

УДК 551.510.5

СТРУКТУРА ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ТОЛЩЕ АТМОСФЕРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЕВРАЗИИ (СТАНЦИЯ МОНИТОРИНГА “ИССЫК-КУЛЬ”)

© 2008 г. Ф. В. Кашин*, В. Н. Арефьев*, В. К. Семенов**, В. П. Синяков**, Л. Б. Упэнэк*

*Институт экспериментальной метеорологии ГУ НПО “Тайфун”

249038 Обнинск, Калужская обл., пр. Ленина, 82

E-mail: vnaref@typhoon.obninsk.ru

**Киргизский национальный университет

720033 Бишкек, ул. Манаса, 101

E-mail: vk-semenov@yandex.ru

Поступила в редакцию 31.01.2007 г., после доработки 24.07.2007 г.

Представлены результаты статистического анализа данных систематических измерений в 1980–2006 гг. объемной концентрации двуокиси углерода в толще атмосферы центральной части Евразии. Определены тренды средних месячных и годовых величин концентрации CO_2 . За 26 лет средняя годовая концентрация выросла на $\sim 42 \text{ млн}^{-1}$ со средней скоростью роста $(1.56 \pm 0.18) \text{ млн}^{-1}$ в год и достигла $\sim 382.7 \text{ млн}^{-1}$. Найдены общие статистические характеристики. Функция распределения средних месячных концентраций CO_2 характеризуется наличием второго максимума и смещением основной моды в сторону больших значений, а средняя за время измерений месячная концентрация и медиана практически совпадают. Функция распределения средних годовых концентраций CO_2 близка к нормальной, а средняя за время измерений годовая концентрация, медиана и мода также совпадают. Выявлены тенденции коротко- и длиннопериодных вариаций двуокиси углерода и их возможная связь с рядом геофизических явлений. Спектральный анализ данных измерений концентрации CO_2 выявил колебания с периодами 4, 6, 12, 15, 21, 29, 40, 53, 84 и 183 месяца. Статистическая модель с параметрами этих колебаний описывает экспериментальные средние месячные концентрации углекислого газа со средним квадратичным отклонением 2.3 млн^{-1} ($\pm 0.6\%$ от среднего за весь период значения 361.9 млн^{-1}) и средние годовые концентрации со средним квадратичным отклонением 0.9 млн^{-1} ($\sim \pm 0.3\%$).

ВВЕДЕНИЕ

Углекислый газ (CO_2) – один из основных климатообразующих атмосферных газов. В последние десятилетия наблюдается постоянный рост его концентрации в атмосфере, что может оказать влияние на климат Земли. Это вызвало пристальное внимание мирового сообщества, следствием чего стала разработка и подписание многими странами, включая Россию, Киотского протокола, в котором предусматривается введение для разных стран квотирования выбросов CO_2 в атмосферу и проведения мониторинга CO_2 в различных регионах Земли.

Мониторинг CO_2 осуществляется на сети фоновых и региональных станций путем анализа проб воздуха [1–3]. В Киргизстане на созданной совместно российскими и киргизскими учеными станции мониторинга атмосферы “Иссык-Куль” (ISK 242 N00, [2]) с 1980 г. ведутся постоянные измерения средней по высоте относительной объемной концентрации (отношения смеси) CO_2 методом солнечной молекулярно-абсорбционной спектроскопии [4], который в последние годы стал использоваться и в ряде других

регионов [5–12]. Аппаратура, методика измерений, их результаты и анализ, а также сопоставление измерений концентрации CO_2 в столбе атмосферы на станции “Иссык-Куль” с ее измерениями в пробах воздуха описаны в [13–18], а в продолжающих их настоящей статье представлены результаты исследования основных статистических характеристик и спектральной структуры вариаций концентрации CO_2 по уточненным в [18] данным измерений с мая 1980 по апрель 2006 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Данные измерений на станции “Иссык-Куль” (ИК) средней по высоте концентрации CO_2 подтверждают известные факты наличия сезонных вариаций и постоянного роста концентрации углекислого газа в атмосфере. На рис. 1 приведены величины средних месячных ($C_m, \text{ млн}^{-1}$) и характеризующих изменения от года к году сглаженных ($C_t, \text{ млн}^{-1}$) по методике [19] (т.е. с исключенными сезонными вариациями) концентраций CO_2 , прямая

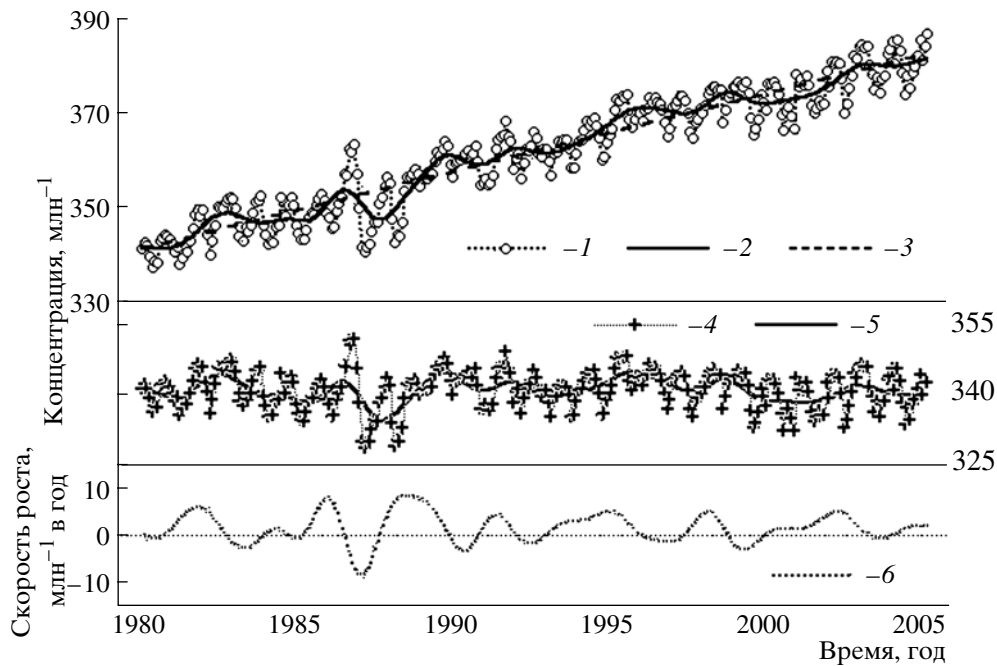


Рис. 1. Средние месячные (1) и сглаженные (2) концентрации CO₂, линейный тренд (3), средние месячные (4) и сглаженные (5) концентрации CO₂ с исключенным линейным трендом, скорость роста (6).

их линейного тренда, скорость роста CO₂ (R , млн⁻¹ в год – производная по C_T), а также величины C_M и C_T с исключенным линейным трендом.

Рост концентрации в первом приближении можно описать уравнением линейной регрессии, параметры которого определяются по измеренным C_M :

$$C_{M_t} = C_0 + (B/12)t, \quad (1)$$

где C_{M_t} , млн⁻¹ – среднемесячная концентрация CO₂ для месяца с порядковым номером t ;

$C_0 = (340.9 \pm 0.5)$ млн⁻¹ – концентрация CO₂ к началу измерений ($t = 1$ – май 1980 г.);

$B = (1.61 \pm 0.03)$ млн⁻¹ в год – показатель линейного тренда.

Величина показателя линейного тренда на ИК за период с 1980 по 2006 год по сравнению с [18], где период на год короче, уменьшилась на 0.6%. На такой же процент уменьшилась и величина средней за период скорости роста: $R = (1.56 \pm 0.18)$ млн⁻¹ в год. Теперь эти величины еще лучше согласуются со средней глобальной скоростью роста CO₂ за период с 1979 по 2003 г., составляющей 1.6 млн⁻¹ в год [1]. За 26 лет наблюдений средняя годовая концентрация CO₂ на ИК выросла на ~42 млн⁻¹.

Как было указано в [18], максимумы и минимумы сезонных вариаций CO₂ чаще всего приходятся соответственно на апрель и август, а в отдельные годы экстремумы смещаются на один-два месяца (рис. 2). Средняя амплитуда сезонных вариаций концентрации CO₂ в годовом цикле составляет (8.0 ± 1.4) млн⁻¹ (рис. 1 и 2). Сезонное уве-

личение CO₂ в среднем продолжается 8, а уменьшение – 4 месяцев, иногда изменяясь тоже на один-два месяца.

ОБЩИЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Для соблюдения условия стационарности в дальнейшем анализе использованы данные с исключенным линейным трендом.

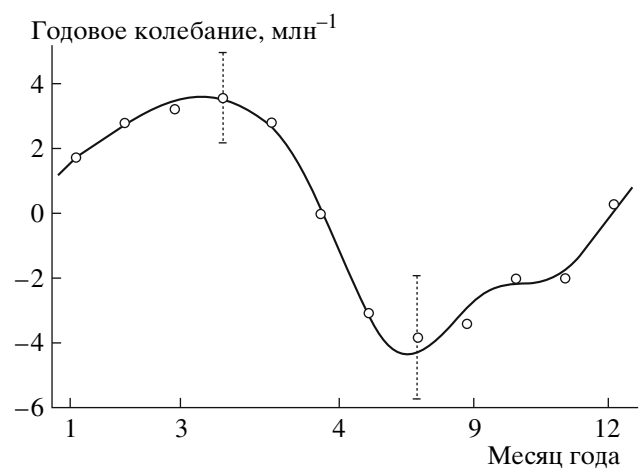


Рис. 2. Средний за период наблюдений сезонный ход концентрации CO₂ (вертикальные отрезки – диапазон изменений концентрации CO₂ в течение месяца).

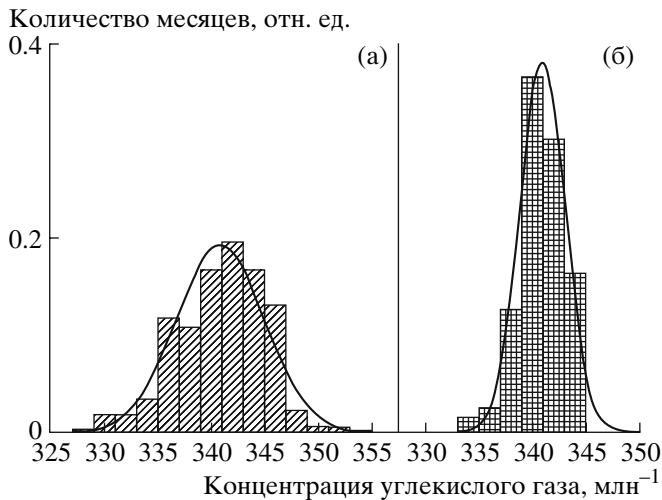


Рис. 3. Функции распределения концентрации углекислого газа (а – средние месячные, б – сглаженные).

Важной статистической характеристикой вариаций временных рядов результатов измерений является функция распределения, т.е. число появлений определенных величин концентрации CO_2 за время наблюдений. Гистограммы с шагом 2 млн^{-1} представляют на рис. 3 распределения средних месячных концентраций CO_2 (C_M и C_T) за период с мая 1980 г. по апрель 2006 г. в относительных единицах (количество месяцев наблюдений нормированное на их общее число, равное 312). Таблица 1 содержит статистические характеристики C_M и C_T .

Функция распределения средних месячных концентраций CO_2 C_M немного отличается от нормальной (рис. 3а) за счет второго максимума и смещения основной моды (наиболее вероятного значения) в сторону больших значений, тогда как средняя за 26 лет месячная величина и медиана практически совпадают (верхняя строчка табл. 1). На сдвиг наиболее вероятной моды относительно среднего $C_{\text{ср}}$ и на относительную острровершинность распределения указывают также моменты высшего порядка, определяющие степень отклонения распределения от нормального: коэффициент асимметрии g_3 (характеристика симметрии распределения) отрицателен, а коэффициент эксцесса g_4 (характеристика формы распределения) положителен и близок к ну-

лю. Несимметричность распределения является, вероятнее всего, следствием различия времени увеличения и уменьшения сезонных изменений концентрации CO_2 в годовом цикле. На относительное постоянство амплитуд сезонных вариаций указывают малые значения среднего квадратического отклонения и коэффициента вариаций.

Функция распределения сглаженных величин концентрации CO_2 C_T близка к нормальной (рис. 3б): величины $C_{\text{ср}}$, M и m практически совпадают, коэффициент g_3 отрицателен, а g_4 положителен (нижняя строчка табл. 1). Некоторая несимметричность распределения скорее всего связана с тем, что вычитание линейного тренда не в полной мере устраняет рост концентрации CO_2 от года к году.

Как видно из рис. 4, где приведены функции распределения средних месячных концентраций CO_2 для каждого отдельного календарного года с января 1981 г. по декабрь 2005 г., распределения C_M во все годы заметно отличаются от нормального, их формы различны, часто полимодальны. Для большинства лет наблюдается отрицательная асимметрия, т.е. мода смещена в область больших значений C_M относительно медианы и среднего, значения которых часто весьма близки (рис. 5).

Коэффициент вариаций V в основном изменяется в очень небольшом интервале от 0.5 до 1.5%, указывая на относительную консервативность величин сезонных изменений концентрации CO_2 . Коэффициенты асимметрии и эксцесса (рис. 5) для большинства лет отрицательны.

Функции распределения сглаженных величин концентрации углекислого газа C_T для отдельных лет (рис. 4) чаще всего одновершинны и подтверждают, что в течение года C_T изменяются мало в пределах $2\text{--}3 \text{ млн}^{-1}$, исключение составляют 1986–1987 и годы после извержений вулканов, когда внутри года изменения C_T могут достигать $6\text{--}8 \text{ млн}^{-1}$.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Спектральный анализ данных измерений концентрации CO_2 проводился при помощи Фурье- и вейвлет-преобразований. Для определения периодов основных колебаний, составляющих вариации концентрации CO_2 использовано имеющее высокое разрешение классическое Фурье-преобразова-

Таблица 1. Статистические характеристики вариаций концентрации углекислого газа*

	N	$C_{\text{ср}}$	M	m	$C_{\text{мин}}$	$C_{\text{макс}}$	σ	V	g_3	g_4
C_M	312	340.9 ± 0.2	341.4 ± 0.2	343 ± 1	328.7	351.9	4.1	1.2	-0.42 ± 0.14	0.09 ± 0.27
C_T	312	340.9 ± 0.1	340.9 ± 0.1	341 ± 1	334.6	344.8	2.1	0.6	-0.41 ± 0.14	0.36 ± 0.27

Примечание. * N – количество месяцев наблюдений; $C_{\text{ср}}$, $C_{\text{мин}}$ и $C_{\text{макс}}$, млн^{-1} – средние, минимальные и максимальные концентрации углекислого газа; M , млн^{-1} – медиана, m , млн^{-1} – мода; σ – среднее квадратическое отклонение; $V\% = 100 \sigma / C_{\text{ср}}$ – коэффициент вариации, g_3 и g_4 – коэффициенты асимметрии и эксцесса.

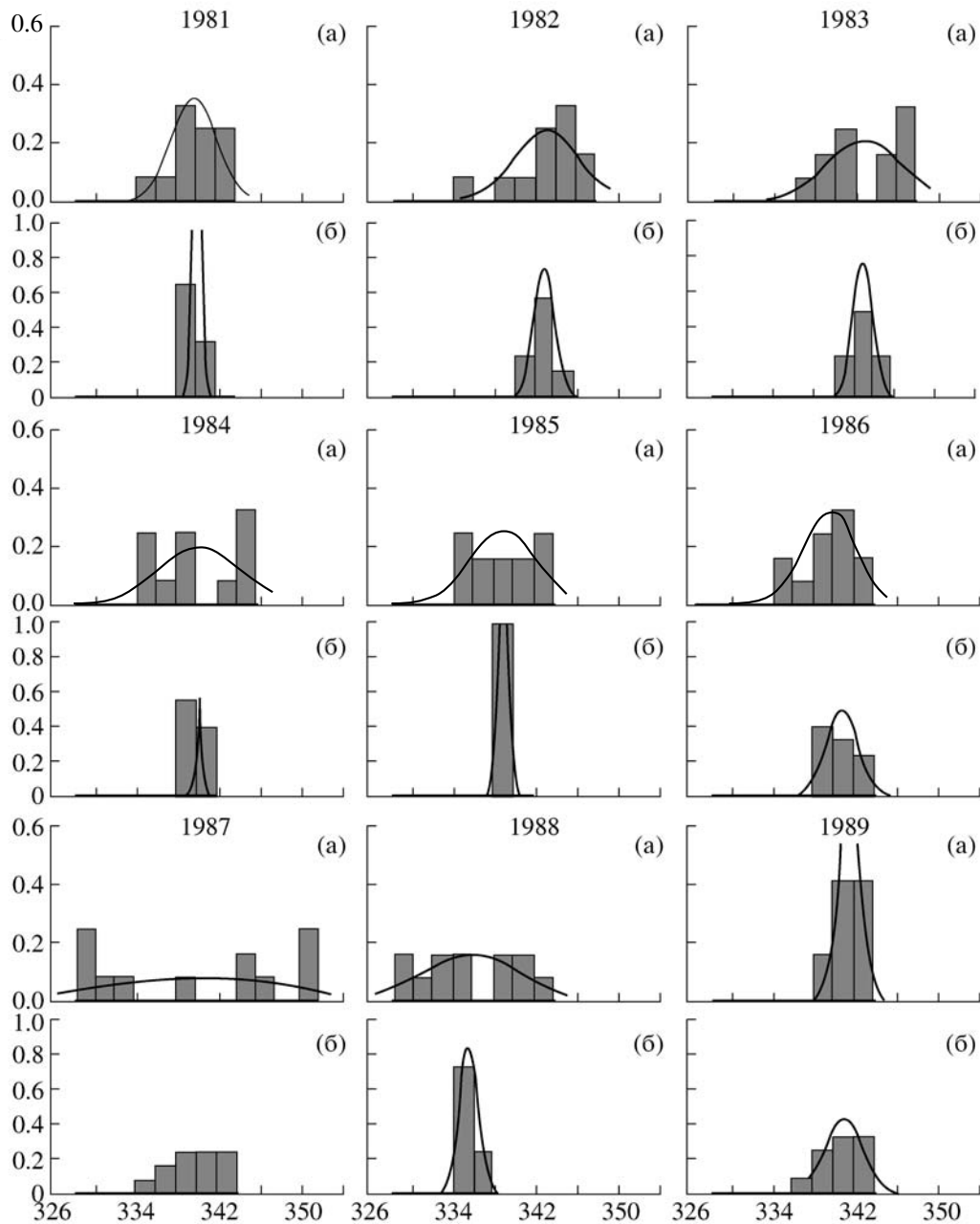


Рис. 4. Функции распределения C_M и C_T с 1981 по 2005 г. для каждого календарного года с января по декабрь (а – C_M вверху и б – C_T внизу каждой клетки таблицы; по осям абсцисс – концентрация, млн^{-1} ; по оси ординат – нормированное на 12 количество случаев в году, сплошные линии – нормальное распределение).

ние (рис. 6), а для оценок изменения этих колебаний во времени – вейвлет-преобразование (рис. 7). Приведенные в табл. 2 параметры (амплитуда A , период Π и сдвиг фазы ψ) значимых колебаний вычислялись мультирегрессионным методом по данным измерений с исключенным трендом и с использованием модели Райса [20], представляющей собой сумму гармонических колебаний. В качестве первого приближения использовались полученные с помощью спектрального анализа экспериментальных

данных значения периодов, приведенных на рис. 6 и в табл. 2.

В отличие от [17], в уточненных результатах 26-летних измерений концентрации CO_2 дополнительно проявились колебания с периодами 4, 6, 29, 40 и 183 месяца. Из трехмерного представления (рис. 7а) и плоскостных разрезов (рис. 7б, 7в, 7г) результатов вейвлет-анализа следует, что не все выявленные колебания являются чисто гармоническими функ-

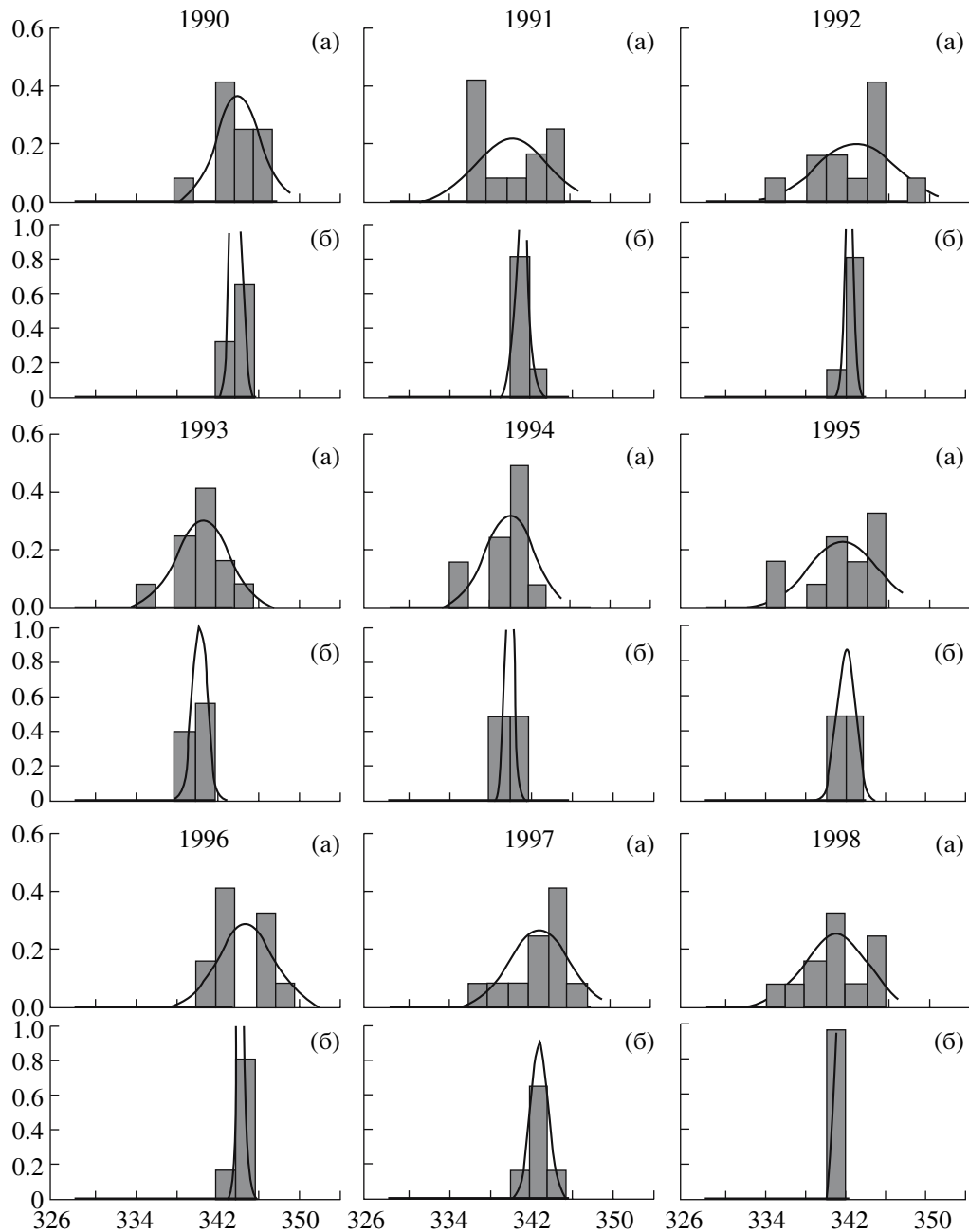


Рис. 4. Продолжение.

циями со стабильными во времени периодами и амплитудами.

Аномальные вариации 1986–1988 гг., которые обсуждались в [17], являются основной причиной нарушения стабильности амплитуд у всех колебаний, кроме наиболее длиннопериодных (84 и 183 месяца). Фаза годового (12 мес.) колебания в основном стабильна, а амплитуда, превосходящая амплитуды остальных колебаний в 2–3 и более раз, непостоянна: с 1981 по 1986 г. она возрастает, с 1987 до 1991 г. она уменьшается, с 1992 по 1995 г. – нестабильна, с

1996 по 2000 г. – примерно постоянна, а затем снова растет. Фазы и амплитуды 4-, 6- и 15-месячных колебаний, которые вместе с 12-месячным колебанием связаны с изменениями обмена углекислым газом биоты с атмосферой, нестабильны. Амплитуды постоянно пульсируют, и различие в их величинах может быть значительным. Большие амплитуды повторяются примерно через 3–5 лет.

После извержений вулканов Эль-Чичен и Пинатубо (1982–1984 и 1991–1994 гг.) весьма заметно искажаются 21- и 29-месячные колебания, коррели-

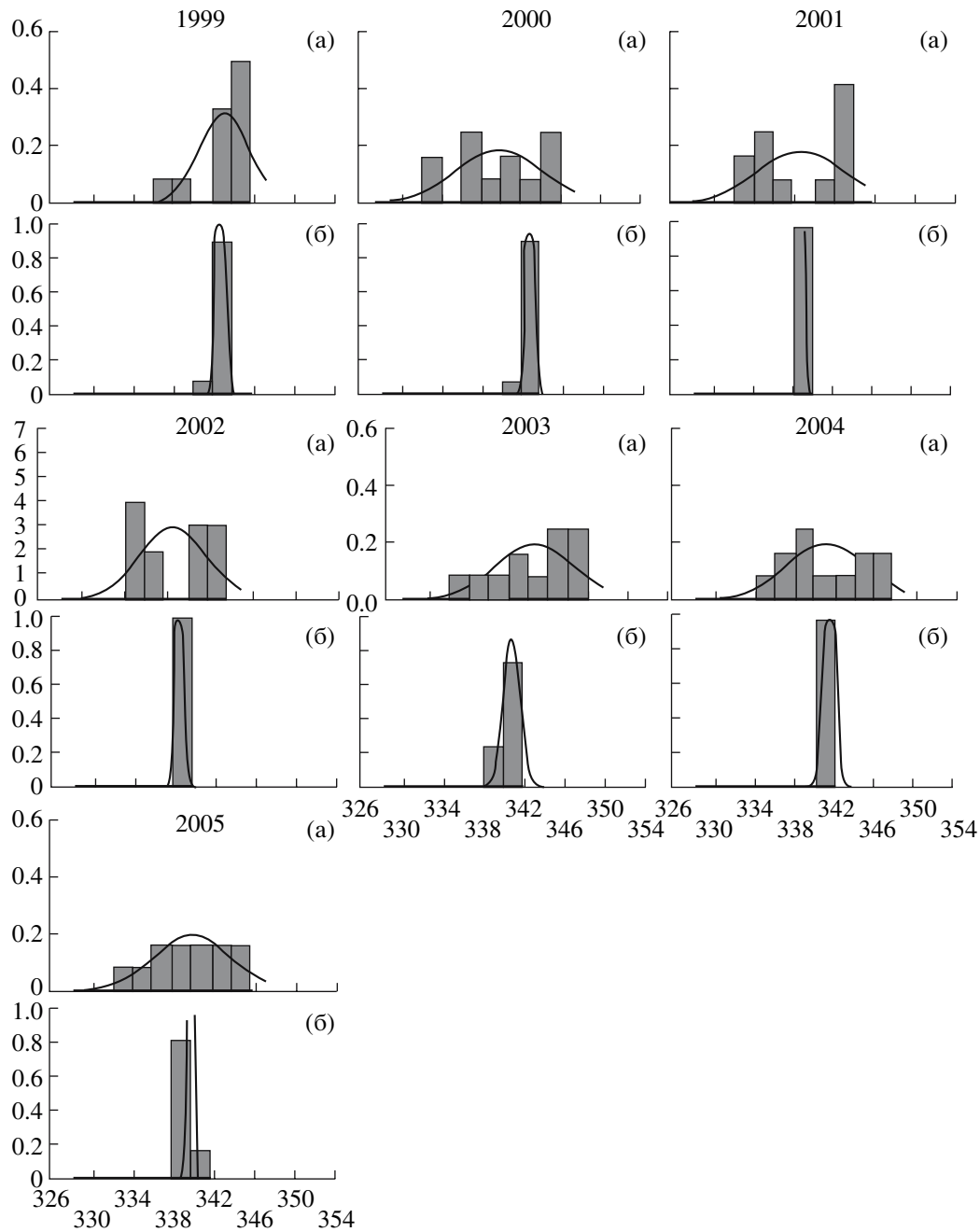


Рис. 4. Окончание.

рующие с квазидвухлетней цикличностью скорости и направления экваториального стратосферного ветра, помимо, указанных выше аномальных вариаций (1986–1988 гг.). Периодичности явления Эль-Ниньо соответствуют 43- и 52-месячные колебания. Эти колебания практически стабильны. Длиннопериодные колебания (84 и 183 месяца) наиболее стабильны и по фазе, и по амплитуде. Однако для надежной привязки их к длиннопериодным геофизическим явлениям общее время наблюдений пока еще недостаточно. Эти колебания проявляются в

Фурье-анализе только при искусственном многократном удлинении временного ряда данных наблюдений.

МОДЕЛЬ ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Для аппроксимации экспериментальных данных, приведенных на рис. 1, и прогноза их изменений в ближайшие годы можно аналогично [17] использовать простую статистическую модель:

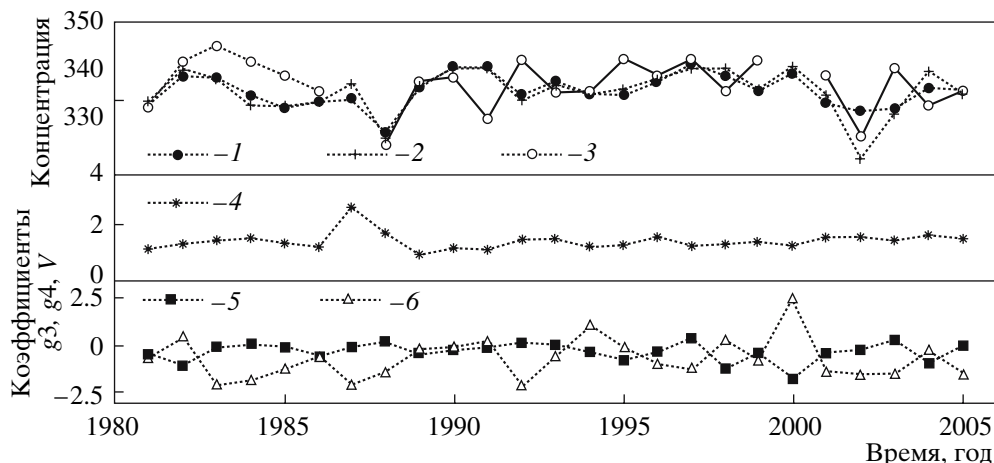


Рис. 5. Статистические характеристики функций распределения месячных концентраций CO_2 для каждого календарного года: 1–3 – среднее значение, медиана, мода (левая шкала), 4–6 – коэффициенты вариации, асимметрии, эксцесса (правая шкала).

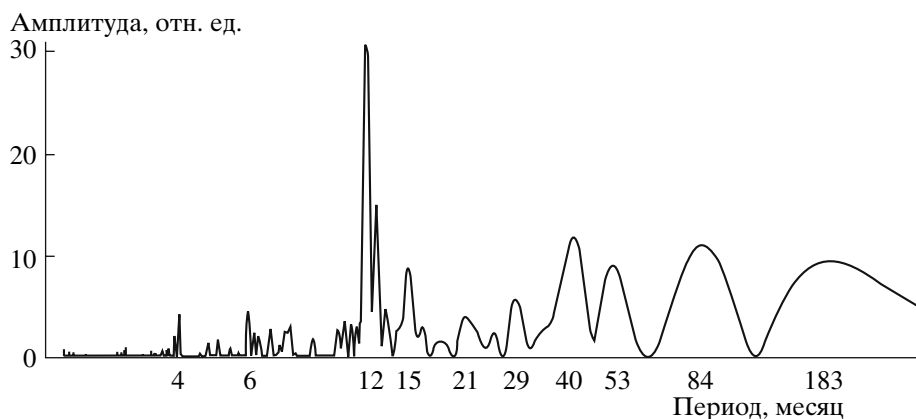


Рис. 6. Спектр колебаний вариаций средних месячных концентраций углекислого газа.

Таблица 2. Параметры колебаний

Π_i , мес	A_i , млн ⁻¹	Ψ_i
4	0.55 ± 0.19	-1.67 ± 0.36
6	0.65 ± 0.19	-0.58 ± 0.30
12	3.70 ± 0.19	0.57 ± 0.05
15 ± 1	0.82 ± 0.19	2.45 ± 0.24
21 ± 1	0.54 ± 0.19	0.32 ± 0.35
29 ± 2	0.87 ± 0.19	0.28 ± 0.22
40 ± 2	1.52 ± 0.19	0.46 ± 0.12
53 ± 2	1.00 ± 0.19	-2.98 ± 0.19
84 ± 3	1.38 ± 0.19	3.00 ± 0.14
183 ± 5	1.36 ± 0.19	0.00 ± 0.14

$$C_m(t) = C_{mt} + \sum A_i \cos(2\pi t / \Pi_i + \Psi_i), \quad (2)$$

где $C_m(t)$ – концентрация углекислого газа в заданный месяц t ; C_{mt} – временной линейный тренд по формуле (1);

Π_i , A_i и Ψ_i – параметры колебаний (табл. 2).

Расчет по модели (2) описывает экспериментальные средние месячные концентрации углекислого газа (кривая 3, рис. 8) со средним квадратичным отклонением 2.3 млн^{-1} ($\pm 0.6\%$ от среднего за весь период значения 361.9 млн^{-1}). Для описания изменений концентрации CO_2 от года к году (кривая 4, рис. 8) со средним квадратичным отклонением 0.9 млн^{-1} ($\sim \pm 0.3\%$) достаточно использовать параметры 43-, 52-, 84- и 183-месячных колебаний.

Удовлетворительное согласие данных измерений и модели (рис. 8) свидетельствует о том, что изменения концентрации CO_2 в толще атмосферы центральной части Евразии в основном обусловлены известными периодическими геофизическими

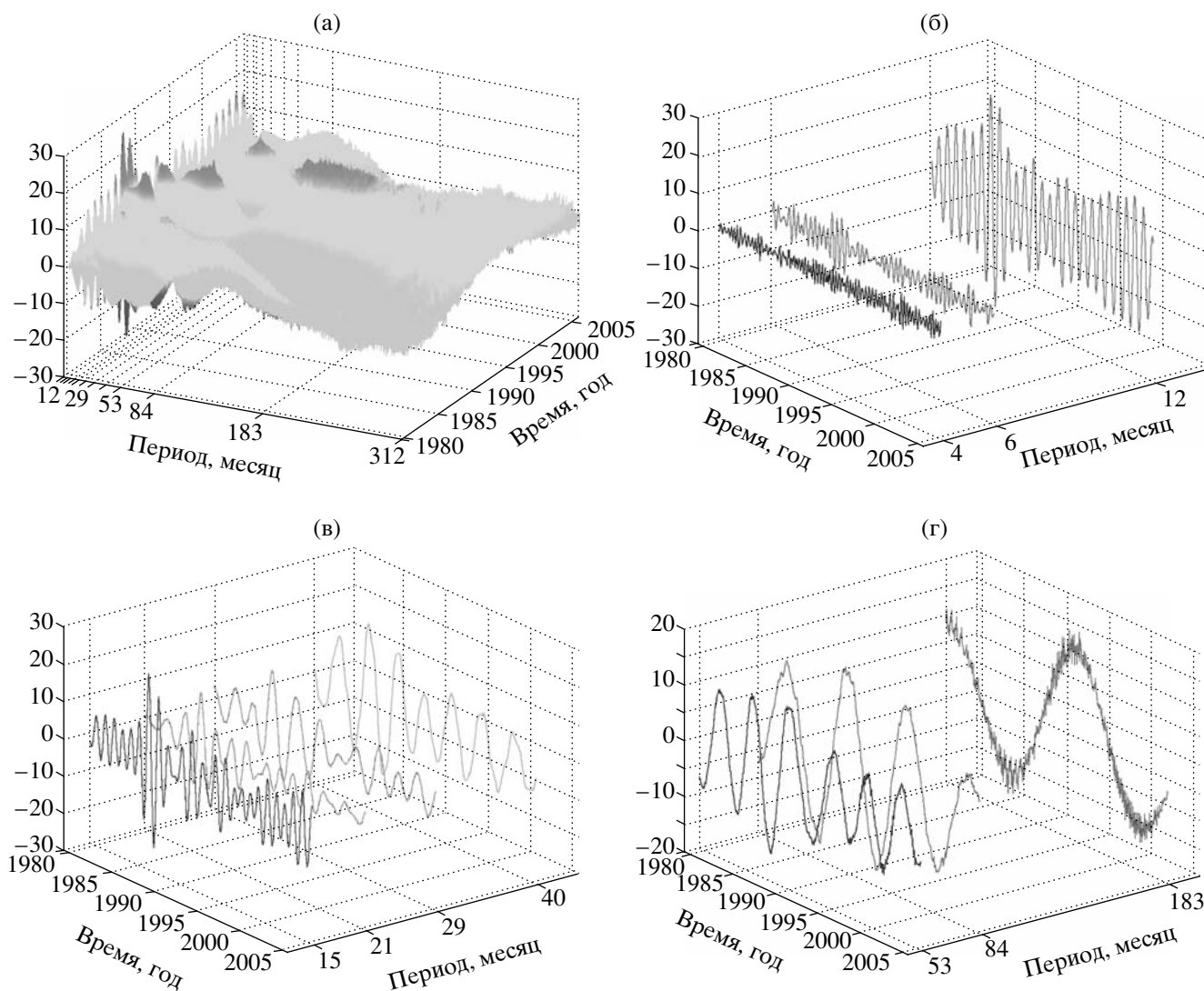


Рис. 7. Результаты вейвлет-анализа временных изменений концентрации углекислого газа (а – общий вид, б, в и г – отдельные колебания. Вертикальные шкалы – амплитуды колебаний, отн. ед.).

явлениями (сезонными изменениями биоты, квазидвухлетними изменениями в стратосфере, явлением Эль-Ниньо и т. п.), описываемыми эмпирической моделью (2). Некоторые отличия в отдельные годы измеренных концентраций CO_2 от результатов модельных расчетов связаны, в первую очередь, с непостоянством времени экстремумов сезонных вариаций и, во-вторых, вероятно, с влиянием неперiodических геофизических явлений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов постоянных измерений на станции мониторинга атмосферы “Иссык-Куль” методом солнечной молекулярно-абсорбционной спектроскопии средней по высоте относительной объемной концентрации (отношения смеси) углекислого газа показал, что за 26 лет его средняя го-

довая концентрация выросла на $\sim 42 \text{ млн}^{-1}$ со средней скоростью роста $(1.56 \pm 0.18) \text{ млн}^{-1}$ в год и достигла величины $\sim 382.7 \text{ млн}^{-1}$.

Функция распределения средних месячных концентраций CO_2 характеризуется наличием второго максимума и смещением основной моды в сторону больших значений, а средняя за время измерений месячная концентрация и медиана практически совпадают. Функция распределения средних годовых концентраций CO_2 близка к нормальной, а средняя за время измерений годовая концентрация, медиана и мода практически совпадают.

Спектральный анализ данных измерений концентрации CO_2 выявил колебания с периодами 4, 6, 12, 15, 21, 29, 40, 53, 84 и 183 месяца. С использованием полученных параметров колебаний и статистической модели вычислены кривые, описываю-

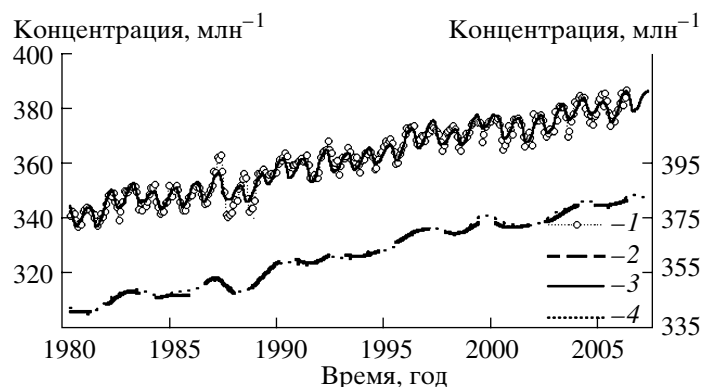


Рис. 8. Средние месячные (1, 3) и сглаженные (2, 4) концентрации CO_2 (1 и 2 – экспериментальные, 3 и 4 – расчетные).

шие экспериментальные средние месячные концентрации углекислого газа со средним квадратичным отклонением 2.3 млн^{-1} ($\pm 0.6\%$ от среднего за весь период значения 361.9 млн^{-1}) и средние годовые концентрации со средним квадратичным отклонением 0.9 млн^{-1} ($\sim \pm 0.3\%$).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 07-05-00091) и МНТЦ (гранты Кг-763, Кг-1371).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Eds: Conway T.J., Andrews A.E., Bruhweler L. et al. 2. Carbon Cycle Greenhouse Gases // Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory. Summary Report № 27. 2002–2003 / Ed. R.C. Schnell. NOAA Oceanic and Atmos. Res., Boulder, 2004. CO. P. 32–57.
- WMO WDCGG DATA SUMMARY. WDCGG № 30. GAW Data, v. IV – Greenhouse Gases and Other Atmospheric Gases. Geneva: JMA & WMO, 2006. 88 p.
- Komhyr W.D., Waterman L.S., Taylor W.R. Semiautomatic Nondispersive Infrared Analyzer Apparatus for CO_2 Air Sample Analyses // J. Geophys. Res. 1983. V. 88. № C2. P. 1315–1329.
- Акименко Р.М., Арефьев В.Н., Каменоградский Н.Е. и др. О спектроскопическом методе определения содержания CO_2 в атмосфере // Метеорология и гидрология. 1979. № 6. С. 102–105.
- Wallace L., Livingston W. Spectroscopic observations of Atmospheric trace gases over Kitt Peak: 1. Carbon dioxide and methane from 1979 to 1985 // J. Geophys. Res. 1990. V. 95. № D7. P. 9823–9827.
- Notholt J., Toon G.C., Rinsland C.P. et al. Latitudinal variations of trace gas concentrations in the free troposphere measured by solar absorption spectroscopy during a ship cruise // J. Geophys. Res. 2000. V. 105. № D2. P. 1337–1350.
- Buchwitz M., Rozanov V.V., Burrows J.P. A near-infrared optimized DOAS method for the fast global retrieval of atmospheric CH_4 , CO , CO_2 , H_2O and N_2O total column amounts from SCIAMACHY Envisat 1 nadir radiances // J. Geophys. Res. 2000. V. 105. № D12. P. 15.231–15.245.
- Tolton B.T., Pllouffe D. Sensitive of radiometric measurements of the atmospheric column from space // Appl. Opt. 2001. V. 40. № 9. P. 1305–1313.
- Yang Z.G., Toon C., Margolis J.S. et al. Atmospheric CO_2 retrieved from ground-based near IR solar spectra // JRL. 2002. V. 29. № 9. 1339, doi: 10.1029/2001GLO14537.
- Christi M.J., Stephens G.L. Retrieving profiles of atmospheric CO_2 in clear sky and in the presence of thin cloud using spectroscopy from the near and thermal infrared: A preliminary case study // J. Geophys. Res. 2004. V. 109. D04316, doi: 10.1029/2003JD004058.
- Dufour E., Breon F.-M., Peylin P. CO_2 column averaged mixing ratio from inversion of ground-based solar spectra // J. Geophys. Res. 2004. V. 109. D02301, D09304, doi: 10.1029/2003JD004469.
- Warneke T., Yang Z., Olsen S. et al. Seasonal and latitudinal variations of column averaged volume mixing ratios of atmospheric CO_2 // Geophys. Res. Letters. 2005. V. 32. 103808, doi:10.1029/2004GL021597.
- Арефьев В.Н., Дианов-Клоков В.И., Малков И.П. Полевой спектральный комплекс для исследования содержания в атмосфере загрязняющих газов // Труды ИЭМ. М.: Гидрометеиздат. 1978. В. 8(81). С. 73–78.
- Акименко Р.М., Арефьев В.Н., Брижанская Л.Л. и др. Исследование углекислого газа в атмосфере // Оптика атмосферы. 1988. Т. 1. № 9. С. 49–53.
- Арефьев В.Н., Кашин Ф.В., Каменоградский Н.Е. Систематические измерения концентраций углекислого газа в атмосфере // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1990. Т. 26. № 6. С. 584–593.
- Арефьев В.Н., Каменоградский Н.Е., Кашин Ф.В. и др. Изменения скорости накопления углекислого газа в атмосфере по измерениям на Исык-Куле // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 1996. Т. 32. № 4. С. 437–439.
- Кашин Ф.В., Арефьев В.Н., Вишератин К.Н. и др. Результаты экспериментальных исследований радиационно-активных составляющих атмосферы в

- центре Евразии // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2000. Т. 36. № 4. С. 463–492.
18. *Кашин Ф.В., Арефьев В.Н., Каменоградский Н.Е. и др.* Содержание углекислого газа в толще атмосферы центральной части Евразии (Станция мониторинга “Иссык-Куль”) // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2007. Т. 43. № 4. С. 86–95.
19. *Thoning K.W., Tans P.P., Komhyr W.D.* Atmospheric carbon dioxide at Mauna Loa Observatory. 2. Analysis of the NOAA GMCC data, 1974–1985 // *J. Geophys. Res.* 1989. V. 94. № D6. P. 8549–8565.
20. *Рожков В. А.* Теория вероятностей случайных событий, величин и функций с гидрометеорологическими примерами. СПб.: Прогресс-Погода, 1996. Кн. I. 156 с. Кн. II. 560 с.

Structure of Time Variations in Carbon Dioxide in the Atmospheric Thickness over Central Eurasia (Issyk Kul Monitoring Station)

F. V. Kashin^a, V. N. Aref'ev^a, V. K. Semenov^b, V. P. Sinyakov^b, and L. B. Upenek^a

^a *Institute of Experimental Meteorology, NPO Taifun, pr. Lenina 82, Obninsk, Kaluga oblast, 249038 Russia*
e-mail: vnaref@typhoon.obninsk.ru

^b *Kyrgyz State National University, ul. Manasa101, Bishkek, 720033 Kyrgyzstan*
e-mail: vk-semenov@yandex.ru

Abstract—The results of statistical analysis of the data obtained from the 1980–2006 systematic measurements of the volume concentration of carbon dioxide in the atmospheric thickness over central Eurasia are presented. The trends of both monthly and yearly means of CO₂ concentration are determined. During these 26 years, the yearly mean concentration increased by ~ 42 ppm at a mean rate of (1.56 ± 0.18) ppm per year and reached ~ 382.7 ppm. General statistical characteristics are found. The distribution function of the monthly mean concentrations of CO₂ is characterized by the presence of the second maximum and a bias of the principal mode toward large values, and the mean (over the measurement time) monthly concentration and the median almost coincide. The distribution function of the yearly mean concentrations of CO₂ is close to a normal distribution, and the mean (over the measurement time) yearly concentration, the median, and the mode also coincide. The trends of short- and long-period variations in the carbon dioxide concentration and their possible relation to a number of geophysical phenomena are revealed. Spectral analysis of the measuring data on CO₂ revealed oscillations with periods of 4, 6, 12, 15, 21, 29, 40, 53, 84, and 183 months. A statistical model with the parameters of these oscillations describes the experimental monthly mean concentrations of carbon dioxide with an rms deviation of 2.3 ppm (±0.6% of the mean over the entire period 361.9 ppm) and the yearly mean concentrations with an rms deviation of 0.9 ppm (~±0.3%).