Buat-Menard P. Particulate carbon in the Paris region atmosphere // Environ. Technol. Lett. 1989. N 10. P. 339–346.
13. Pakkanen T.A., Kermänen V.M., Ojanen C.H., Hillamo R.E., Aarnio P., Kostentalo T. Atmospheric black carbon in Helsinki // Atmos. Environ. 2000. V. 34. N 7. P. 1497–1506.
14. Kulmala V.P. Soot in Helsinki // Internal Report. University of Helsinki. Department of Physics. 1987.
15. Bizjak M., Cirgler R., Hansen A.D.A., Hudnik V. Diurnal concentrations of black carbon and some other air pollutants in Ljubljana, Slovenia // Atmos. Environ. 1993. V. 27A. N 8. P. 1347–1350.
16. Осипов Ю.С., Горелова Л.П., Черняева В.И. Мониторинг состояния загрязнения природной среды г. Москвы. Метеорология климатология в СССР. Московск. филиал геогр. общества СССР. М., 1991. С. 17–25.
17. Копейкин В.М. Сажевый аэрозоль в атмосфере города Москвы // Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана. 1998. Т. 34. № 1. С. 104–110.
18. Козлов В.С., Панченко М.В., Якушева Е.П. Исследование межсезонной изменчивости содержания сажи в приземном слое воздуха по измерениям на аэрозольной станции ИОА в 1998 г.: Тезисы докл. // Аэрозоли

- Сибири. V Рабочая группа. 1998. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 1998. С. 73–74.
19. *Dod R.L., Graube R.D., Novakov T.* Sulfate and Carbonaceous Aerosols in Beijing, China // *Atmos. Environ.* 1989. V. 20. N 11. P. 2271–2275.
20. *Ван Ген Чен, Гречко Е.И., Емиленко А.С., Копейкин В.М., Фокеева Е.В.* Результаты совместных измерений окиси углерода в толще атмосферы и субмикронного аэрозоля в приземном слое в Пекине // *Оптика атмосф. и океана.* 2003. Т. 16. № 1. С. 45–51.
21. *Копейкин В.М., Дьячков А.Ф.* Наблюдение сажевого загрязнения атмосферы г. Кисловодска // *Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов: Сб. докл. 2-я Междунар. конф. Кисловодск, 8–14 октября, 2000.* С. 87–91.

V.M. Kopeikin. Monitoring of the Soot Aerosol of the Atmosphere over Russia in the TROICA International Experiments.

The results of measurements of the soot aerosol concentration by means of the mobile car-laboratory during seven TROICA (Trans-Siberian Observations Into the Chemistry of the Atmosphere) routs along the Trans-Siberian main line in all seasons and along the rout Murmansk–Kislovodsk–Murmansk in spring and summer period are presented. The level of soot pollution in the air of cities in Russia is comparable with that in industrially developed countries of West Europe and USA, but substantially lower than in Beijing. The lowest values of the soot concentration in rural sites were observed in summer of 1999 ($0.1\text{--}1.0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$), and the highest, caused by the smokes of peatbog fires in the European part Russia and grass burning along the Asian part of the line, in fall of 2005 ($0.6\text{--}5.6\ \mu\text{g}/\text{m}^3$). Measurements at the circular railroad around Moscow were carried out. A plume of the soot polluted air from Moscow was recorded on April 7 and 8, 2000.