

УДК 551.510.41

## ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ СО В АТМОСФЕРЕ ВБЛИЗИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

© 2011 г. М. В. Макарова, А. В. Поберовский, С. И. Осипов

*Санкт-Петербургский государственный университет  
198504, Санкт-Петербург, Петергоф, Ульяновская ул., 1  
E-mail: zaits@troll.phys.spbu.ru; pober@troll.phys.spbu.ru*

Поступила в редакцию 02.06.2010 г., после доработки 13.10.2010 г.

Анализируются данные измерений общих содержаний окиси углерода (СО) в атмосфере в районе Санкт-Петербурга (59.88° N, 29.83° E, 20 м над ур. моря) в период с 1995 по 2009 гг. Средний годовой ход за весь период измерений имеет максимум в феврале–марте и минимум в июле при амплитуде ~20%. При отсутствии мощных лесных пожаров на европейской части РФ и в Сибири, годовой минимум общего содержания СО обычно фиксируется в августе–сентябре. В 1995–2009 гг. для зимнего времени (ноябрь–январь) наблюдается уменьшение значений общего содержания СО с постепенным смещением максимума годового хода с января (1995–1999 гг.) на февраль (2000–2004 гг.) и март (2005–2009 гг.). Значения общего содержания СО, зарегистрированные в январе–феврале 2009 г., ниже средних многолетних на ~20%. Оценки линейного тренда для максимальных, минимальных и средних значений за период 1996–2009 гг., показали отсутствие статистически значимых долговременных изменений общего содержания СО. Спектральный анализ данных показал, что с достоверностью 80% выделяются спектральные компоненты с периодами 12, 14, 17, 24, 46 месяцев. Показано, что нерегулярная составляющая ряда значений общего содержания СО (рассчитанная для периода с мая по сентябрь) хорошо согласуется с данными по площадям лесных пожаров и объему сгоревшего леса, к “фоновым” годам с наименьшим количеством лесных пожаров можно отнести 1999, 2001, 2005, 2007 и 2009 гг.

**Ключевые слова:** спектроскопические измерения, газовый состав, атмосфера, окись углерода.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Окись углерода (СО) является одной из важнейших газовых компонент, контролирующей окислительную способность тропосферы (посредством реакции с ОН). СО является показателем антропогенной загрязненности воздуха и оказывает влияние на концентрацию озона в тропосфере [1]. В связи с важной ролью, которую играет окись углерода в тропосферной химии, исследование СО продолжает оставаться актуальной задачей. Осуществляются спутниковые программы MORITT [2], SCIAMACHY [3] и др., в которых сделан особый акцент на измерениях содержания СО в тропосфере. Продолжаются измерения СО на международных сетях наземных станций: NOAA [4] и NDACC [5]. Сеть NOAA проводит локальные газохроматографические измерения приземных концентраций различных газов, в том числе и СО. Сеть NDACC (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change) с 1991 г. осуществляет измерения характеристик аэрозольного и газового состава в стратосфере и тропосфере. При этом для восстановления общего содержания и элементов вертикального распределения концентрации СО на сети станций NDACC исполь-

зуются спектры высокого разрешения, регистрируемые Фурье-спектрометрами. На территории России спектроскопические измерения общего содержания СО в атмосфере ведутся в ИФА РАН [6], НИИФ физического факультета СПбГУ [7] и ИЭМ [8]. В 2009 г. в НИИФ физического факультета СПбГУ начаты измерения газового состава атмосферы при помощи Фурье-спектрометра высокого разрешения [9]. Осуществляется программа комплексного исследования газового и аэрозольного состава атмосферы при помощи передвижной обсерватории ТРОЙКА (Транспортируемая обсерватория для исследования и контроля атмосферы) [10]. Экспериментальная информация используется для анализа пространственно-временной изменчивости СО в атмосфере, а также в той или иной мере усваивается атмосферными моделями различного пространственного масштаба и разрешения. Совместный анализ экспериментальных данных и результатов моделирования позволяет выявить наиболее значимые факторы, определяющие изменчивость окиси углерода в атмосфере, а также оценить достоверность транспортно-фотохимических моделей и их прогнозов.

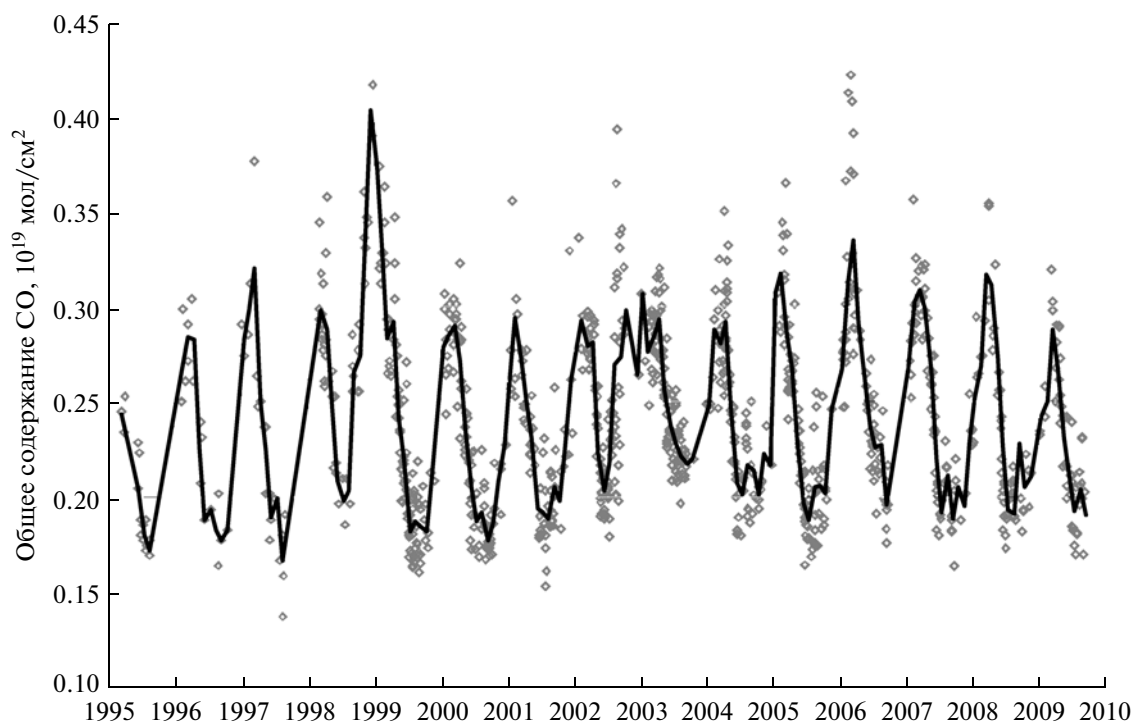


Рис. 1. Среднедневные значения общего содержания CO в районе Санкт-Петербурга (серые ромбы) и ход среднемесячных значений общего содержания CO (черная кривая).

## 2. АППАРАТУРА И МЕТОДИКА ИНТЕРПРЕТАЦИИ

Вблизи Санкт-Петербурга (Ст. Петергоф,  $59.88^{\circ}$  N,  $29.83^{\circ}$  E, 20 м над ур. моря) с 1995 г. проводятся измерения спектров прямого ИК солнечного излучения в полосе поглощения CO (4.7 мкм). Спектры в интервале  $2140\text{--}2180\text{ см}^{-1}$  регистрируются с разрешением  $\sim 0.4\text{--}0.6\text{ см}^{-1}$  при помощи дифракционного спектрометра с фотоэлектрической системой наведения на Солнце. При определении общего содержания CO (ОС СО) в атмосфере по спектрам прямого солнечного излучения применяется метод статистической регуляризации. Подробное описание аппаратуры и методики интерпретации спектров содержится в работе [7].

## 3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЯДА ОС СО

Результаты измерений ОС окиси углерода включают в себя около 1000 среднедневных значений величины ОС СО. Эти данные представлены на рис. 1, там же приведен ход среднемесячных значений общего содержания СО. Особенностью спектроскопических измерений является их зависимость от погодных условий (необходимо чистое небо или достаточные для проведения наблюдений разрывы облачности) и длительности светового дня. Это приводит к существенному сокращению количества измерений в осенне-зимний

период, что видно на рис. 1. Среднедневное значение ОС СО вычислялось как средневзвешенное значений единичных измерений ОС СО в течение дня. В качестве веса отдельного измерения использовалась величина, обратно пропорциональная значению среднеквадратического рассогласования между измеренным и рассчитанным спектрами солнечного излучения. Эта величина является объективной оценкой качества решения обратной задачи по определению ОС газа. Случайная погрешность единичного измерения общего содержания окиси углерода составляет 4–6% [7]. Погрешность среднедневного значения ОС СО обычно составляет 1–3% и зависит от метеоусловий и количества зарегистрированных спектров.

В табл. 1 приведены для всего периода измерений: экстремальные (максимальное  $w_{\max}$  и минимальное  $w_{\min}$ ) значения ОС СО, среднее значение ( $w_{\text{avr}}$ ), медиана ( $w_{\text{med}}$ ), среднеквадратическое отклонение ( $\sigma$ ), коэффициенты асимметрии  $\mu_a$  и эксцесса  $\mu_e$ . По результатам измерений (1995–2009 г.) вблизи Санкт-Петербурга минимальное среднедневное значение общего содержания СО наблюдалось в августе 1997 г., максимальное — в августе 2002 г. (лесные пожары). Если отбросить экстремальные максимальные значения, полученные при измерениях в шлейфах лесных пожаров летом 2002 г., то наибольшее значение ОС СО

**Таблица 1.** Статистические характеристики ряда ОС СО за период 1995–2009 гг.

$10^{19} w_{\max}$ , мол/см <sup>2</sup>	$10^{19} w_{\min}$ , мол/см <sup>2</sup>	$10^{19} w_{\text{avr}}$ , мол/см <sup>2</sup>	$10^{19} w_{\text{med}}$ , мол/см <sup>2</sup>	$10^{19} \sigma$ , мол/см <sup>2</sup>	ма	ме
0.629	0.137	0.241	0.234	0.05	1.	3.4

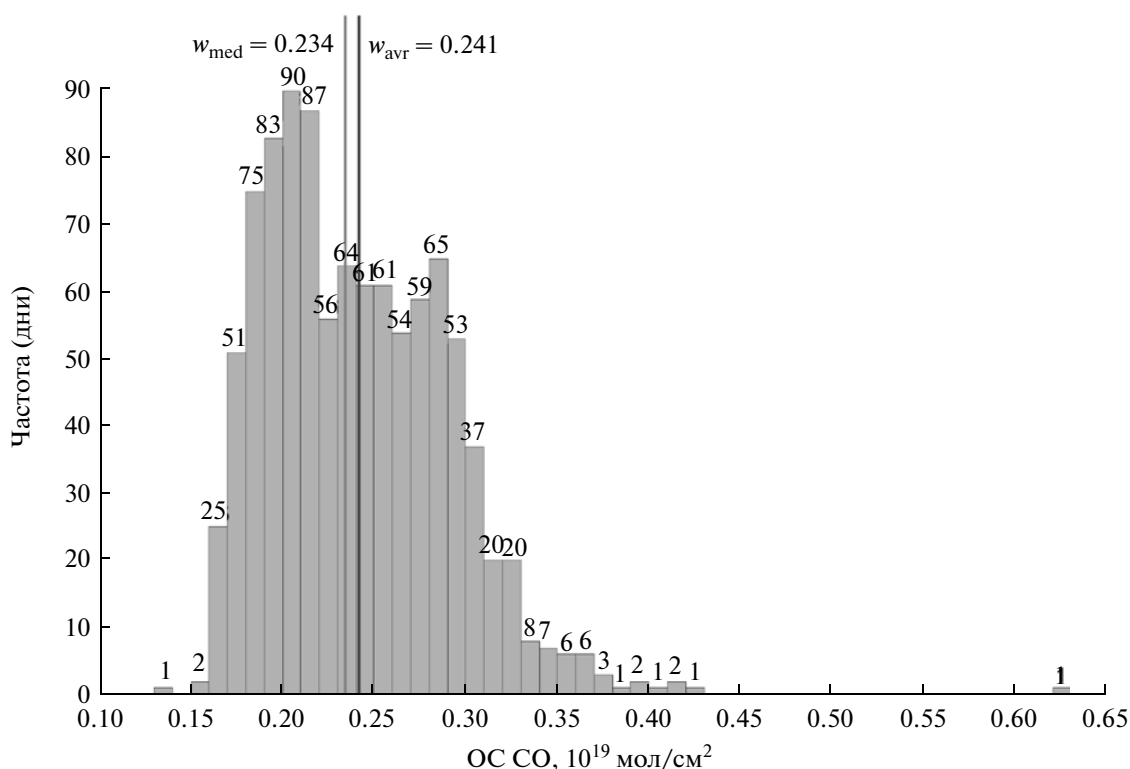
для 1995–2009 гг., зарегистрированное в марте 2006 г., составит  $0.422 \times 10^{19}$  мол/см<sup>2</sup>.

Гистограмма частоты повторяемости значений ОС СО для 1995–2009 гг., приведенная на рис. 2, иллюстрирует статистические характеристики ряда (экстремальные значения ОС СО, зарегистрированные в периоды лесных пожаров, также использовались при расчетах статистических характеристик ряда). Значения величин  $w_{\text{med}}$  и  $w_{\text{avr}}$ , отмеченные на рисунках вертикальными линиями, близки. На гистограмме визуально обнаруживаются проявления полимодальности, что связано с уже отмеченными особенностями спектроскопических измерений (весь ряд можно разбить на сезоны, а затем строить распределение для каждого сезона, избежав таким образом проявления полимодальности). Более частые летние измерения приводят к пику распределения в области пониженных значений, поскольку значения ОС СО в летний период достигают своего минимума. Положительный коэффициент асимметрии указывает на отклонение распределений, представленных

на рис. 2, в сторону больших значений: шлейф в области больших значений ОС СО – различного рода возмущения от источников. Положительное значение  $\mu_e$  свидетельствует о более остроконечном, чем нормальное, распределении.

#### 4. ГОДОВОЙ ХОД ОС СО

Совокупность периодических, долговременных, а также нерегулярных вариаций определяет временную изменчивость ряда значений ОС СО. Наиболее сильно выраженный периодический двенадцатимесячный компонент в основном определяет наблюдаемый годовой ход ОС СО. Он хорошо виден на рис. 1, где сплошная кривая – среднемесячные значения ОС СО. Для более детальной характеристики сезонных изменений ОС СО вблизи Санкт-Петербурга приведен рис. 3, демонстрирующий средний годовой ход для четырех периодов: 1995–1999 гг., 2000–2004 гг., 2005–2009 гг. и 1995–2009 гг. Средний годовой ход за весь период измерений имеет максимум в феврале–марте и



**Рис. 2.** Гистограмма частоты повторяемости значений ОС СО для 1995–2009 гг.

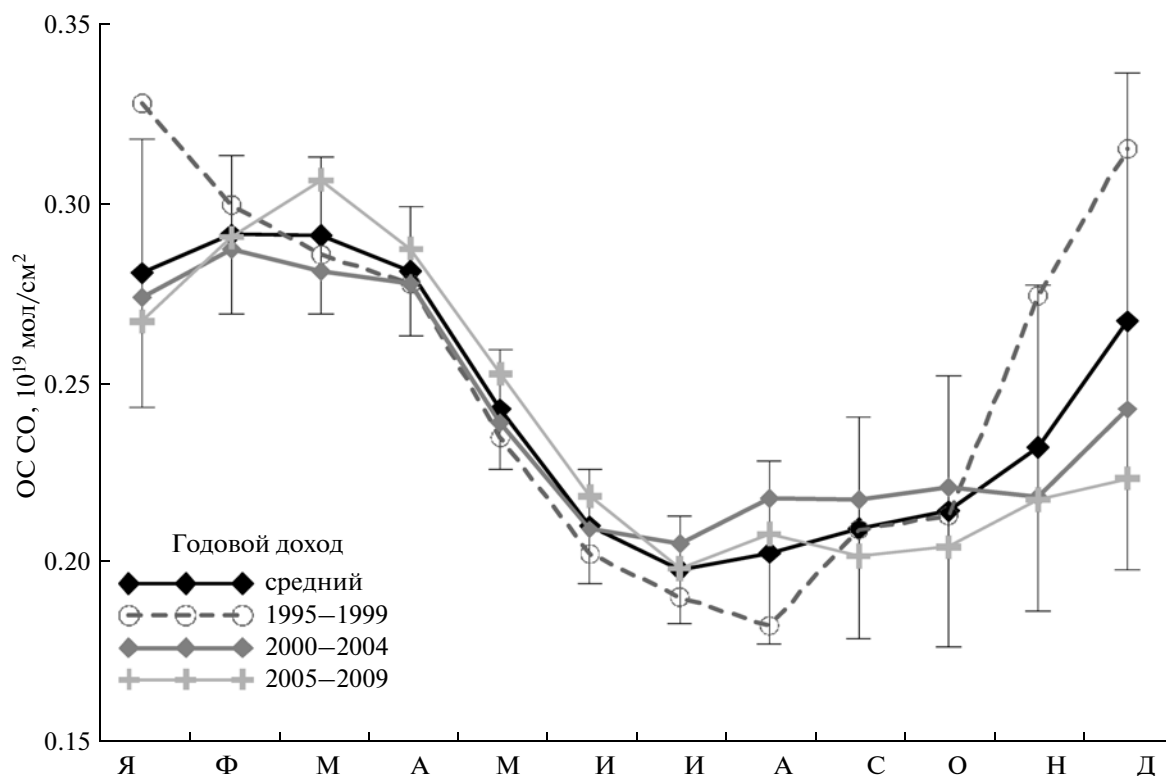


Рис. 3. Средний годовой ход для трех периодов: 1995–2005 гг., 1995–2007 гг., 1995–2009 гг.

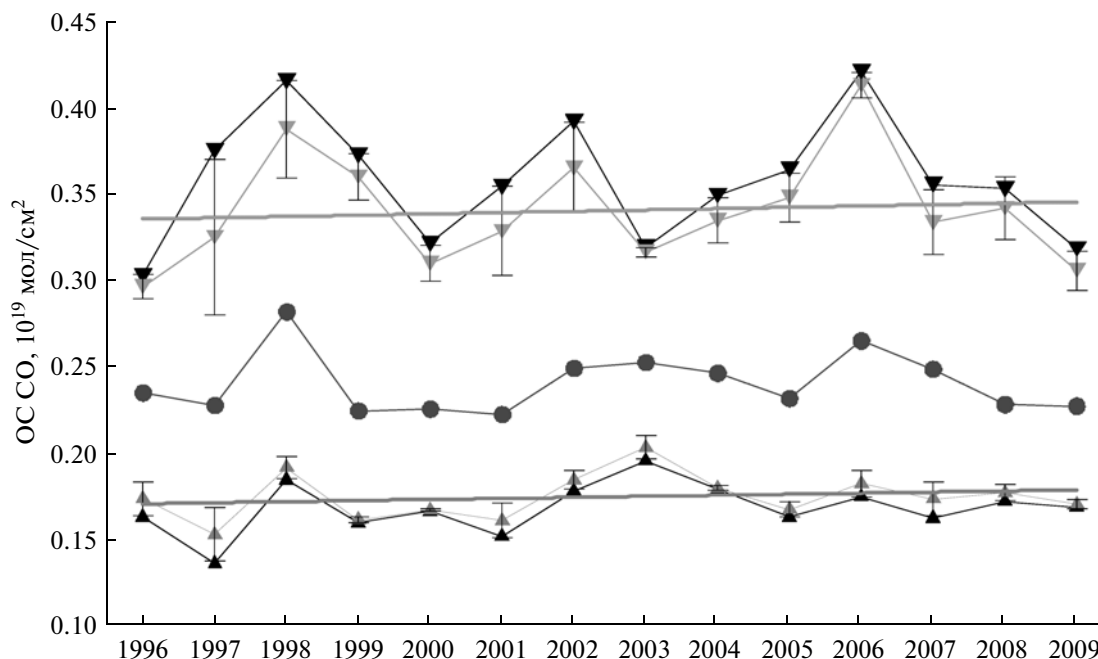
минимум в июле при амплитуде  $\sim 20\%$ . При отсутствии мощных лесных пожаров на европейской части РФ и в Сибири, годовой минимум ОС СО смещается на август–сентябрь, что наблюдалось, например, в 2000 г. Рисунок 3 дает представление о наиболее заметных изменениях в характере годового хода, имевших место за 1995–2009 гг. Вертикальные линии на рис. 3 (СКО), характеризуют изменчивость среднемесячных значений за весь период измерений (1995–2009 гг.) и наряду с годовыми ходами за 1995–1999 гг., 2000–2004 гг. и 2005–2009 гг. показывают месяцы, когда происходили существенные изменения. Наибольшую стабильность для различных лет измерений демонстрируют среднемесячные значения ОС СО для апреля, мая, июня и июля. В ноябре–январе (см. рис. 3) прослеживается тенденция к уменьшению значений ОС СО с постепенным смещением максимума годового хода с января (1995–1999 гг.) на февраль (2000–2004 гг.) и март (2005–2009 гг.). Эти особенности четко выражены для периода с осени 2008 до весны 2009 г., когда мартовский максимум ОС СО был очень резким при предшествующих ему низких значениях общего содержания СО с ноября 2008 г. по февраль 2009 г. Разница значений ОС СО для января–февраля 2009 г. по сравнению со средними многолетними составляла  $\sim 20\%$ , при этом весенние и летние значения СО в 2009 г. находились в хорошем согласии со средним

годовым ходом. В качестве причины такого резкого уменьшения значений ОС СО зимой 2009 г. можно предположить глобальный экономический кризис, приведший к уменьшению потребления ископаемого топлива (что отразилось на антропогенных выбросах СО в атмосферу).

Наблюдающиеся изменения в характере годового хода могут быть связаны с уменьшением потребления ископаемого топлива при отоплении зданий (постепенное потепление климата), со сменой парка автотранспорта и введением новых стандартов по выбросам загрязняющих веществ автотранспортом.

## 5. ДОЛГОВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОС СО

При анализе долговременных изменений ОС СО вблизи Санкт-Петербурга были использованы экстремальные и средние значения ОС СО для каждого года измерений с 1996 по 2009 г. (см. рис. 4). 1995 год опущен, поскольку измерения велись только с марта по август. Самая верхняя кривая – абсолютные максимумы ОС СО (max), зарегистрированные для конкретного года, чуть ниже – значения, полученные осреднением трех наиболее высоких годовых значений ОС СО (max<sub>3</sub>). Отметим, что значения 6 сентября 2002 г., зарегистрированные в шлейфе лесных пожаров,



**Рис. 4.** Максимальные, средние и минимальные годовые значения ОС СО в период с 1996 по 2009 гг. (на верхнем графике – максимумы ОС СО max и max<sub>3</sub>, средний график – среднегодовые значения ОС СО avg, нижний график – минимумы ОС СО min и min<sub>3</sub>).

не использовались. Аналогично построены две нижние кривые, которые отражают поведение минимальных значений ОС СО (min и min<sub>3</sub>) для различных лет измерений. Среднегодовые значения ОС СО (avg) представлены, соответственно, на среднем графике. При оценке величин линейного тренда за период 1996–2009 гг. были использованы значения max<sub>3</sub> и min<sub>3</sub>, поскольку они более достоверно (меньше вероятность использования ошибочного значения, промаха) отражают уровни максимальных и минимальных значений ОС СО. Видно, что для экстремальных значений max<sub>3</sub> и min<sub>3</sub> (границ “коридора”, где лежат все значения ОС СО) наблюдался незначительный рост. Минимальные значения при этом характеризуют тенденции, имеющие место для фоновых значений ОС СО (наблюдающихся преимущественно в летнее время); максимальные – для условий накопления СО в атмосфере в холодное время года (когда велико влияние интенсивных антропогенных источников при относительно медленном разрушении СО). Значения линейного тренда и погрешности его определения для max<sub>3</sub>, min<sub>3</sub> и avg составили  $(0.2 \pm 1.2)\%/год$ ,  $(0.4 \pm 0.8)\%/год$  и  $(0.0 \pm 2.0)\%/год$ , что свидетельствует об отсутствии статистически значимых долговременных изменений ОС СО. Отметим, что на рис. 4 для максимальных значений прослеживается четырехлетняя периодичность с амплитудой ~10–12%, выразившаяся пиками в 1998, 2002 и 2006 гг. Для

минимальных значений ОС (рис. 4) визуальное данной зависимости не отмечается.

### 6. СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОС СО

Спектральный анализ ОС СО проводился для ряда среднемесячных значений за период наблюдений 1995–2009 гг. Данные для каждого месяца были получены путем усреднения среднедневных значений. При этом был использован алгоритм модифицированного классического Фурье-анализа, который используется для исследования временных рядов, содержащих неравномерно расположенные пропуски [11]. Результаты приведены в табл. 2, общий вид периодограммы ряда среднемесячных значений ОС СО (Санкт-Петербург) – на рис. 5. С достоверностью 80% были выделены следующие спектральные компоненты: 12, 14, 17, 24, 46 месяцев, с достоверностью 95% –

**Таблица 2.** Основные результаты спектрального анализа ОС СО

Период, мес.	Амплитуда, % ( $10^{19}$ мол/см <sup>2</sup> )
12	22 (0.053)
14	6 (0.015)
17	6 (0.014)
24	6 (0.015)
46	8 (0.019)

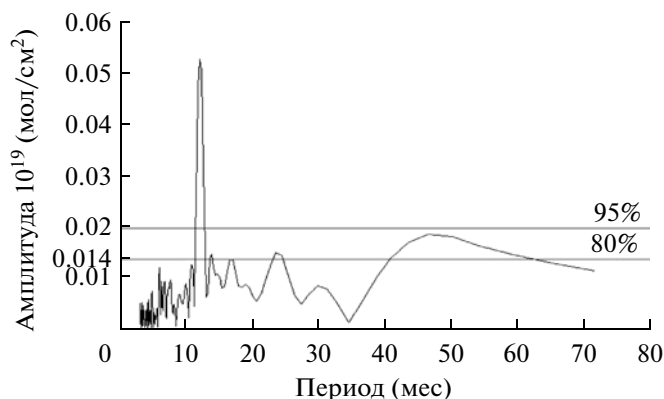


Рис. 5. Общий вид периодограммы ряда среднемесячных значений ОС СО.

одна гармоника с периодом 12 месяцев. Наиболее интенсивной является годовая гармоника ОС СО, ее амплитуда составляет ~22% от среднего многолетнего значения ОС СО. В метеорологических рядах, а также в рядах ОС малых газовых составляющих атмосферы наблюдаются не только годовые периодические составляющие, но также целый ряд других гармоник с периодами 8, 13–15, 18 месяцев, а также квазидвухлетние, трех-четырёхлет-

ние, квазипятилетние (и т.д.) колебания [12]. Таким образом, колебание с периодом 24 месяца можно классифицировать как квазидвухлетние осцилляции, а 46-ти месячную периодику – как квазичетырёхлетние. Долгопериодные квазичетырёхлетние колебания (46 месяцев или 3.8 года), амплитуда которых составляет 8% (вторые по амплитуде после годового хода), хорошо видны на рис. 4. Как уже отмечалось выше (при анализе долговременных изменений ОС СО), эта периодика четко проявилась в ряду максимальных годовых значений ОС СО с близкой по значению амплитудой 10–12%.

## 7. АНАЛИЗ НЕРЕГУЛЯРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ РЯДА ОС СО

Исключим из ряда ОС СО средний годовой ход (долговременный тренд не выявлен в нашем случае) путем деления среднемесячных значений ОС СО на соответствующие этому месяцу значения среднего годового хода. Полученная величина ( $an_{CO}$ ), характеризующая нерегулярные изменения ОС СО (см. рис. 6), зависит от вариаций интенсивности источников СО [13]. Известно, что основными источниками СО в атмосфере являются: антропогенные выбросы при сгорании иско-

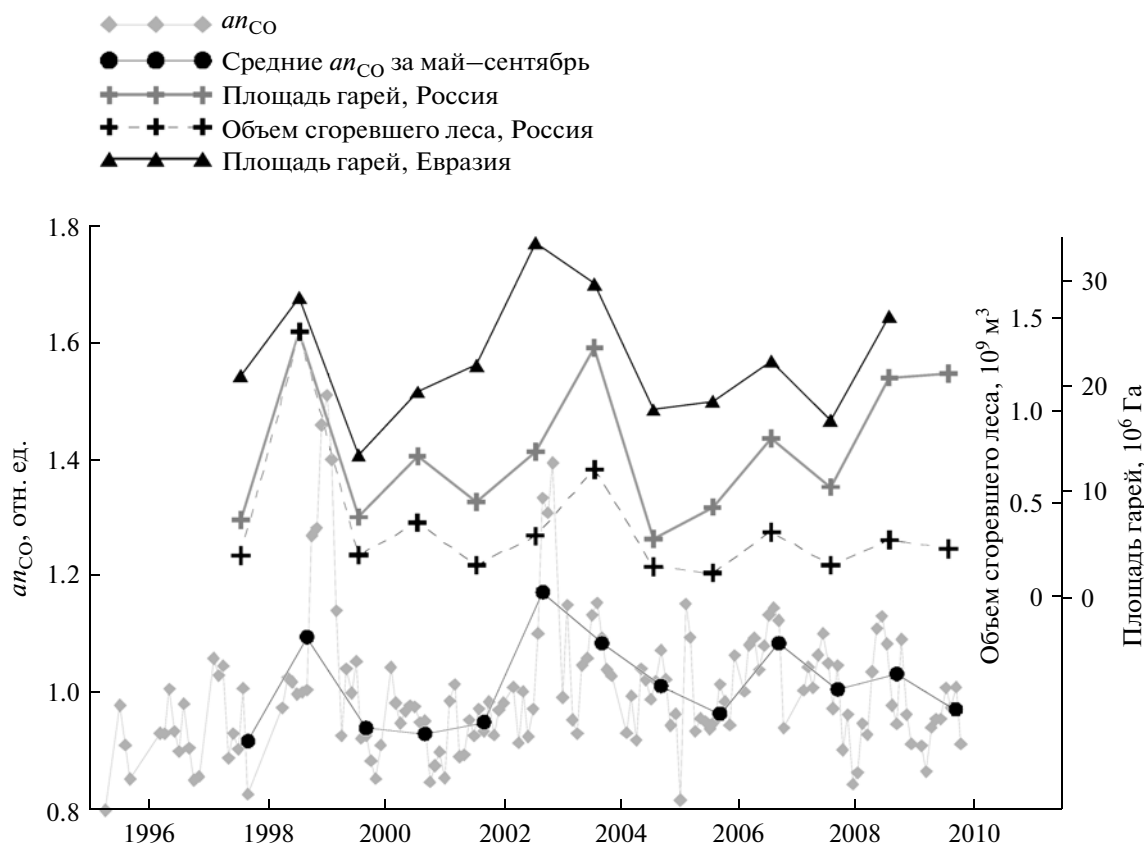


Рис. 6. Значения  $an_{CO}$ , площадей гарей (Россия и Евразия), объема сгоревшего леса (Россия).

паемого топлива, окисление атмосферного метана и углеводородов, лесные пожары. Интенсивности первых двух источников не претерпевают существенных изменений от года к году [1, 13, 14]. Лесные пожары являются одним из самых изменчивых источников СО: вклад лесных пожаров в общий глобальный бюджет СО для разных лет может отличаться в два раза [13, 14]. Максимальное количество СО при лесных пожарах выделяется в атмосферу в период конца весны—начала осени (Северное полушарие), в это время интенсивность антропогенных источников минимальна. В масштабах полушария периоды максимальных эмиссий от этих двух типов источников разнесены по времени примерно на полгода. На рис. 6 приведены среднее значение  $an_{CO}$  за май—сентябрь, площади гарей для России [15] и Евразии [16], объем сгоревшего леса для России [15]. Хорошо видно качественное согласие этих четырех кривых. Отметим, однако, что данные по лесным пожарам для территории России не показывают максимума в 2002 г., который проявился в средних значениях  $an_{CO}$ . Наиболее вероятно, что в этом случае имело место влияние мощных лесных пожаров в юго-восточной Азии (за пределами России), усиленное пожарами регионального масштаба [15–17]. В августе—сентябре 2002 г. очаги лесных пожаров в Ленинградской, Псковской, Новгородской, Московской областях были расположены таким образом, что большое количество измерений ОС СО проводилось сквозь шлейфы лесных пожаров [17]. Видно, что значения  $an_{CO}$  и площади лесных пожаров хорошо согласуются между собой (мы не приводим значения коэффициентов корреляции в силу небольшого количества данных), однако, на наш взгляд, корректней сравнивать  $an_{CO}$  с объемом сгоревшего леса.

## 8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализированы данные наземных спектроскопических измерений общего содержания СО в атмосфере вблизи Санкт-Петербурга в течение 1995–2009 гг. Результаты показали:

1. Наибольшее значение ОС СО для 1995–2009 гг. зарегистрировано в марте 2006 г., (если отбросить экстремальные максимальные значения, полученные при измерениях в шлейфах лесных пожаров летом 2002 г.) и составило  $0.422 \times 10^{19}$  мол/см<sup>2</sup>. Минимальное значение  $0.137 \times 10^{19}$  мол/см<sup>2</sup> наблюдалось в августе 1997 г.
2. Средний годовой ход за весь период измерений имеет максимум в феврале—марте и минимум в июле при амплитуде ~20%. При отсутствии мощных лесных пожаров на европейской части РФ и в Сибири, годовой минимум ОС СО смещается на август—сентябрь. Средний годовой ход для четырех периодов: 1995–1999, 2000–2004, 2005–2009 и

1995–2009 гг. показывает наибольшую стабильность среднемесячных значений ОС СО для апреля, мая, июня и июля.

3. В ноябре—январе прослеживается тенденция к уменьшению значений ОС СО с постепенным смещением максимума годового хода с января (1995–1999 гг.) на февраль (2000–2004 гг.) и март (2005–2009 гг.). Наблюдающиеся изменения в характере годового хода могут быть связаны с уменьшением потребления ископаемого топлива при отоплении зданий (постепенное потепление климата), со сменой парка автотранспорта и введением новых стандартов по выбросам загрязняющих веществ автотранспортом.

4. Значения ОС СО в январе—феврале 2009 г. были ниже средних многолетних на ~20%, при этом весенние и летние значения ОС СО в 2009 г. находились в хорошем согласии со средним годовым ходом.

5. Оценки линейного тренда ОС СО за период 1996–2009 гг. показали, что для значений  $max_3$ ,  $min_3$  и  $avg$  ОС СО они составили  $(0.2 \pm 1.2)\%/год$ ,  $(0.4 \pm 0.8)\%/год$  и  $(0.0 \pm 2.0)\%/год$ , что свидетельствует об отсутствии статистически значимых долговременных изменений ОС СО.

6. Спектральный анализ наземных измерений ОС СО показал, что с достоверностью 80% выделяются спектральные компоненты с периодами 12, 14, 17, 24, 46 месяцев. Наиболее достоверной (95%) и интенсивной является годовая гармоника ОС СО, ее амплитуда составляет ~22% от среднего многолетнего значения ОС СО. Долгопериодные квази-четырёхлетние колебания ОС СО (46 месяцев или 3.8 года) имеют вторую по величине (после годового хода) амплитуду ~8%.

7. Средние значения  $an_{CO}$  за май—сентябрь, характеризующие нерегулярную составляющую ряда ОС СО, хорошо согласуются с данными по площадям лесных пожаров и объему сгоревшего леса. Отметим, что наименьшее количество лесных пожаров, сопровождавшееся минимальными значениями  $an_{CO}$ , наблюдалось для 1999, 2001, 2005, 2007 и 2009 гг.

Работа выполнена при частичном финансировании Федеральной целевой программы “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” (госконтракт № П969 от 27.05.2010), грантов: РФФИ (№ 08-05-00857-а), РНП.2.1.1.1138 и РНП.2.2.1.1.3846.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IPCC Third Assessment Report – Climate Change 2001: The Scientific Basis [http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg1/index.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm).
2. Интернет-ресурс спутникового эксперимента MOPITT. <http://www.eos.ucar.edu/mopitt/>

3. Интернет-ресурс спутникового эксперимента SCIAMACHY. <http://www.sciamachy.de/>
4. Интернет-ресурс лаборатории NOAA/CMDL. <http://www.cmdl.noaa.gov>
5. Интернет-ресурс международной сети NDACC. <http://www.ndsc.ncsr.noaa.gov/>
6. *Yurganov L.N., Grechko E.I., Dzhola A.V.* Long-term measurements of carbon monoxide over Russia using a spectrometer of medium resolution // *Res. Res. Devel. Geophys.* 2002. № 4. P. 249–265.
7. *Макарова М.В., Поберовский А.В., Тимофеев Ю.М.* Временная изменчивость общего содержания окиси углерода в атмосфере в районе Санкт-Петербурга // *Изв. РАН. Физика атмосферы и океана.* 2004. Т. 40. № 3. С. 355–365.
8. *Kashin F.V.* Measurements of Greenhouse Gases Contents in the Air Near the Ground, in the Atmospheric Boundary Layer and in the Atmospheric Column to Study Their Variability. <http://www.geocities.com/leonidyurganov/papers/kashinCOCH4CO2.pdf>
9. *Поберовский А.В., Макарова М.В., Ракитин А.В. и др.* Изменчивость общих содержаний климатически активных газов по наземным спектроскопическим измерениям с высоким разрешением // *ДАН.* 2010. Т. 432. № 2. С. 257–259.
10. Интернет-ресурс международного проекта TROICA. <http://troica.org/troica.html>
11. *Scargle J.D.* Studies in astronomical time series analysis. 2. Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data // *Astrophys. J.* 1982. V. 263. P. 835–853.
12. *Вишератин К.Н., Каменоградский Н.Е., Кашин Ф.В. и др.* Спектрально-временная структура вариаций общего содержания озона в атмосфере центральной части Евразии // *Изв. РАН. Физика атмосферы и океана.* 2006. Т. 42. № 2. С. 205–223.
13. *Yurganov L., McMillan W., Grechko E. et al.* Analysis of global and regional CO burdens measured from space between 2000 and 2009 and validated by ground-based solar tracking spectrometers // *Atmos. Chem. Phys.* 2010. № 10. P. 3479–3494. [www.atmos-chem-phys.net/10/3479/2010/](http://www.atmos-chem-phys.net/10/3479/2010/)
14. *Duncan B.N., Logan J.A., Bey I. et al.* Global budget of CO, 1988–1997: Source estimates and validation with a global model // *J. Geophys. Res.* 2007. V. 112. D22301. P. 1–29. doi: 10.1029/2007JD008459.
15. Сайт Федеральной службы государственной статистики: <http://www.gks.ru/>.
16. *Giglio L., Randerson J.T., van der Werf G.R. et al.* Assessing variability and long-term trends in burned area by merging multiple satellite fire products // *Biogeosciences.* 2010. № 7. P. 1171–1186. [www.biogeosciences.net/7/1171/2010/](http://www.biogeosciences.net/7/1171/2010/)
17. *Макарова М.В., Косцов В.С., Поберовский А.В.* Исследование факторов, определяющих аномальную изменчивость общего содержания окиси углерода в районе Санкт-Петербурга // *Изв. РАН. Физика атмосферы и океана.* 2007. Т. 43. № 4. С. 538–546.

## Time Variations of the Total CO Content in the Atmosphere near St. Petersburg

M. V. Makarova, A. V. Poberovskii, and S. I. Osipov

*St. Petersburg State University, ul. Ulyanovskaya 1, Peterhof, St. Petersburg, 198504 Russia*

*e-mail: zaits@troll.phys.sbbu.ru; pober@troll.phys.sbbu.ru*

Received June 2, 2010; in final form, October 13, 2010

**Abstract**—We analyzed measurements of the total carbon monoxide (CO) content in the atmosphere in the region of St. Petersburg (59.88°N, 29.83° E; 20 m above sea level) in the period from 1995 to 2009. The average annual behavior for the entire measurement period has a maximum in February–March and a minimum in July with an amplitude of ~20%. In the absence of strong forest fires in the European part of the Russian Federation and Siberia, the annual minimum of the total CO content is usually recorded in August–September. In winter 1995–2009 (November–January), there was a decrease in the total CO content with a gradual shift in the maximum of the annual behavior from January (1995–1999) to February (2000–2004) and March (2005–2009). The total CO content in January–February 2009 was ~20% lower than the multiyear average level. Estimates of the linear trend for the maximum, minimum, and average values for the period of 1996–2009 showed an absence of statistically significant long-term changes in the total CO content. A spectral analysis of data showed that the spectral components with periods of 12, 14, 17, 24, and 46 months are extracted with 80% confidence. It is shown that the irregular component of the time series of the total CO content (calculated for the period from May to September) agrees well with data on the areas of the forest fires and on the volume of the burnt forest and that 1999, 2001, 2005, 2007, and 2009 can be considered “background” years with the least numbers of forest fires.

**Keywords:** spectroscopic measurements, gas composition, the atmosphere, carbon monoxide.