

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ АТМОСФЕРНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

**В. Н. Арефьев, Ф. В. Кашин, Акименко Р. М., Баранов Ю. И., Бугрим Г. И.,
Вишератин К. Н., Кальсин А. В., Каменоградский Н. Е., Сизов Н. И.,
Устинов В. П., Упэнэк Л. Б.**

Лаборатория атмосферной спектроскопии,
Институт экспериментальной метеорологии

*Государственное учреждение «Научно-производственное объединение "Тайфун"»,
249038 Обнинск, Калужская обл., ул. Победы, 4, Россия,

E-mail: vnaref@typhoon.obninsk.ru

В конце 60-х годов XX столетия в Институте экспериментальной метеорологии начал складываться коллектив специалистов в области оптики и спектроскопии атмосферы в том числе. Первые 15-20 лет основным направлением деятельности коллектива спектроскопистов были исследования селективного и континуального поглощений излучения в окнах относительной прозрачности атмосферы и их роль в прикладных задачах распространения в атмосфере лазерного излучения.

Для проведения этих исследований была создана многоходовая оптическая кювета, которая в то время по совокупности своих параметров: базовой длине, длине оптического пути, температуре, давлению, широкому диапазону изменений состава газовой смеси, была уникальной. На основе результатов лабораторных (кюветных) экспериментов, дополненных натурными измерениями и теоретическими исследованиями была предложена модель континуального поглощения излучения атмосферным водяным паром в спектральном интервале 8-12 мкм с учетом димерного поглощения, уточнены параметры селективных линий поглощения ряда атмосферных газов и предложены методики расчетов ослабления воздухом излучения CO₂-лазеров. Эти результаты подробно изложены в следующих публикациях [1-47].

С конца 70-х годов научные интересы коллектива Лаборатории атмосферной спектроскопии стали постепенно перемещаться в сторону исследований состава земной атмосферы спектрометрическими методами. В это время у научной общественности мира стала возникать тревога по поводу антропогенного загрязнения атмосферы и изменения ее состава, которые могут привести к

изменениям природной среды и климата (см., например, [48-51]).

Как известно, земная атмосфера состоит из смеси газов и взвешенных твердых или жидких частиц аэрозоля. Без водяного пара, содержание которого может достигать 4%, воздух состоит на 99,9% из азота, кислорода и аргона. Однако из-за своих физических и химических свойств 0,1-процентный остаток, насчитывающий более трех десятков газов с очень малым содержанием (МГС), вместе с водяным паром и аэрозолем играют важную роль в различных процессах, протекающих в атмосфере, в том числе, взаимодействуя с излучениями Солнца и Земли, определяют радиационную энергетику, а тем самым погоду, климат и другие условия существования биосферы Земли. [52].

Со второй половины XX века, характеризующейся огромными научно-техническими достижениями человечества, происходит бурное развитие объемов и новых видов промышленности, что вызвало резкое увеличение потребления природных ресурсов и выбросов в атмосферу отходов производства, включающих существующие в атмосфере радиационно-активные МГС. Это может привести к нарушению экологического равновесия в окружающей среде, так как объемы выбросов становятся соизмеримыми с содержанием МГС в атмосфере. К настоящему времени экспериментально установлено наличие долговременных тенденций (постоянные положительные или отрицательные тренды) у водяного пара, углекислого газа, метана, окиси углерода, озона и окислов азота. Поэтому проблема теперь привлекла внимание всей мировой общественности, включая лидеров многих стран. лидеров ведущих держав мира, и для ее решения заключен ряд международных соглашений по озону, парниковым газам, трансграничному переносу и климату (Венская конвенция, Монреальский и Киотский протоколы, Копенгагенское совещание и др.). которые в числе других включают обязательства участников по контролю антропогенных выбросов аэрозоля и газов в атмосферу.

Контроль радиационно-активных МГС осуществляется на станциях Глобальной сети мониторинга состава атмосферы GAW (WMO Global Atmosphere Watch) [53]. На этих станциях измерения содержания парниковых газов проводятся путем анализа проб воздуха с помощью соответствующей аппаратуры и методик

(недисперсионные газоанализаторы с эталонными газовыми смесями, обеспечивающими высокую точность единичного измерения пробы воздуха). Результаты, полученные в пробах воздуха, после соответствующей обработки считаются фоновыми для данной станции и относящимися ко всей толще атмосферы, что может быть недостаточно эффективным особенно в континентальных условиях из-за возможного влияния локальных приземных газовых источников и стоков естественного или антропогенного происхождения. Свободен от этого недостатка и более эффективен в условиях континента метод молекулярной солнечно-абсорбционной спектроскопии, который основан на решении обратной задачи определения искомого количества поглощающего газа в толще (столбе) атмосферы по величине измеряемой интенсивности прошедшего атмосферу солнечного излучения. Этот метод контроля газового состава атмосферы известен давно. В начале прошлого века он был применен для измерений водяного пара [54]. С его помощью обнаружено наличие в атмосфере закиси азота, метана, окиси углерода [55-57], налажен постоянный контроль озона и ряда других газов [58 - 63].

Для практической реализации метода разработана и в течение более 30 лет используется технология, включающая соответствующую аппаратуру и методики.

Аппаратурный комплекс, производящий разложение солнечного излучения по длинам волн, состоит из системы слежения за Солнцем, спектрометра с дифракционной решеткой и компьютера, для которого разработаны программы: управления комплексом, обработки спектров атмосферы и расчета количества газа. Комплексы созданы и эксплуатируются в различных вариантах (рис. 1).

В однородной среде связь содержания газа с интенсивностью ослабленного им излучения описывается уравнением П. Бугера (P. Bouguer) [64], которое в условиях реальной неоднородной атмосферы не имеет корректного аналитического решения. Для установления этой связи развит предложенный несколько десятилетий назад способ численного моделирования [65 - 67], базирующийся на прямом полинейном расчете спектра поглощения (line by line). Для определения содержания исследуемого газа в столбе атмосферы аппаратным комплексом регистрируется прошедшее атмосферу солнечное излучение в диапазоне длин волн, включающем

полосу поглощения исследуемого газа. Измеренная функция пропускания сопоставляется с функциями пропускания, вычисляемыми для разного содержания газа, и таким образом определяется содержание газа.

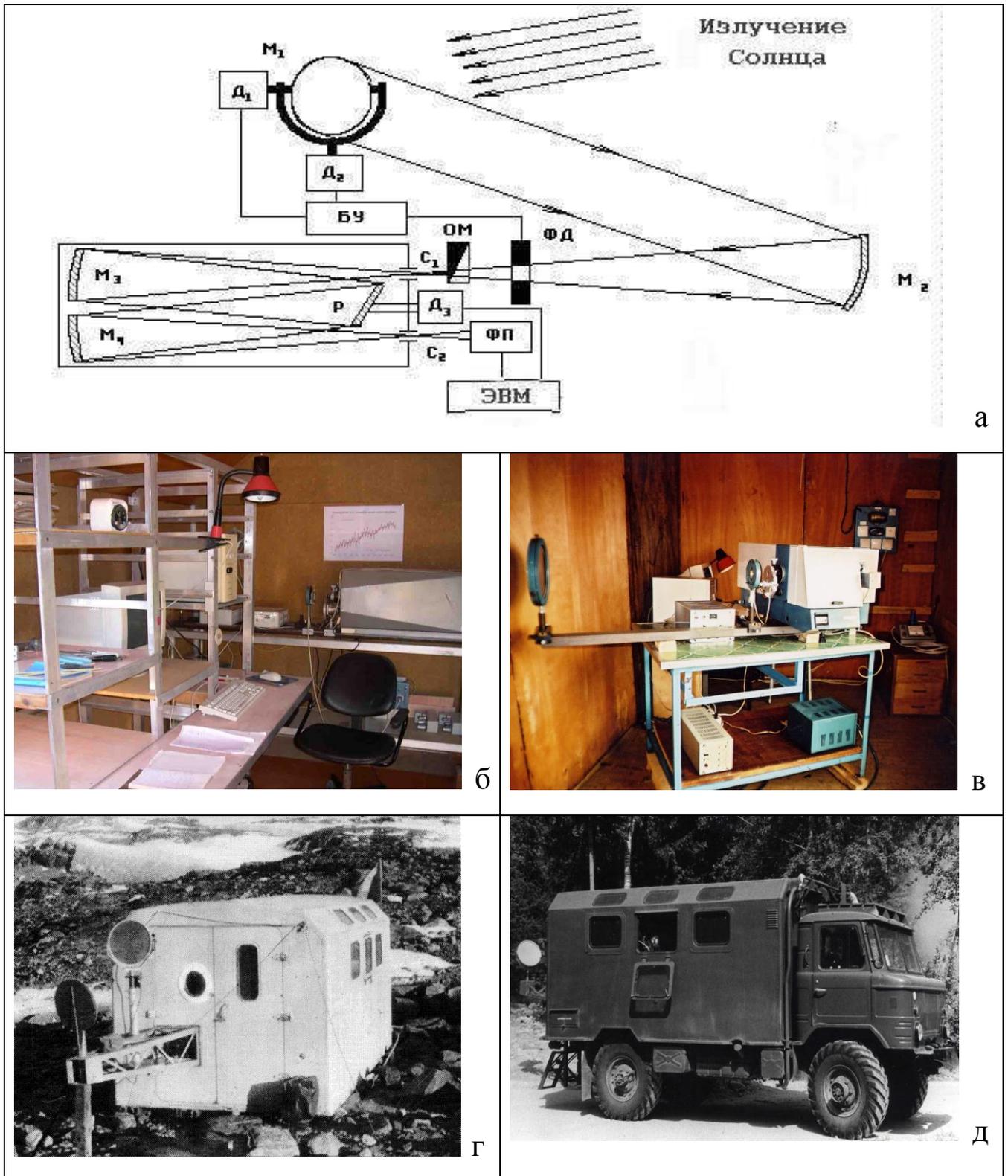


Рис. 1. Аппаратурный комплекс. (а - схема, б и в - лабораторные варианты, г - полевой вариант (Новолазаревская, Антарктида), д - передвижной вариант

Расчет проводится по модели спектра с использованием параметров

колебательно-вращательных спектральных линий [68] и априорно задаваемых среднемесячных аэрологических данных о вертикальных профилях давления, температуры и влажности. Алгоритм модели реализован в виде программы на языке FORTRAN, которая позволяет проводить прямые расчеты зависимости функции пропускания от содержания газов для различных условий в реальном времени.

Для повышения точности метода и уточнения необходимых участков солнечного спектра были проведены лабораторные эксперименты с использованием многоходовой оптической кюветы, согласованной со спектрометром аппаратного комплекса. В кювете создавались искусственные смеси газов при различных температурах и давлениях, моделирующие однородные слои на разных высотах атмосферы толщиной до 2 км. По результатам этих экспериментов была проведена корректировка метода и уточнены, приведенные в **таблице 1** участки солнечного спектра для каждого газа.

Таблица 1. Участки солнечного спектра.

Газ	Участок спектра, см ⁻¹	Газ	Участок спектра
H₂O	4853,6	CH₄	2990 – 3006 см ⁻¹
CO₂	(4849,75 – 4851,23)	O₃	Многоволновой УФ
CO	(2150,0 – 2160,0)	N₂O	435 - 453 нм

Валидация технологии мониторинга проводилась на основании данных специальных экспериментов: одновременных измерений в натуральных условиях двумя одинаковыми и разными установками и методами; сопоставления с данными одновременных измерений по методике GAW проб воздуха в приземном слое и с помощью самолета на различных высотах в разные сезоны года. Результаты самолетных и спектроскопических измерений согласуются в пределах взаимных погрешностей. Измерения в приземном слое, особенно при наличии приземной инверсии температуры, могут весьма заметно отличаться от измерений в толще атмосферы. Полное совпадение может быть только при постоянстве объемной концентрации газа в столбе атмосферы, при слабом влиянии локальных источников/стоков газа на пробы воздуха и при хорошем вертикальном перемешивании воздуха. В континентальных условиях трудно ожидать постоянного

выполнения всех этих требований, что обуславливает необходимость проведения комплексных исследований содержания газа в толще атмосферы и в приземном воздухе, которые позволят получить значительно больше надежной информации об эволюции исследуемого газа. Таким образом, задача сопоставления данных измерений в разных слоях атмосферы имеет самостоятельное научное значение. Для ее решения организован забор проб воздуха в пограничном слое атмосферы на высотах 4, 25, 100, 200 и 300 м с использованием 300-метровой высотной метеорологической мачты (ВММ) в г. Обнинске [69]. Анализ проб воздуха проводится при помощи комплекса аппаратуры, состоящего из Фурье-спектрометра с компьютером, оптической многоходовой кюветы и системы пробоподготовки. Фурье-спектрометр регистрирует излучение в диапазоне $5000 - 400 \text{ см}^{-1}$, что дает возможность анализа нескольких газов одновременно по одной записи спектра.

Данные многолетнего мониторинга с использованием этой технологии позволили определить все наиболее важные характеристики изменчивости основных радиационно-активных газов: тренды, сезонные и другие вариации с разными периодами. В качестве примера ниже приводятся некоторые из полученных результатов.

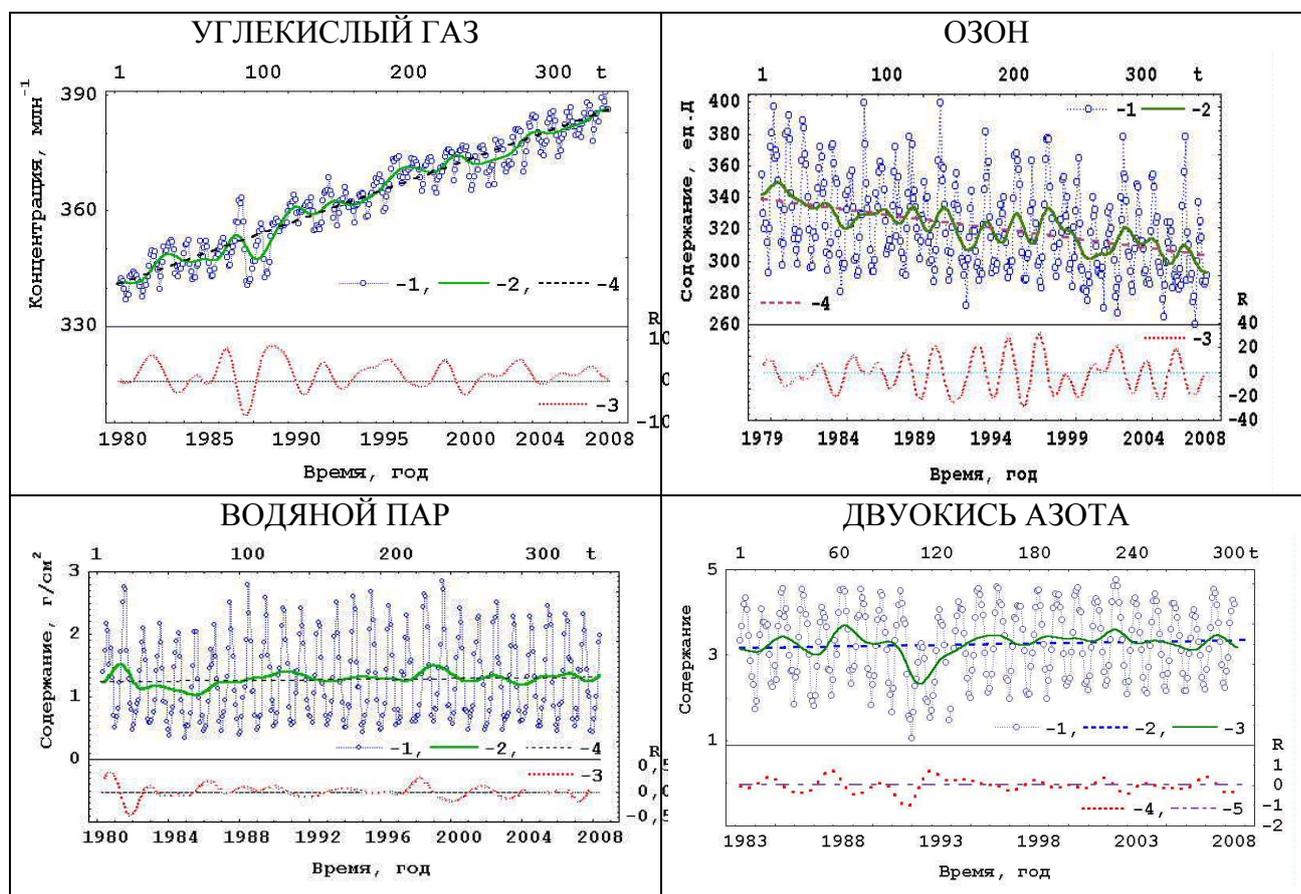
На рис. 2 приведены данные мониторинга на станции «Иссык-Куль» углекислого газа (CO_2), водяного пара (H_2O), озона (O_3) и двуокиси азота (NO_2) в виде средних месячных величин средней по высоте в атмосфере объемной концентрации CO_2 (C_M , млн^{-1}) и общего содержания в вертикальном столбе атмосферы H_2O (W_M , г/см^2), O_3 (X_M , ед. Д.) и NO_2 (Y_M , 10^{15} мол/см^2), которые демонстрируют наличия сезонных вариаций и линейного тренда.

На рисунке 2 также приведены характеризующие изменения от года к году сглаженные величины (C_T , W_T , X_T , Y_T), прямые линейного тренда и скорости изменения R в год – производные по сглаженным величинам. Сглаженные величины заметно отличаются год от года, а скорости их изменений R принимали положительные и отрицательные значения, R_C – средние за период измерений величины представлены в таблице 2. По сглаженным величинам весьма заметно влияние извержений вулканов Эль-Чичон и Пинатубо (1982–1984 и 1991-1994 гг.).

Длительные изменения CO_2 , H_2O , O_3 и NO_2 в первом приближении определяются линейным трендом:

$$D_{mt} = D_0 + t \cdot V_{\Gamma} / 12, \quad (1)$$

где D_0 и D_{mt} содержание (концентрация) газа к началу ($t = 0$) и в конце измерений, t - порядковый номер месяца;
 V_{Γ} - показатель линейного тренда (Таблица 2).



(Средние месячные – 1, сглаженные – 2, скорость роста – 3 и линейный тренд – 4)
 Рисунок 2 – Углекислый газ, водяной пар, озон, двуокись азота.

Таблица 2 Скорость изменений и параметры линейного тренда

ГАЗ	R_c	D_0	V_{Γ}	$V_{\Gamma}\%$ в ГОД	$t = 1$
CO_2	$(1,58 \pm 0,17)$ млн ⁻¹ в ГОД	$(341,04 \pm 0,45)$ млн ⁻¹	$(1,593 \pm 0,038)$ млн ⁻¹ в ГОД	0,47	Май 1980
H_2O	$(2,3 \pm 0,4) \cdot 10^{-3}$ г/см ² в ГОД	$(1,229 \pm 0,007)$ г/см ²	$(4,32 \pm 0,25) \cdot 10^{-3}$ г/см ² в ГОД	0,35	Май 1980
O_3	$-(1,7 \pm 0,7)$ ед. Д. в ГОД	$(338,93 \pm 0,240)$ ед. Д	$-(1,203 \pm 0,014)$ ед. Д в ГОД	0,36	Июнь 1979
NO_2	$(0,025 \pm 0,019)$ 10^{15} мол/см ² в ГОД	$(3,171 \pm 0,029)$ 10^{15} мол/см ²	$(0,0072 \pm 0,0021)$ 10^{15} мол/см ² в ГОД	0,23	Апрель 1983

Концентрация CO₂ выросла на ~13,6% (29 лет наблюдений), общее содержание H₂O на ~10,2% (29 лет) и NO₂ на ~5,8% (25 лет), а O₃ уменьшилось на ~10,8% (30 лет).

В течение года у всех газов прослеживаются сезонные вариации. Наибольшая амплитуда сезонного колебания прослеживается у водяного пара, достигая 150% от среднего годового значения, а наименьшая 3% у CO₂.ТЗ

Таблица 3. Параметры сезонных вариаций

ГАЗ	Максимум	Минимум	Амплитуда	
CO ₂	апрель	август	(10± 3) млн ⁻¹	3%
H ₂ O	июль	декабрь - январь	(1,91 ± 0,23) г/см ²	150%
O ₃	февраль - апрель	август – ноябрь	(79,5 ± 2,5) ед. Д,	24%
NO ₂	июнь - июль	декабрь - январь	(2,39 ± 0,04) 10 ¹⁵ мол/см ²	75%

Для соблюдения условия стационарности далее в анализе рассматриваются средние месячные величины с исключенным линейным трендом. Одной из важных статистических характеристик набора данных измерений является функция распределения (число появлений определенных значений измеряемого параметра за период наблюдений). Основные общие статистические характеристики функций распределения исследуемых газов иллюстрирует таблица 4.

Функции распределения средних месячных содержаний всех исследуемых газов в той или иной мере отличаются от нормального распределения. Они имеют двух и более вершины. При этом на относительную островершинность распределений указывает близость к нулю моментов высшего порядка, определяющие степень отклонения распределения от нормального: коэффициент асимметрии g_3 и коэффициент формы распределения (эксцесса) g_4 . Средние значения, медианы и моды не согласуются. У CO₂ и NO₂ медиана и основная, наиболее вероятная мода смещены в сторону больших значений, а у H₂O и O₃ – в сторону меньших.

Таблица 4. Статистические характеристики

Газ	D _c	M	m	D _{мин}	D _{макс}	g ₃	G ₄
C _M	340,9 ± 0,2	341,2	342	328,7	351,9	-0,4	0,1
W _M	1,25±0,04	1,13	0,55	0,32	2,81	0,5	-0,9
X _M	339,0±1,4	335,7	317,5	286,8	413,4	0,5	-0,6

Y_M	$3,18 \pm 0,05$	3,20	4,05	0,99	4,98	-0,17	-1,1
-------	-----------------	------	------	------	------	-------	------

Спектральная структура вариаций содержания исследованных газов в толще атмосферы изучалась при помощи Фурье- и вейвлет-анализов (рис. 3).

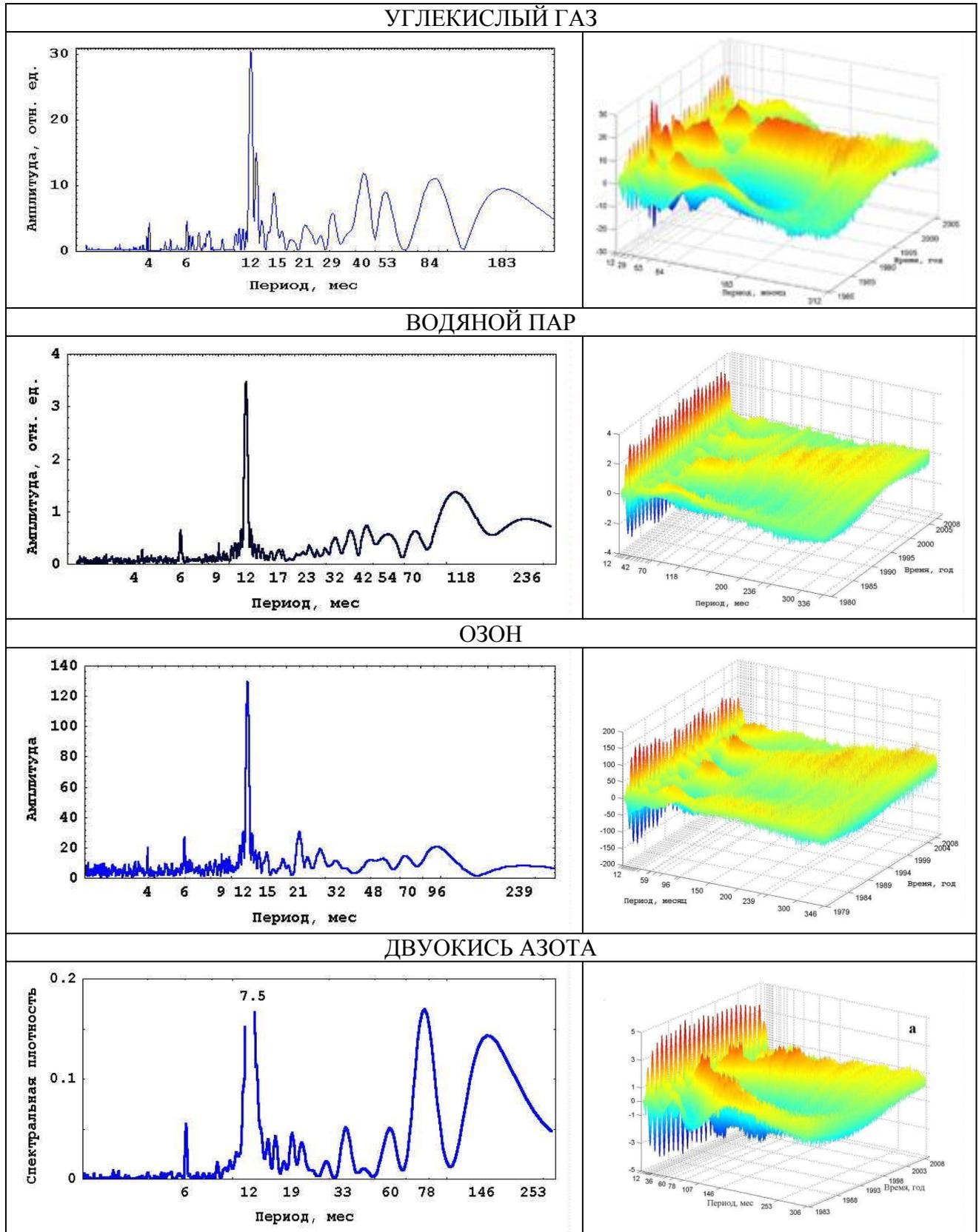


Рис. 3. Спектры вариаций

Эта структура включает сезонные, квазидвух-, квазитрех-, квазичетырех- и квазипятилетние колебания, а также более длиннопериодные (строки 1 – 5 таблицы 5соответственно).

Таблица 5– Периоды составных колебаний (мес).

CO ₂	H ₂ O	O ₃	N ₂ O
4, 6, 12, 15	4, 6, 9, 12, 17, 19	4, 6, 9, 12, 15, 18	6, 10,12, 15, 16, 19
21, 29	21, 23, 26	21, 23, 26	21, 22, 28
40	32, 36, 42	32, 48	33, 36, 42, 48
53	54, 70	59, 70	60, 78
84, 183	118, 236	96, 239	107, 146, 253

Полученные периоды не противоречат многочисленным литературным данным (например, [70 - 79]). Их связывают с квазидвухлетней цикличностью стратосферного ветра, периодичностью явления Эль-Ниньо, с взаимодействием планет солнечной системы, с циклом солнечной активности, периодичностью смены магнитного поля Солнца, с периодичностью вращения лунного перигея и движения узла лунной орбиты, а так же с суммарным действием нескольких явлений. Однако надежная привязка составных колебаний к вариациям других геофизических явлений встречает определенные трудности. Для многопараметрической нелинейной системы, какой является атмосфера, характерные времена развития и затухания пульсаций атмосферных параметров связаны с релаксационными процессами, что отражается в нестабильности фаз и амплитуд составных колебаний, а также в значительной дисперсии данных.

На рис. 4 представлены данные мониторинга в Обнинске окиси углерода в пробах приземного воздуха методом Фурье-спектроскопии за период с февраля 1998 по январь 2010 г.

Временные изменения концентрации СО складываются из периодических вариаций в диапазоне 100-450 млрд⁻¹ и из нерегулярных относительно кратковременных больших концентраций (~20% всех данных). Высокие концентрации возникают при существовании температурной инверсии (рис 5), которая, препятствуя вертикальному перемешиванию воздуха, иногда может

способствовать накоплению CO в приземном воздухе особенно при слабом ветре.

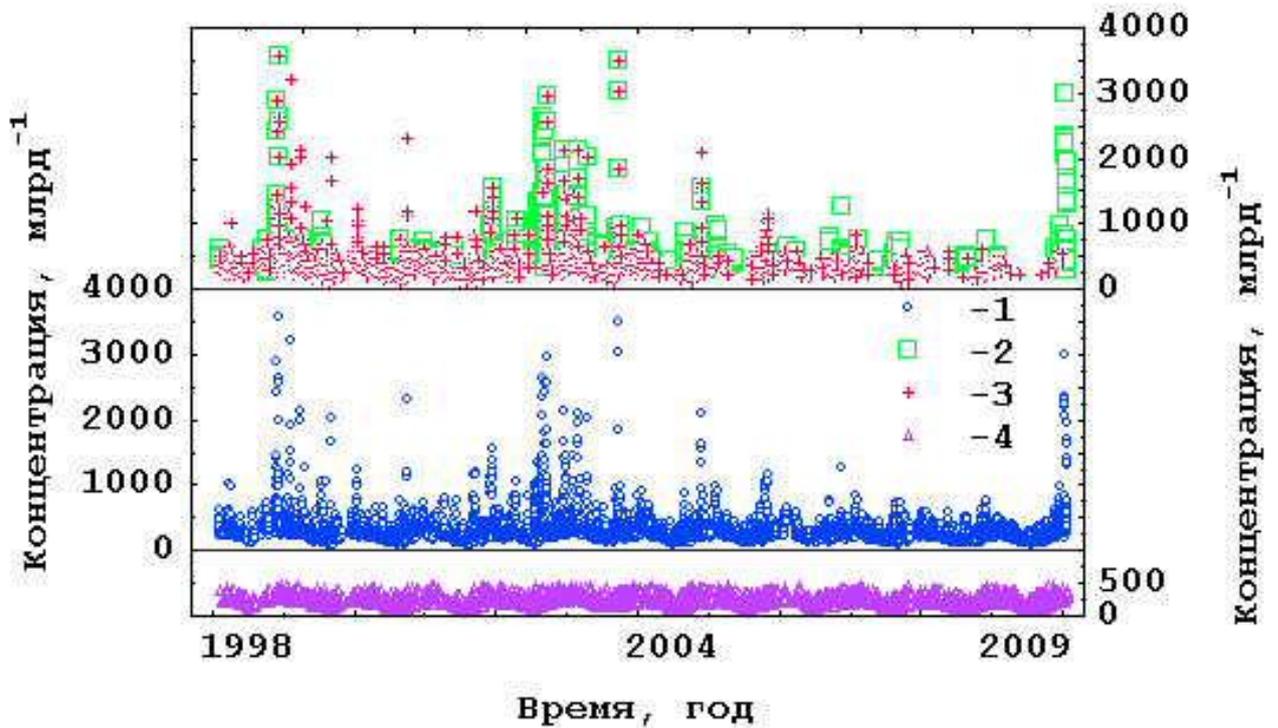


Рис. 4. Концентрация окиси углерода
(1 – исходная, 2 – с исключением значений при температурной инверсии –3 и
высоких концентраций – 4 в воздушных массах при пожарах)

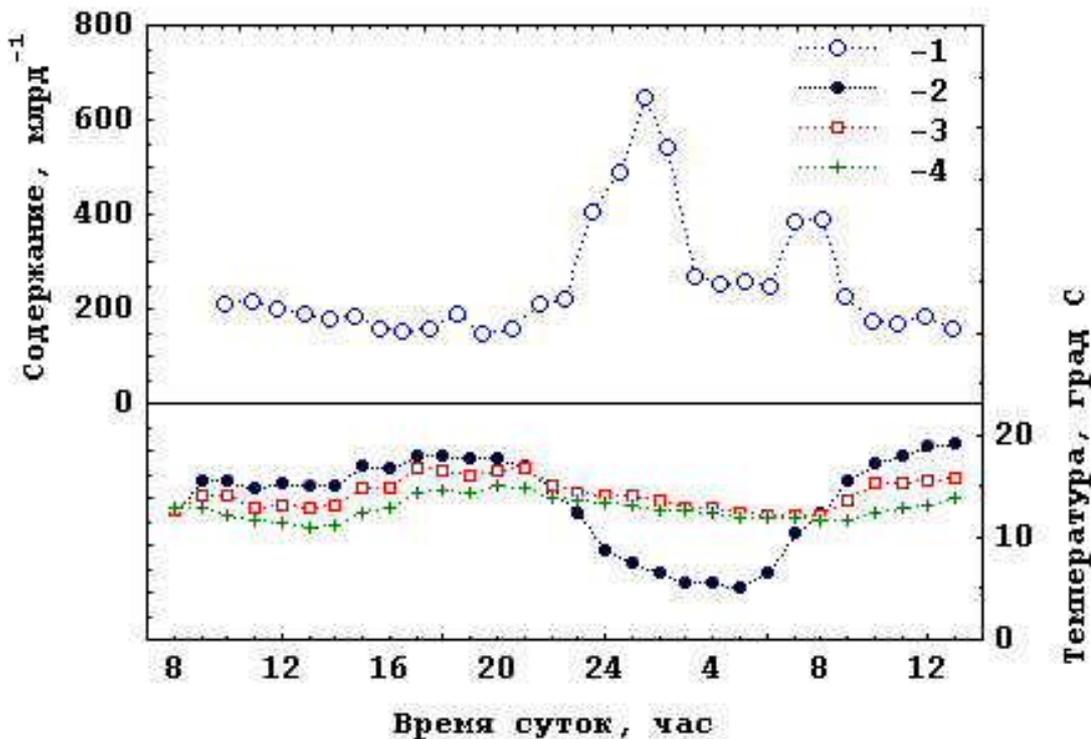


Рис. 5. Изменения концентрации окиси углерода в течении суток
(1 – концентрация, млрд⁻¹, 2-4 – температура, °С, на высотах 2, 120 и 300 м.).

Другой причиной высоких концентраций является приход к месту наблюдений

воздушных масс, насыщенных окисью углерода вследствие лесных пожаров и горения торфяников в больших масштабах в 1998 и 2002-2003 гг., а так же из-за увеличения в локальном масштабе в другие годы сжигания топлива при больших морозах при инверсии температуры.

Рис. 5 иллюстрирует изменение концентрации CO в течение суток при инверсии температуры. За короткое время при инверсии и небольшой скорости ветра происходит рост концентрации в 3 раза. После исчезновения инверсии высокая концентрация уменьшается до “нормальной”.

В нижней части рис. 4 приведены результаты измерений в часы, когда не наблюдалась температурная инверсия и аномально высокие концентрации, количество их составляет ~80% от числа всех измерений. Средние месячные концентрации CO, вычисленные по этим данным, сопоставлены на рис. 6 с результатами измерений концентрации CO за совпадающий период на станциях мониторинга атмосферы GAW, расположенных на широтах, близких к широте Обнинска. Координаты станций, их высоты над уровнем моря (H), средние за сравниваемый период значения и основные характеристики линейного тренда и сезонных вариаций, представлены в таблице 6.

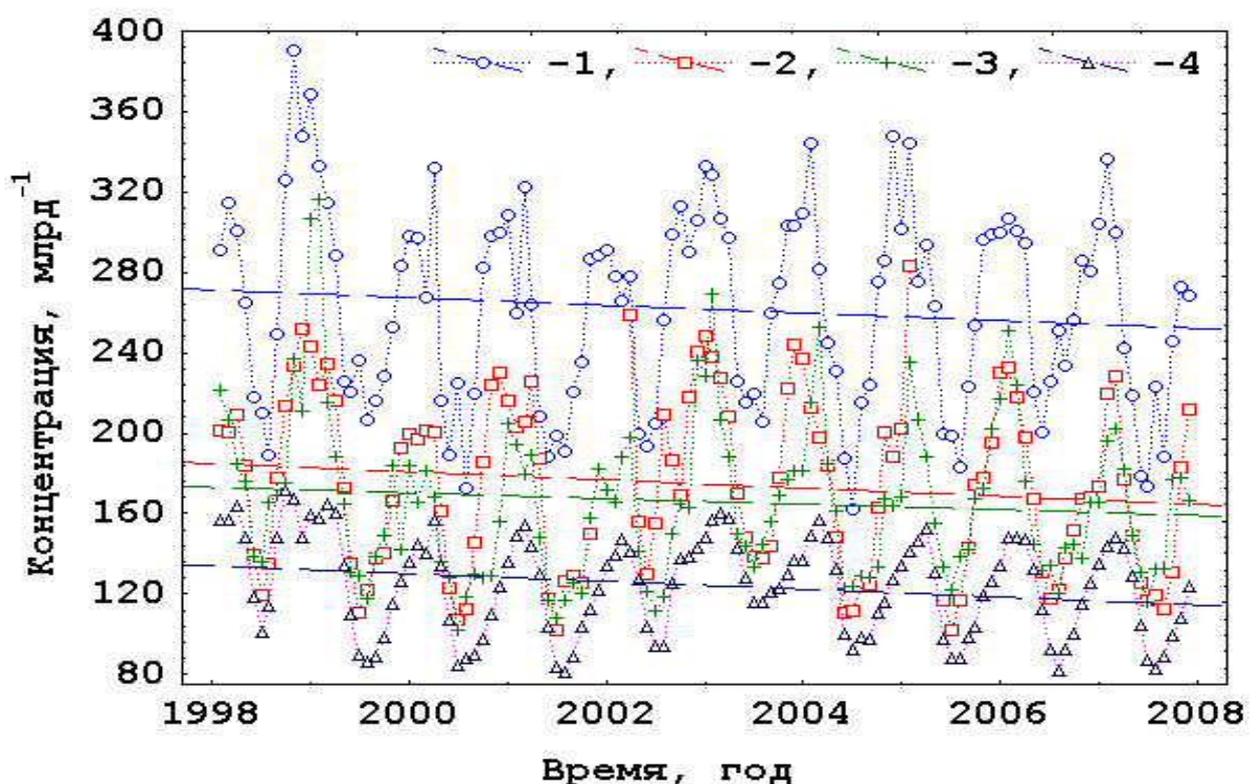


Рис. 6. Концентрация окиси углерода на разных станциях (номера в таблице 7).
 . Таблица 6. Характеристики изменчивости СО по данным разных станций.

Станции. Координаты, град	Н, м	C _c , млрд ⁻¹	Линейный тренд		Сезонные вариации		
			C ₀ , млрд ⁻¹	В% в год	Макс.	Мин.	А%
1. Обнинск, 55.1 N, 36.9 E	186	261.5 ± 4.4	270.6 ± 9.2	-0.7	Январь	Июнь	53 ± 10
2. Baltic Sea, 55.35 N, 17.22 E	28	174.8 ± 4.3	184.9 ± 8.2	-1.1	Февраль	Июль	61 ± 13
3. Hohenpeissenberg, 47.8 N, 11.02 E	985	166.1 ± 3.7	173.1 ± 7.4	-0.8	Февраль	Июль	59 ± 13
4. Mace Head, 53.33 N, 9.9 W	25	124.3 ± 2.2	134.1 ± 4.4	-1.5	Март	Июль	49 ± 11

Коэффициенты корреляции средних месячных концентраций СО на разных станциях высокие и составляют 0,70-0,85. Линейный тренд на всех станциях отрицательный. Характеристики сезонных вариаций практически совпадают. Самые большие концентрации СО наблюдаются в Обнинске, а самые маленькие - на станции Mace Head, где самый высокий показатель линейного тренда. На Европейском континенте прослеживается четкая тенденция падения концентрации с уменьшением долготы с востока на запад. В целом основные характеристики и тенденции изменчивости концентрации СО на всех станциях согласуются

Таблица 7?. Характеристики станций мониторинга ГУ НПО «Тайфун»

Станция, Соисполнители	Место измерений	Измеряемые компоненты	Начало работ	Слой атмосферы
Иссык-Куль ИФН КГНУ	42.63 ⁰ N, 76.99 ⁰ E Киргизстан	H ₂ O, CO ₂ , O ₃ , N ₂ O	1980	Вся толща
		CH ₄ , CO, NO	2005	
Новолазоревская ГУ ААНИИ, ИФРАН	70.77 ⁰ S, 11.83 ⁰ E. Антарктида	H ₂ O, CO ₂ , CH ₄ , CO, O ₃ , N ₂ O	2000	Вся толща
		CO ₂ , CH ₄	2000	Приземный
ГУ ААНИИ, ГУ ГГО	РАЭ НИС	CO ₂ , CH ₄ , O ₃	2000	Приземный
Обнинск	55.11 ⁰ N, 36.57 ⁰ E	H ₂ O, CO ₂ , CH ₄ , CO, N ₂ O	1998	Вся толща
		CO ₂ , CH ₄ , CO, N ₂ O	1998	Приземный
Обнинск	ВММ	CO ₂ , CH ₄ , CO, N ₂ O	2003	Пограничный

ESRL NOAA USA		$^{13}\text{CO}_2, \text{C}^{18}\text{O}_2, \text{H}_2, \text{SF}_6$	4- 300 м
---------------	--	--	----------

*) ИФН КГНУ – Институт физических наук Киргизского госнационального университета,
ИФА РАН – Институт физики атмосферы Российской академии наук,
НИС РАЭ – Научно-исследовательские суда Российской Антарктической экспедиции,
ГУ ААНИИ – Государственное учреждение Научно-исследовательский институт Арктики и Антарктики, ГУ ГГО – Государственное учреждение Главная геофизическая обсерватория,
ESRL NOAA USA – Earth System Research Laboratory.

Разработанные технологии мониторинга МГС в толще и приземном слое атмосферы используются в исследованиях МГС, проводимых при участии других научных институтов на трех стационарных станциях наблюдений, а так же на ВММ и эпизодически в воздухе над океаном на Научно-исследовательских судах Российской Антарктической экспедиции - НИС РАЭ. (Таблица 9). Результаты исследований на этих станциях опубликованы в [80-122].

Авторы благодарят сотрудников организаций соисполнителей и сотрудников Высотной метеорологической мачты ГУ НПО «Тайфун» за участие в отдельных этапах НИР.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-05-00356).

СПИСОК литературы

1. Арефьев В. Н. Арутюнова Г.А. Некоторые результаты исследования функций поглощения водяного пара в полосах 1,14; 1,38; 1,87 мкм при температурах +20:-30 С Известия АН СССР. ФАО.-1973. -Т.9. № 12 -С.1283-1289.
2. Арефьев В. Н. Волковицкий О.А. Гончаров Н.В. Дианов-Клоков В.И. Оптическая многоходовая кювета для исследования поглощения искусственными атмосферами ПТЭ.-1974.- №1. С.198-201.
3. Арефьев В. Н. Дианов-Клоков В.И. Радионов В.Ф. Сизов Н.И. Модельные исследования ослабления излучения CO_2 -лазера чистым водяным паром при температурах 20 и 50 С Труды ИЭМ –1975. -В.11(54). - С.72-81.М., Гидрометеиздат
4. Арефьев В. Н. Дианов-Клоков В. И. Радионов В. Ф. Сизов Н. И. Лабораторные измерения ослабления излучения CO_2 -лазера чистым водяным паром Оптика и спектроскопия.-1975.-Т.39.- №5.-С.982-983.
5. Арефьев В. Н. Дианов-Клоков В.И. К оценке влияния метеорологических факторов на ослабление лазерного излучения 10,6 мкм континуумом водяного пара в "чистой" атмосфере Квантовая электроника -1976. -Т.3. -№4.-С.923-926
6. Арефьев В. Н. Дианов-Клоков В.И. Сизов Н.И. О механизме поглощения излучения в континууме водяного пара при 1000 см Труды ИЭМ.-1976.-В.4(61). - С.11-17. М., Гидрометеиздат
7. Арефьев В. Н. Дианов-Клоков В.И. К сопоставлению модельных и натурных измерений поглощения в окне прозрачности атмосферы Труды ИЭМ. -1976. -В.4(61). - С.18-21.М., Гидрометеиздат
8. Арефьев В. Н. Дианов-Клоков В.И. Ослабление излучения 10,6 мкм водяным паром и роль

димера Оптика и спектроскопия.-1977.-Т.42.-№5.-С.849-855

9. Арефьев В. Н. Сизов Н.И. Резонансное поглощение излучения CO₂-лазера углекислым газом Квантовая электроника.-1977. -Т.4.-№6.-С.1361-1364

10. Арефьев В. Н. Дианов-Клоков В. И Молекулярное поглощение излучения CO₂-лазеров в тропосфере Земли при устойчивых антициклональных ситуациях Квантовая электроника.-1977. -Т.4.-№6.-С.1364-1368

11. Арефьев В. Н. Дианов-Клоков В. И. Сизов Н. И. Исследование ослабления излучения CO₂-лазера атмосферой Труды ИЭМ.-1977.-В.7(75).-С.109-128. М., Гидрометеиздат

12. Арефьев В. Н. Дианов-Клоков В. И. Пугачев Н. С. Сизов Н.И. Тарабухин В. М. Погадаев Б. Н. Измерение параметров молекулярного кислорода в полосе поглощения 0,76 мкм Труды ИЭМ.-1978. -В. 8(81).-С.99-104.М., Гидрометеиздат

13. Арефьев В. Н. Каменогородский Н.Е Влияние температуры и влажности на величину эхо-сигнала при зондировании атмосферы на длине волны 10,6 мкм Труды ИЭМ.-1978. -В. 8(81).-С. 105-109.М., Гидрометеиздат

14. Арефьев В. Н. Дианов-Клоков В. И. Сизов Н. И. Лабораторные исследования роли аэрозоля в ослаблении излучения 10,6 мкм водяным паром Известия АН СССР ФАО.-1978 Т.14.-№12.-С.1318-1321

15. Арефьев В. Н. Сизов Н. И. Лабораторные исследования ослабления излучения в окне относительной прозрачности атмосферы 8-13 мкм В кн.: Проблемы метеорологии. -Л., -1979. -С.78-85

16. Арефьев В. Н. Ослабление излучения в окне относительной прозрачности атмосферы 8-13 мкм (аналитический обзор) Метеорология и гидрология -1980. -№1. - С.97-112. М., Гидрометеиздат

17. Aref'ev V.N. Dianov-Klokov V.I. Ivanov V.M. Sizov N.I. CO₂-laser radiation absorption in 1000 cm water vapor continuum. Journ. de Phys., -1980. -V.41, № 11. P.101-105.

18. Aref'ev V.N. Dianov-Klokov V.I. Ivanov V.M. Sizov N.I. Water vapor continuum absorption at 8-13 m J. Quant. Spectrosc. Rad. Trans. -1981,-v.25. -P.83-92

19. Арефьев В. Н. Погадаев Б. Н. Сизов Н. И Поглощение излучения 9...11 мкм в континууме водяного Труды ИЭМ –1982. -В.12(96) -С. 119-120. М., Гидрометеиздат

20. Арефьев В. Н. Вишератин К.Н. Коэффициенты поглощения излучения CO₂ лазера аммиаком Труды ИЭМ. –1982 -В.12(96) -С. 121-124. М., Гидрометеиздат

21. Арефьев В. Н. Исследование поглощения излучения перестраиваемого CO₂-лазера водяным паром в диапазоне 9...11 мкм Квантовая электроника. -1983. -Т.10.-№ 3. -С. 496-502.

22. Арефьев В. Н. Вишератин К.Н. Влияние уширения и самоуширения на величины коэффициентов поглощения аммиака в полосе ν₂ Труды ИЭМ. –1984. -В.14(110).-С. 75-81. М., Гидрометеиздат

23. Арефьев В. Н. Вишератин К.Н. Погрешности определения NH₃ по поглощению воздухом излучения CO₂ -лазера Труды ИЭМ. –1984. -В.14(110). -С. 81-86. М., Гидрометеиздат

24. Арефьев В. Н. Погадаев Б.Н. Сизов Н.И. Лабораторные исследования поглощения излучения перестраиваемого CO₂-лазера в континууме водяного пара Труды ИЭМ. –1984. -В.14(110). -С. 86-92. М., Гидрометеиздат

25. Арефьев В. Н. Сизов Н.И Роль аэрозоля при измерениях континуального поглощения излучения водяным паром в лабораторных экспериментах с помощью многоходовой оптической кюветы Труды ИЭМ. –1984. -В.14(110). -С. 93-99.М., Гидрометеиздат

26. Арефьев В. Н. Попова В.Н. Сизов Н.И. Молекулярное поглощение излучения CO₂-лазеров в приземном слое атмосферы Труды ИЭМ. –1984. -В.14(110). -С. 99-117.М., Гидрометеиздат

27. Арефьев В. Н. Вишератин К.Н. Коэффициенты поглощения излучения CO₂-лазера гексафторидом серы, этиловым спиртом и аммиаком Ж. прикладной спектроск.-1985, т.42, вып.1. С.150.

28. Арефьев В. Н. Пропускание тропосферой излучения лазеров на молекулах различных изотопов углекислого газа Квантовая электроника.-1985. -Т.12.-№ 3.-С. 631-634

29. Арефьев В. Н. Вишератин К.Н. Поглощение излучения CO₂-лазера вблизи центров

колебательно-вращательных линий аммиака полос ν_2 и $2\nu_2-\nu_2$. Труды ИЭМ. –1986. -В. 17(116). –С. 99-102.М., Гидрометеоиздат

30. Арефьев В. Н. Кистанов Е.И. Кумыков Х.К. Погадаев Б.Н. Сизов Н.И. Измерения ослабления излучения CO₂-лазера на приземной трассе Труды ИЭМ. –1986. -В. 17(116). –С. 102-111. М., Гидрометеоиздат

31. Акименко Р.М. Арефьев В. Н. Баранов Ю.И. Вишератин К.Н. Сизов Н.И. Молекулярное поглощение тропосферой излучения лазеров на семи изотопах углекислого газа Труды ИЭМ. – 1986. -В. 18(119). –С. 3-23.М., Гидрометеоиздат

32. Арефьев В. Н. Вишератин К.Н. Сизов Н.И. Селективное поглощение водяным паром излучения линии P40 CO₂-лазера Труды ИЭМ. –1986. -В. 18(119). –С. 23-26. М., Гидрометеоиздат

33. Арефьев В. Н. Вишератин К.Н. Влияние температуры на поглощение аммиаком излучения CO₂-лазера Труды ИЭМ. –1986. -В. 18(119). –С. 26-32. М., Гидрометеоиздат

34. Арефьев В. Н. Баранова Е.Л. Вишератин К.Н. Спектроскопические параметры линий поглощения аммиака в области 9...11 мкм Труды ИЭМ. –1987. -В. 19(125). –С. 78-85. М.: Гидрометеоиздат

35. Арефьев В. Н. Баранов Ю.И. Сизов Н.И. Селективное поглощение водяным паром излучения линии P20 CO₂-лазера Труды ИЭМ. –1987. -В. 19(125). –С. 85-87. М.: Гидрометеоиздат

36. Акименко Р.М. Арефьев В. Н. Баранов Ю.И. Серегин А.М. Сизов Н.И. Чебуркин В.В. Поглощение водяным паром излучения CO₂-лазеров на изотопах ¹³C¹⁶O₂, ¹²C¹⁶O₂ Оптика атмосферы, -1988. Т.1, № 11. -С. 104-107.

37. Акименко Р.М. Арефьев В. Н. Баранов Ю. И. Серегин А.М. Сизов Н.И. Чебуркин В.В. Исследование молекулярного поглощения водяным паром излучения лазеров на изотопах ¹³C¹⁶O₂ и ¹²C¹⁸O₂ Труды ИЭМ. –1989. -В. 49(139). –С. 93-99. М.: Гидрометеоиздат.

38. Арефьев В. Н. Молекулярное поглощение водяным паром излучения в окне от-носительной прозрачности атмосферы 8-13 мкм Оптика атмосферы, -1989. Т.2, № 10. -С. 1034-1054

39. Арефьев В. Н. Вишератин К.Н. Исследование спектральных параметров колебательно-вращательных линий SO₂ полосы ν_1 . Оптика атмосферы, -1989. Т. 2, № 11.-С. 1160-1165

40. Арефьев В. Н. Гончаров Н. В. Погадаев Б. Н. Сизов Н. И. Поглощение излучения лазеров на изотопах CO₂ в атмосфере Известия АН СССР. ФАО.-1990. -Т.26. № 4. –С. 377-381

41. Арефьев В. Н. Молекулярное поглощение излучения в окне относительной прозрачности атмосферы 8-13мкм Известия АН СССР. ФАО.-1991. -Т.27. № 11. -С. 1187-1225.

42. Арефьев В. Н. Баранов Ю.И. Баранова Е.Л. Поглощение водяным паром излучения в области 5,2-5,6 мкм Известия АН СССР. ФАО. -1991.-Т.27, № 2 С.1333-1341

43. Арефьев В. Н. Павлова Л.Н. Погадаев Б.Н. Ослабление аэрозолем излучения CO₂-лазеров в условиях высокой прозрачности Труды ИЭМ. –1992. -В. 23(146). –С. 105-111.М.: Гидрометеоиздат

44. Акименко Р.М. Арефьев В. Н. Баранова Е.Л. Приближенный расчет молекулярного поглощения излучения CO₂-лазера воздухом Труды ИЭМ. –1992. -В. 23(146). –С. 102-105. М.: Гидрометеоиздат

45. Арефьев В. Н. Бугрим Г.И. Вишератин К.Н. Сизов Н.И. Влияние параметров атмосферы на результаты дистанционного газоанализа. Изв. АН СССР. ФАО.-1992. -Т.28. № 4. -С. 391-397.

46. Арефьев В. Н. Баранов Ю.И. Баранова Е.Л. Исследование эффектов спектрального обмена в Q-ветви полосы поглощения углекислого газа 5,32 мкм Известия АН . ФАО. –1995. -Т. 31, №6. -С. 796-799.

47. Арефьев В. Н. Вишератин К.Н. Каменоградский Н.Е. Кашин Ф.В. Устинов В.П. Спектроскопические исследования атмосферы Вопросы физики атмосферы, Сб. статей. С-Пб. Гидрометеоиздат 1998. -С. 413-429

48. Callendar D. S. The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. – Quart. J. Roy. Met. Soc., 1938,-v. 64, -№27, p. 223-240.

49. Будыко М. И. Влияние человека на климат. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972, 47 с. 37.

50. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. –Л.: Гидрометеиздат, 1979, 375 с.
51. Александров Э. Л., Седунов Ю. С. Человек и стратосферный озон. Л.: Гидрометеиздат, 1979, 104 с.
52. Кароль И.Л., Розанов В.В., Тимофеев Ю.М. Газовые примеси в атмосфере. //Л.: Гидрометиздат, 1983,- 192 с.
53. Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory. Summary Report № 27, 2002-2003. // ed. R.C. Schnell, NOAA Oceanic and Atmos. Res., Boulder, CO. 174 p.
54. Fowle F.E. The spectroscopic determination of aqueous vapor //Astrophys. J. An international review of spectroscopy and astronomical physics. 1912. V.35,N3. P.149-162.
55. Adel A. On the continuous spectrum of stars with extended atmospheres//Astrophys. J. 1939. V.90, N4.P.627-629.
56. Migeotte M. V.,Marcel V. New identifications in the infrared solar spectrum//Astron. J.- 1948. - Vol. 54, N 2(1174).-P.45.
57. Migeotte M.V. The fundamental band of carbon monoxide at 4,7 mm in the solar spectrum//Ph.Rev.-1949.-V.75,N7.-P.1108-1109.
58. Dobson G.M.B. A photoelectric spectrophotometer for measuring the amount of atmospheric ozone //Proc. Phys. Soc. -1931.-V. 43, N 238. - P.324-339.
59. Дианов-Клоков В. И. Спектроскопические исследования фонового содержания газовых примесей в атмосфере // Вестник. АН СССР. 1980. N 4. С. 33-41.
60. Nordstrom R.J., Shaw J.N., Skinner W.R., Chan W.H., Calvert J.G., Uselman W.M. Application of computer-simulated infrared solar spectra to the detection of atmospheric fluorocarbon-12 // Appl.Spectr.- 1977.- Vol. 31, N 3.- P.224-229.
61. Дианов-Клоков В. И., Юрганов Л. Н. Измерения интегрального содержания примесей CO, CH₄ и N₂O в атмосфере // Изв. АН СССР. ФАО. - 1982.- Е.18, N 7.- С. 1159-1167.
62. Rinsland C. P., Smith M. A. N.,Rinsland P. L., Goldman A., Brault J. W., Stokes G. M. Groundbased infrared spectroscopic measurement of atmospheric hydrogen cyanide // J.Geophys. Res.- 1982.- Vol.87, N 13.- P.11119-11125.
63. Rinsland C.P., Goldman A., Murcray F.J., Murcray F.H., Murcray D.G., Levine J.S. Infrared measurements of increased CF₆CL (CFC-12) absorption above the South Pole// Appl.Opt. -1988. - Vol. 27, N 3. - P.627-630.
64. Бугер П. Оптический трактат о градации света.М.: АН СССР, 1950. –479 с.
65. Броунштейн А.М., Парамонова Н.Н., Фролов А.Д., Шашков А.А.Оптический метод определения общего содержания CO₂ в вертикальном столбе атмосферы. // Тр. ГГО.- 1976.- Вып.369.-С.5-24.
66. Пугачев Н. С., Дианов-Клоков В. И., Доронина Т. Н. Измерение спектроскопическим методом содержания CO во всей толще атмосферы над Звенигородом 1983-1984 гг. // Изв. АН СССР. ФАО.- 1985.- Т.21, N 7.- С.744-788.
67. Niple E. Nonlinear least squares analysis of atmospheric absorption spectra //Appl. Opt.- 1983.- Vol.19, N 20.-P.3481- 3490.
68. L.S. Rothman a, I.E.Gordon a, A.Barbe b, D.ChrisBenner c, P.F.Bernath d, M.Birk e, V.Boudon f, L.R. Brown g, A.Campargue h, J.-P.Champion f, K.Chance a, L.H.Coudert i, V.Danaj, V.M.Devi c, S. Fally k,1, J.-M.Flaud i, R.R.Gamache l, A.Goldmanm, D.Jacquemart n, I.Kleiner i, N. Lacomme n, W.J.Lafferty o, J.-Y.Mandin j, S.T.Massie p, S.N.Mikhailenko q, C.E.Miller g, N. Moazzen-Ahmadi r, O.V.Naumenko q, A.V.Nikitin q, J.Orphal i, V.I.Perevalov q, A.Perrin i, A.Predoi-Cross s, C.P.Rinsland t, M.Rotger b,f, M.S`imec`kova` a,2, M.A.H.Smith t, K.Sung g, S.A.Tashkun q, J.Tennyson u, R.A.Toth g, A.C.Vandaele v, J.VanderAuwera / The HITRAN 2008 molecular spectroscopic database // Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer 110 (2009) 533–572.
69. Иванов В.Н. Использование высотной метеорологической мачты ИЭМ для изучения пограничного слоя атмосферы. // Труды ИЭМ. 1970. вып. 12. М.: Гидрометеиздат. 144 с.
70. Bohme W. A change of circulation pattern in middle latitudes in connection with the 26-month cycle //Тр.Межд. симп. "Динамика крупномасштабных атмосферных процессов" -М.: Наука. 1965.

C. 402—409.

71. Jiang N., Neelin J. D., Ghil M. Quasi-quadrennial and quasi-biennial variability in the equatorial Pacific // *Climat Dynamics*. 1995. V. 12. P. 101-112.

72. Kane R. P. Quasi-biennial and quasi-triennial oscillations in geomagnetic activity indices // *Ann. Geoph.* 1997. V. 15. P. 1581-1594.

73. Монин А. С., Шишков Ю. А. О пятилетней цикличности глобальной погоды // *ДАН*. 1998. Т. 358. № 3. С. 395-398.

74. Baldwin M. P., Dunkerton T. J. Biennial, quasi-biennial, and decadal oscillations of potential vorticity in the northern stratosphere // *J. Geoph. Res.* 1998. V.103. P.3919–3928.

75. Rivin Yu. R. The 22 -year cycle of geomagnetic activity // *Intern. J. Geom. Aeron.* 1999. V 1. №2. P. 111-116.

76. Baldwin M. P., Gray L. J., Dunkerton T. J., Hamilton K., et al. The quasi-biennial oscillation. // *Rev. Geoph.* 2001. V. 39. P. 179–229.

77. Dunkerton T. J. Quasi-biennial and subbiennial variations of stratospheric trace constituents derived from HALOE observations // *J. Atm. Sci.* 2001. V. 58. P. 7–25.

78. Иванов В. В. Периодические колебания погоды и климата // *УФН*. 2002. Т. 172, №7. С. 777-811.

79. Labitzke K. The global signal of the 11-year sunspot cycle in the atmosphere: when do we need the QBO? // *Meteor. Zeitschr.* 2003. V. 12. № 4. P. 209-216.

80. Арефьев В. Н. Дианов-Клоков В.И. Малков И.П. Полевой спектральный комплекс для исследований содержания в атмосфере загрязняющих газов Труды ИЭМ.-1978.-В. 8(81).-С.73--78. М., Гидрометеиздат

81. Арефьев В. Н. Каменоградский Н. Е Сизов Н. И. Лабораторные исследования спектрального метода определения содержания углекислого газа в атмосфере В кн.: Проблемы атмосферного углекислого газа. Тр. советско-американского симпозиума (Душанбе, 12- 20 октября 1978 г.). 1980, с.278-282. Л.: Гидрометизд.

82. Акименко Р. М Арефьев В. Н. Каменоградский Н. Е Сизов Н. И. Устинов В. П. О спектроскопическом методе определения содержания CO₂ в атмосфере *Метеорология и гидрология* -1979.-№6. -С.102-105. М., Гидрометеиздат

83. Арефьев В. Н. Каменоградский Н.Е Кашин Ф.В Кумыков Х.К Погадаев Б.Н. Погрешности определения содержания углекислого газа в атмосфере полевым спектральным комплексом Труды ИЭМ –1982. В.12(96) -С.15-21. М., Гидрометеиздат.

84. Арефьев В. Н. Сизов Н. И. Устинов В. П. Измерения содержания водяного пара в атмосфере над океаном спектроскопическим методом Труды ИЭМ –1982. -В.12(96) -С.25-31. М., Гидрометеиздат

85. Арефьев В. Н. Александров Э. Л. Пророк В. П. Комплекс аппаратуры для моделирования стратосферных фото-химических процессов В сб.: "Атмосферный озон", М.: Наука.–1983. С.60-65.

86. Арефьев В. Н. Дудникова Н.И. Каменоградский Н.Е Кашин Ф.В. Сорокина Л.И. Спекторов Л.А. Устинов В.П. Спектроскопические измерения атмосферного углекислого газа в районе озера Иссык-Куль Труды ИЭМ. –1984. -В.14(110). -С. 59-66. М., Гидрометеиздат

87. Арефьев В. Н. Богданов С. Виденов П. Устинов В.П. Измерения содержания окиси углерода на западном побережье Черного моря Труды ИЭМ. –1986. -В. 17(116). –С. 78-81. М., Гидрометеиздат

88. Арефьев В. Н. Кашин Ф.В. Каменоградский Н.Е Мухометшина Л.А. Модельные исследования функции пропускания атмосферы в области 2,06 мкм Труды ИЭМ. –1987. -В. 19(125). –С. 48-54. М.: Гидрометеиздат

89. Арефьев В. Н. Каменоградский Н.Е Игнатова Н.И. Семенов В.К. Синяков В.П. Смирнова С.Б. Сорокина Л.И. Спекторов Л.А. Общее содержание озона в районе оз. Иссык-Куль в 1979-1984 гг. Труды ИЭМ. –1987. -В. 19(125). –С. 65-75. М.: Гидрометеиздат

90. Акименко Р.М. Арефьев В. Н. Брижанская Л.Л. Кашин Ф.В. Каменоградский Н.Е Сорокина Л.И. Спекторов Л.А. Исследование углекислого газа в атмосфере *Оптика атмосферы*, -1988. Т.1, № 9. -С. 49-53.

91. Акименко Р.М. Арефьев В. Н. Брижанская Л.Л. Каменоградский Н.Е. Кашин Ф.В. Пророк Л.А. Сорокина Л.И. Спекторов Л.А. Исследование изменчивости содержания углекислого газа в атмосфере спектроскопическим методом. Распространение оптическ. волн в атмосф. и адаптив. оптика. Сб. научных трудов. –1988. С. 33-36. Томск, ТФ СО АН СССР
92. Арефьев В. Н. Дудникова Н.И. Кашин Ф.В. Каменоградский Н.Е. Семенов В.К. Синяков В.П. Спекторов Л.А. Спектроскопические исследования изменчивости малых газовых составляющих атмосферы. Распространение оптическ. излучения в случайно-неоднородн. средах. Сб. науч.тр. –1988. С. 66-69. Томск, ТФ СО АН СССР
93. Арефьев В. Н. Лопосов В.П. Макогон М.М. Синица Л.Н. Солодов А.М. Тырышкин И.С. Прикладная спектроскопия атмосферы. Современные методы экспериментальных исследований. Томск, ТФ СО АН СССР. –1988. -262 с.
94. Акименко Р.М. Арефьев В. Н. Кашин Ф.В. Каменоградский Н.Е. Пророк Л.А. Устинов В.П. Лабораторные исследования спектрального поглощения водяным паром в области 2,06 мкм Труды ИЭМ. –1989. -В. 49(139). –С.116-124.М.: Гидрометеоздат.
95. Арефьев В. Н. Кашин Ф.В. Каменоградский Н.Е. Измерения атмосферного угле-кислого газа в районе озера Иссык-Куль В кн.: Всесоюз. совещание. “Состояние и охрана воздушного бассейна курортных районов (Кисловодск, 10-13 апреля 1989 г.)” Сб. докл. -1990, С. 101-107. Кисловодск, ИФА АН СССР.
96. Арефьев В. Н. Дудникова Н.И. Спекторов Л.А. Спектральная прозрачность атмосферы по наблюдениям на оз. Иссык-Куль В кн.: Всесоюз. совещание. “Состояние и охрана воздушного бассейна курортных районов Кисловодск, 10-13 апреля 1989 г.)” Сб. докл. -1990, С. 107-113. Кисловодск, ИФА АН СССР.
97. Арефьев В. Н. Кашин Ф.В. Устинов В.П. Вариации общего влагосодержания атмосферы над Иссык-Кульской котловиной В кн.: Всесоюз. совещание. “Состояние и охрана воздушного бассейна курортных районов (Кисловодск, 10-13 апреля 1989 г.)” Сб. докл. -1990, С. 226-229. Кисловодск, ИФА АН СССР
98. Арефьев В. Н. Дудникова Н.И. Спекторов Л.А. Изучение вариаций дисперсности аэрозоля по натурным измерениям спектральной прозрачности Известия АН СССР. ФАО.-1990. -Т.26. № 4.- С.510-516
99. Арефьев В. Н. Кашин Ф.В. Каменоградский Н.Е. Систематические измерения концентраций углекислого газа в атмосфере Известия АН СССР. ФАО. -1990. -Т.26. № 6. -С. 584-593
100. Aref'ev V. N. Semyonov V.K. Spectral transparency of the atmosphere in the central of the European-Asian continent Atmospheric Environment, 1994, v.28, № 5. P.997-999
101. Арефьев В. Н. Баранов Ю.И. Гончаров Н.В. Сизов Н.И. Комплексы аппаратуры для исследований ослабления ИК-излучения атмосферными газами в лабораторных и натуральных условиях Труды ИЭМ. –1995.-В. 25(160). –С. 108-118. М.: Гидрометеоздат
102. Арефьев В. Н. Вишератин К.Н. Кашин Ф.В. Устинов В.П. Аппаратура для измерений спектроскопическим методом интегрального содержания газов в атмосфере. Труды ИЭМ. –1995. -В. 25(160). –С. 119-125. М.: Гидрометеоздат
103. Арефьев В. Н. Каменоградский Н.Е. Семенов В.К. Синяков В.П. Озона и двуокись азота в атмосфере над Северным Тянь-Шанем Известия АН ФАО. –1995. -Т. 31, №1. -С. 20-25.
104. Арефьев В. Н. Каменоградский Н.Е. Кашин Ф.В. Углекислый газ в континентальной атмосфере Метеорология и гидрология -1995. № 4, С. 87-96.М., Гидрометеоздат
105. Арефьев В. Н. Каменоградский Н.Е. Кашин Ф.В. Исследование интегрального содержания водяного пара в атмосфере Известия АН . ФАО. –1995. - Т. 31, №5. -С. 660-666.
106. Aref'ev V. N. Kamenogradsky N.E. Semyonov V.K. Total ozone negative anomalies in the atmosphere above the Northern Tien Shan Annales Geophysical, 1995, Supplement of volume 13.
107. Арефьев В. Н. Вишератин К.Н. Устинов В.П. Спектроскопический метод измерений общего содержания водяного пара в атмосфере Труды ИЭМ. –1996. -В. 26(161). –С. 90-99.М.: Гидрометеоздат
108. Арефьев В. Н. Каменоградский Н.Е. Кашин Ф.В. Семенов В.К. Изменения скорости накопления углекислого газа в атмосфере по измерениям на Иссык-Куле Известия АН . ФАО. –

1996. -Т. 32, №4. -С. 437-439.

109. Голицын Г.С. Арефьев В. Н. Гречко Е.И. Еланский Н.Ф. Семенов В.К. Газовый состав атмосферы и его изменения. Оптика атмосферы, -1996. -Т.9, №9. С. 2-20.

110. Арефьев В. Н. Каменоградский Н.Е. Кашин Ф.В. Устинов В.П. Водяной пар в толще атмосферы Труды ИЭМ, -1997. –В. 28(163). С. 42-48. С-Пб. Гидрометеиздат

111. Кашин Ф.В. Арефьев В. Н. Вишератин К.Н. Каменоградский Н.Е Семенов В.К. Синяков В.П. Результаты экспериментальных исследований радиационно-активных составляющих атмосферы в центре Евразии Известия АН ФАО. –2000. -Т. 36, №4. -С. 463-492.

112. Арефьев В.Н. Кашин Ф.В. Вишератин К.Н. Каменоградский Н.Е Устинов В.П. Семенов В.К. Синяков В.П. Вариации радиационно-активных компонент атмосферы в центральной части Евразии В кн.: Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 3. “Окружающая среда, биосфера, общество и человек”. 2001. С. 20-30. М.: Научный мир.

113. Арефьев В. Н. Кашин Ф. В. Семенов В. К. Результаты экспериментальных исследований радиационно-активных составляющих атмосферы в центре Евразии В кн. Глобальные изменения климата и их последствия для России. Ред. Г. С. Голицын, Ю. А. Израэль.М. -2002. -С.212 - 222.

114. Арефьев В. Н. Кальсин А. В. Каменоградский Н. Е. Кашин Ф. В. Парамонова Н. Н. Устинов В. П. Измерения содержания парниковых газов в атмосфере над Атлантикой и Антарктидой Метеорология и гидрология. 2003 № 11, С. 37-43. М., Гидрометеиздат

115. Арефьев В. Н. Баранов Ю. И. Баранова Е. Л. Бугрим Г. И. Каменоградский Н. Е. Кашин Ф. В. Изменчивость содержания метана в приземном слое и в толще атмосферы Известия АН ФАО. –2004. -Т. 40, № 3. -С.403-409.

116. V. K. Semenov, A. Smirnov, V. N. Aref'ev, V. P. Sinyakov, L. I. Sorokina, and N. I. Ignatova Aerosol optical depth over the mountainous region in central Asia (Issyk-Kul Lake, Kyrgyzstan) Geophys. Res. Lett, 2005, v32, L05807, doi:10.1029/2004 GL021746.

117. В. Н. Арефьев, Ф. В. Кашин, В. К. Семенов, Р.М. Акименко, Н. Е. Каменоградский, Н. И. Сизов, В. П. Синяков, Л. Б. Упэнэк, В. П. Устинов. Водяной пар в толще атмосферы северного Тянь-Шаня. Известия АН ФАО. 2006 Т.42. № 6. С.803-815.

118. Ф. В. Кашин, В. Н. Арефьев, Н. Е. Каменоградский, В. К. Семенов, В. П. Синяков. Содержание углекислого газа в толще атмосферы центральной части Евразии (Станция мониторинга «Иссык-Куль») ИЗВ РАН Физика атмосферы и океана» т. 43, № 4, 2007. С. 86 – 95.

119. Ф. В. Кашин, В. Н. Арефьев, В. К. Семенов, В. П. Синяков, Л.Б. Упэнэк. Структура временных вариаций углекислого газа в толще атмосферы Центральной части Евразии (Станция мониторинга «Иссык-Куль») // «Известия РАН. Физика атмосферы и океана» 2008 Том 44, № 1, с 94 - 103.

120. В. Н. Арефьев, Ф. В. Кашин, А. В. Красносельцев, В. К. Семенов, Синяков В. П. Структура временных вариаций прозрачности атмосферы Центральной части Евразии (Станция мониторинга «Иссык-Куль») «Изв РАН. Физика атмосферы и океана» 2008, № 5, с 663- 669.

121. Арефьев В. Н. Васильев В.И. Нерушев А.Ф. Петрова Л.И. Соколенко С.А. Устинов В.П. Арриба А. Бальестер М. Морено А Рейес П. Исследования общего содержания водяного пара и озона в атмосфере над Кубой Труды III Международного симп. по тропич. Метеорол. (Ялта, 1985). М.: -1987. –С. 455-464

122. Ф. В. Кашин, В. Ф. Радионов, Е. И. Гречко Вариации общего содержания окиси углерода и метана в антарктической атмосфере Изв РАН Физика атмосферы и океана» т. 43, № 4, 2007. С. 96 – 102.