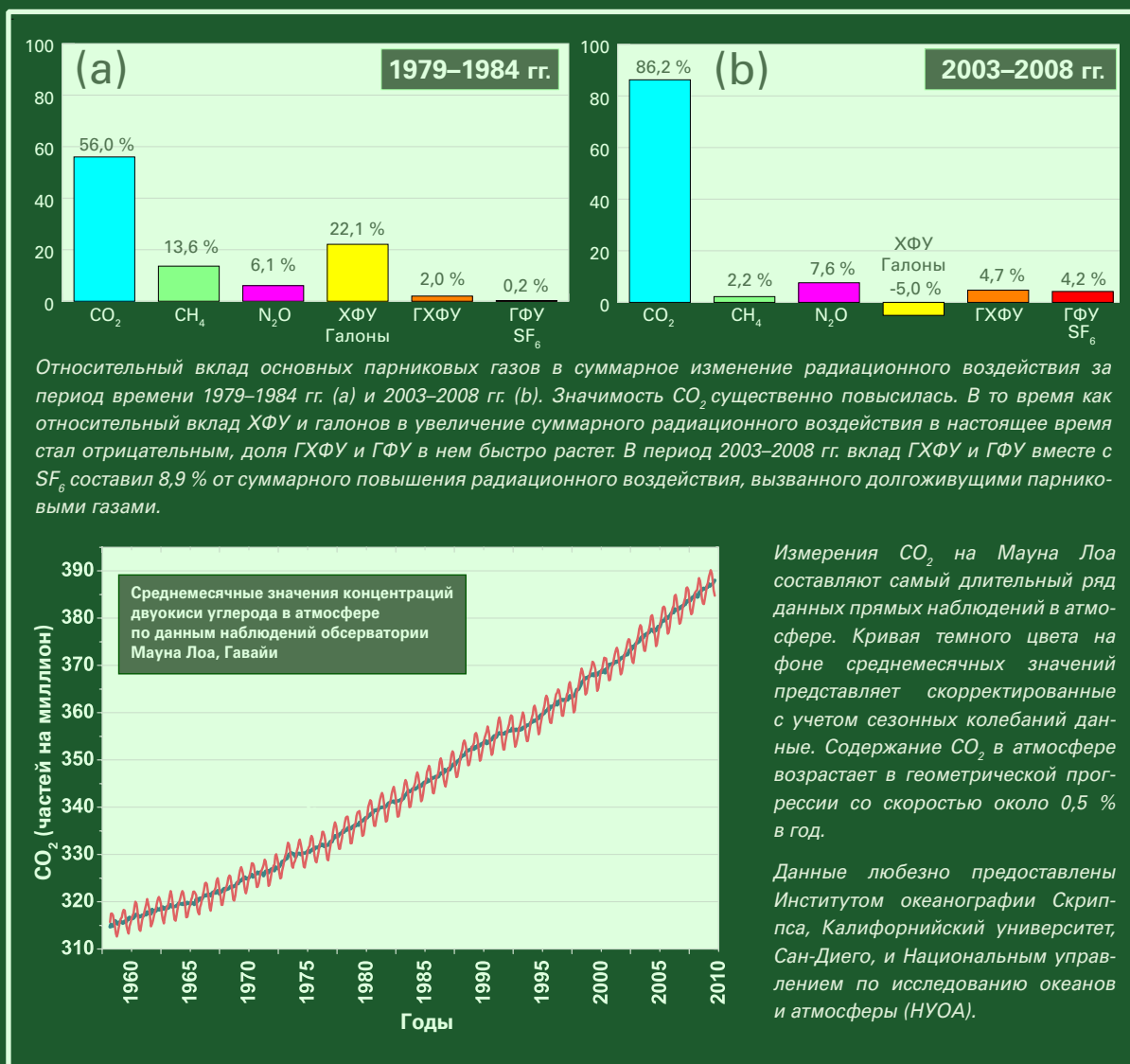


Бюллетень ВМО по парниковым газам

Содержание парниковых газов в атмосфере
по данным глобальных наблюдений в 2008 году



Расширенное резюме

Последний анализ данных наблюдений, полученных от Программы Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО, показывает, что глобальные осредненные значения отношения смеси в атмосфере двуокиси углерода (CO₂), метана (CH₄) и закиси азота (N₂O) достигли в 2008 г. новых максимумов, причем для CO₂ новый максимум составил 385,2 млн⁻¹, для CH₄ — 1797 млрд⁻¹, а для N₂O — 321,8 млрд⁻¹: приведенные значения превышают значения доиндустриального периода (до 1750 г.) на 38 %, 157 % и 19 % соответственно. Темпы роста концентраций CO₂ и N₂O в атмосфере в 2008 г. согласуются с тенденциями, которые отмечались в последние годы. Повышение содержания CH₄ в атмосфере составило 7 млрд⁻¹ за период с 2007 по 2008 гг., аналогично росту его содержания за предыдущий год. Уровни содержания CH₄ в атмосфере показывают самые высокие темпы роста с 1998 г. Годовой индекс содержания парниковых газов (ГИПГ) НУОА показывает, что за период с 1990 по 2008 гг. радиационное воздействие на атмосферу, создаваемое всеми долгоживущими парниковыми газами, выросло на 26,2 %. Совокупное радиационное воздействие, создаваемое галогеноуглеродами, практически в два раза превышало радиационное воздействие, создаваемое N₂O. Концентрации некоторых галогеноуглеродов уменьшаются медленными темпами в результате сокращения выбросов, установленного Монреальским протоколом по веществам, разрушающим озоновый слой, в то время как концентрации других — быстро увеличиваются.



Всемирная
Метеорологическая
Организация

Погода • Климат • Вода

№ 5: 23 ноября 2009 г.

Глобальная служба атмосферы



Общая информация

Настоящий бюллетень является пятым по счету в серии *Ежегодных бюллетеней* ГСА-ВМО по парниковым газам. Каждый год в бюллетенях сообщается на основе глобального консенсуса о последних изменениях и концентрациях в атмосфере важнейших долгоживущих парниковых газов: двуокиси углерода (CO_2), метана (CH_4), закиси азота (N_2O), ХФУ-12 и ХФУ-11; в них также дается краткая информация о вкладе в радиационное воздействие на атмосферу менее значимых газов (рисунок 1). Вклад пяти упомянутых выше основных газов в увеличение радиационного воздействия на атмосферу, вызванного изменениями в уровне содержания в атмосфере долгоживущих парниковых газов после 1750 г., составляет 96 %.

Программа Глобальной службы атмосферы (ГСА) Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) координирует выполнение систематических наблюдений и анализа состава атмосферы, включая измерения парниковых газов и других малых газовых составляющих. Сети наблюдений за CO_2 и CH_4 являются всеобъемлющими сетями Глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК). Станции, которые осуществляют мониторинг парниковых газов, показаны на рисунке 2. Данные измерений передаются участвующими странами, архивируются и распространяются Мировым центром данных о парниковых газах (МЦДПГ), размещающемся в Японском метеорологическом агентстве (ЯМА) (<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg>).

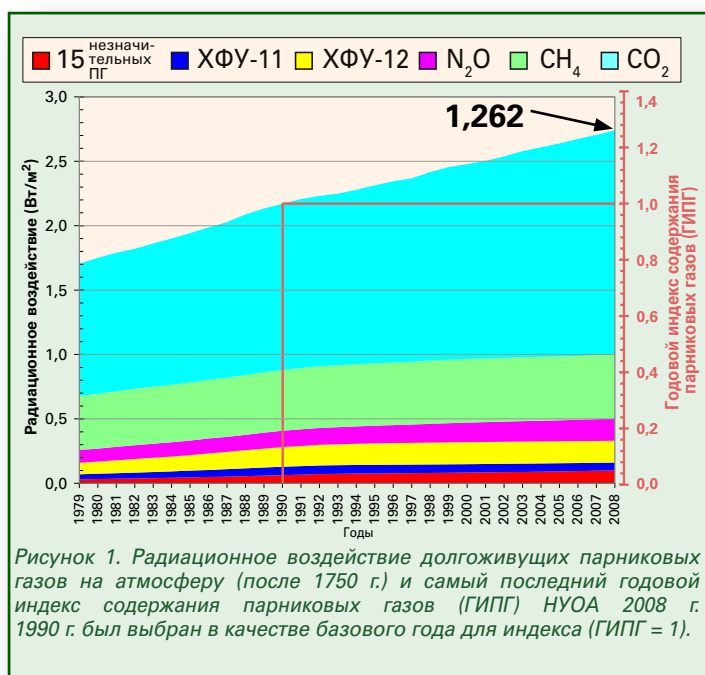


Рисунок 1. Радиационное воздействие долгоживущих парниковых газов на атмосферу (после 1750 г.) и самый последний годовой индекс содержания парниковых газов (ГИПГ) НУОА 2008 г. 1990 г. был выбран в качестве базового года для индекса (ГИПГ = 1).

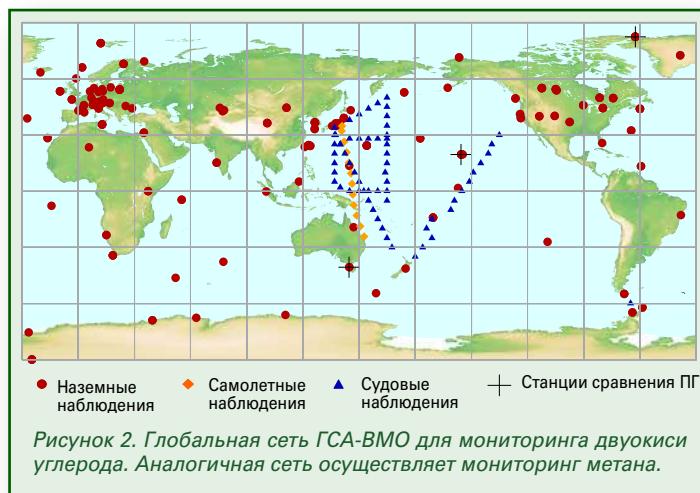


Рисунок 2. Глобальная сеть ГСА-ВМО для мониторинга двуокиси углерода. Аналогичная сеть осуществляет мониторинг метана.

Статистические данные о современном уровне глобальных концентраций и изменениях трех основных парниковых газов приводятся в таблице 1. Эти данные получены с помощью методики глобального анализа, использующей ряды данных, которые соотносятся с Мировым эталоном ВМО (Отчет ГСА № 184; http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/TD_1473_GAW184_web.pdf). Для проведения глобального анализа не используются данные с подвижных станций, за исключением станций НУОА, с которых производится отбор проб воздуха.

Содержание трех парниковых газов в атмосфере, включенных в таблицу 1, постоянно увеличивается с начала индустриальной эры. Водяной пар является важнейшим парниковым газом, однако он связан с деятельностью человека только через обратные связи с климатической системой. В *Бюллетене* основное внимание уделено тем парниковым газам, на концентрации которых в атмосфере антропогенная деятельность оказывает непосредственное влияние и которые, как правило, значительно дольше находятся в атмосфере, чем водяной пар. Три основных парниковых газа не только связаны тесным образом с антропогенной деятельностью, но и также активно взаимодействуют с биосферой и океанами. Кроме того, на их концентрации влияют химические реакции, происходящие в атмосфере. Прогнозирование эволюции парниковых газов в атмосфере требует понимания их многочисленных источников и стоков.

Согласно годовому индексу содержания парниковых газов (ГИПГ) НУОА суммарное радиационное воздействие на атмосферу со стороны всех долгоживущих парниковых газов увеличилось с 1990 г. на 26,2 % и на 1,3 % в 2007–2008 гг. (см. рисунок 1 и <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi>).

Двуокись углерода (CO_2)

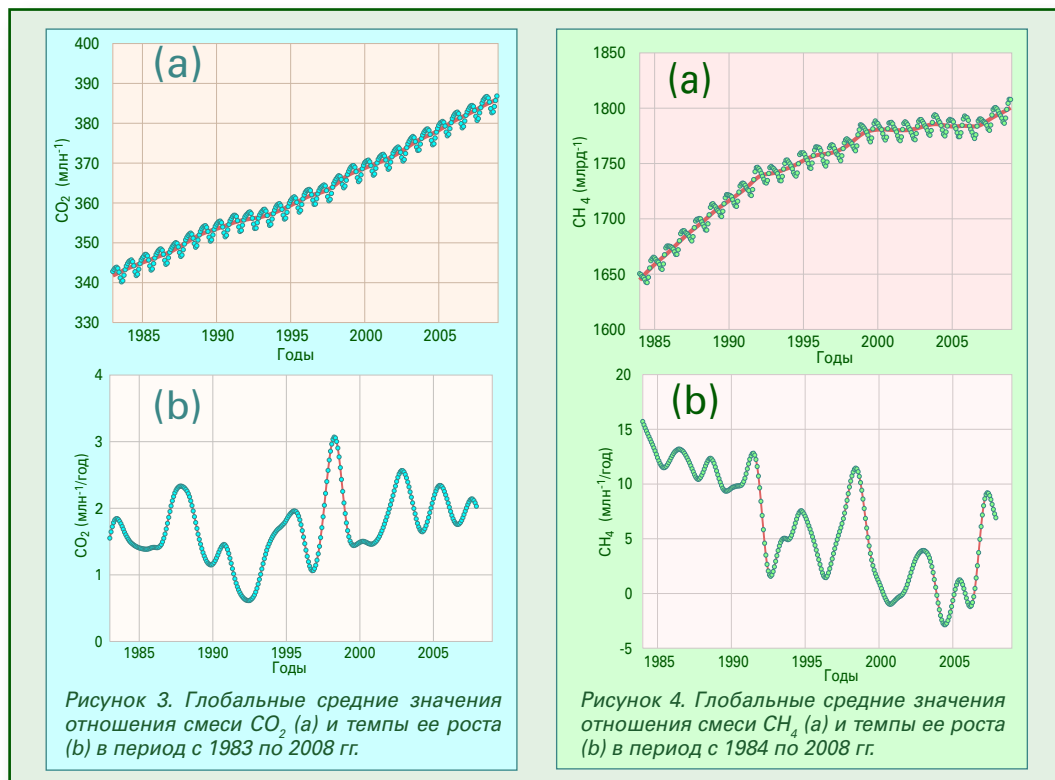
CO_2 является единственным важнейшим антропогенным газом, и его доля в суммарном глобальном радиационном воздействии составляет 63,5 %⁽²⁾. Вместе с тем его вклад в увеличение радиационного воздействия за последние 10 лет составляет 85%, а за последние пять лет — 86 %. Примерно за 10 000 лет до индустриальной революции уровень концентрации CO_2 в атмосфере был почти постоянным и составлял ~280 млн⁻¹ (млн⁻¹ = число молекул парникового газа на миллион молекул сухого воздуха). Такая концентрация отражала равновесие между атмосферой, океанами и биосферой. С 1750 г. содержание CO_2 в атмосфере увеличилось на 38 %, в первую очередь, в связи с выбросами в результате сжигания ископаемого топлива (8,62 Гт углерода в 2007 г.), а также обезлесивания и изменения землепользования (0,5–2,5 Гт в год за период времени 2000–2005 гг.). Высокоточные измерения содержания CO_2 в атмосфере, начатые в 1958 г.,

⁽²⁾ Эта доля в процентном отношении рассчитана как относительный вклад указанного газа в повышение глобального радиационного воздействия, вызванного всеми долгоживущими парниковыми газами за период времени после 1750 г. (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi>).

Таблица 1. Глобальные концентрации и изменения важнейших парниковых газов по данным глобальной сети ГСА-ВМО для мониторинга парниковых газов. Глобальные концентрации для 2008 г. рассчитаны как среднее за двенадцать месяцев.

	CO_2 (млн ⁻¹)	CH_4 (млрд ⁻¹)	N_2O (млрд ⁻¹)
Глобальная концентрация в 2008 г.	385,2	1 797	321,8
Увеличение после 1750 г. ⁽¹⁾	38 %	157 %	19 %
Абсолютное увеличение в 2007–2008 гг.	2,0	7	0,9
Относительное увеличение в 2007–2008 гг.	0,52 %	0,39 %	0,28 %
Среднегодовое абсолютное увеличение за последние 10 лет	1,93	2,5	0,78

⁽¹⁾ При допущении отношения смеси в доиндустриальный период: CO_2 — 280 млн⁻¹, CH_4 — 700 млрд⁻¹ и N_2O — 270 млрд⁻¹.



показывают, что среднее увеличение содержания CO_2 в атмосфере соответствует ~55 % CO_2 , поступившего в атмосферу в результате сжигания ископаемого топлива. Оставшаяся часть CO_2 , поступившего в атмосферу в результате сжигания ископаемого топлива, была удалена из атмосферы в результате воздействия океанов и биосферы Земли. Глобальный средний уровень содержания CO_2 в атмосфере в 2008 г. составил 385,2 млн⁻¹, а прирост в 2008 г. по сравнению с 2007 г. — 2,0 млн⁻¹ (рисунок 3). Такие темпы роста больше средних темпов роста в 1990-е гг. (~1,5 млн⁻¹/год), в основном в результате роста объемов выбросов CO_2 в атмосферу при сжигании ископаемого топлива.

Метан (CH_4)

Доля метана в суммарном глобальном радиационном воздействии составляет 18,2 %^[2]. Метан поступает в атмосферу из естественных (~40 %, например, водно-болотные угодья и термитники) и антропогенных (~60 %, например, жизнедеятельность жвачных животных, сельскохозяйственное производство риса, эксплуатация ископаемого топлива, захоронение отходов и сжигание биомассы). Он удаляется из атмосферы, в основном, в результате реакции с гидроксильным радикалом (ОН). До начала индустриальной эры уровень концентрации метана в атмосфере составлял ~700 млрд⁻¹ (млрд⁻¹ = число молекул газа на миллиард (10^9) молекул сухого воздуха). Увеличение концентрации CH_4 в атмосфере на

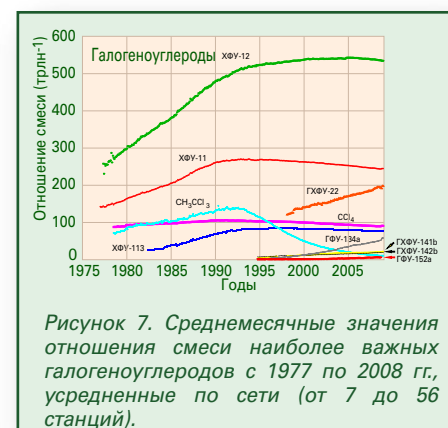
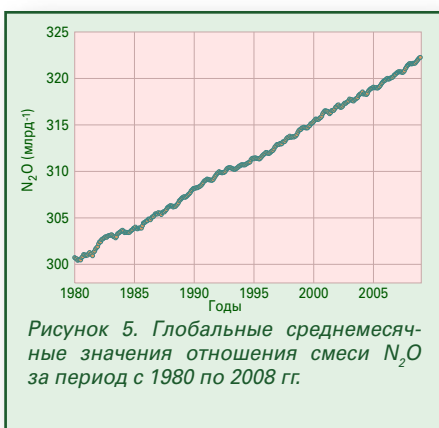
начало новой тенденции повышения концентрации CH_4 в атмосфере. Чтобы улучшить наше понимание процессов, влияющих на поступление CH_4 в атмосферу, требуется больше наблюдений *in situ* вблизи районов расположения источников.

Закись азота (N_2O)

Доля закиси азота (N_2O) в суммарном глобальном радиационном воздействии составляет 6,2 %^[2]. Концентрация N_2O в атмосфере до начала индустриального периода составляла 270 млрд⁻¹. N_2O поступает в атмосферу из естественных и антропогенных источников, включая океаны, почву, сжигание биомассы, использование удобрений и различные промышленные процессы. Выбросы из антропогенных источников могут составлять около 40 % от суммарных выбросов N_2O . Закись азота удаляется из атмосферы посредством фотохимических процессов в стратосфере. Глобальный средний уровень N_2O в течение 2008 г. составил 321,8 млрд⁻¹, т. е. на 0,9 млрд⁻¹ выше, чем в предыдущем году (рисунок 5), и на 19 % выше уровня в доиндустриальный период. Средний темп роста за последние 10 лет составил 0,78 млрд⁻¹ в год.

Другие парниковые газы

Гексафторид серы (SF_6) является мощным долгоживущим парниковым газом, контролируемым Киотским протоколом.



157 % обусловлено возрастающим объемом выбросов из антропогенных источников. Глобальный средний уровень концентрации CH_4 в 2008 г. составил 1 797 млрд⁻¹, т. е. увеличение по сравнению с предыдущим годом составляет 7 млрд⁻¹. Эта величина превышает самый высокий средний годовой уровень концентрации метана, который был зарегистрирован в 2007 г. (рисунок 4). Концентрация метана увеличилась в объеме до 13 млрд⁻¹ в год в конце 1980-х гг., хотя темпы роста уменьшились за последнее десятилетие. Повышение концентрации метана на 7 млрд⁻¹ с 2007 по 2008 г. вслед за ее повышением на 7 млрд⁻¹ за предыдущий год являются самыми высокими за период времени после 1998 г. Исходя из существующих данных, нет определенности в вопросе о том, что такое повышение на 14 млрд⁻¹ за два года представляет собой

Он производится искусственным образом и используется в качестве электроизолятора в энергораспределительном оборудовании. Его отношение смеси увеличилось в два раза по сравнению с серединой 1990-х гг. (рисунок 6).

На озоноразрушающие хлорфторуглероды (ХФУ) совместно с малозначительными галогенированными газами приходится 12 %⁽²⁾ глобального радиационного воздействия. Хотя концентрация ХФУ и большинства галонеров сокращается, концентрация гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) и гидрофторуглеродов (ГФУ), которые также являются мощными парниковыми газами, увеличивается стремительными темпами, однако их общее содержание по-прежнему остается на низком уровне (рисунок 7).

Пребывание озона в тропосфере непродолжительно, тем не менее парниковый эффект от увеличения тропосферного озона в течение последнего столетия по причине антропогенной деятельности сопоставим с парниковым эффектом от галогенуглеродов, хотя и с меньшей степенью определенности. Глобальное распределение и тренд тропосферного озона оценить весьма сложно в связи с его весьма неравномерным географическим распределением и высокой временной изменчивостью.

Многие другие загрязнители (например, окись углерода, окиси азота и летучие органические соединения), хотя они и незначительны как парниковые газы, косвенным образом влияют на радиационное воздействие через воздействие на тропосферный озон, CO₂ и метан. Аэрозоли (взвешенные частицы), включая сажу, также являются короткоживущими веществами, влияющими на радиационное воздействие.

За всеми упомянутыми здесь газами и аэрозолями осуществляется мониторинг в рамках Программы ГСА-ВМО при поддержке со стороны стран-членов и сетей, предоставляющих данные.

Распространение бюллетеней

Секретариат Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) подготавливает и распространяет бюллетени в сотрудничестве с Мировым центром данных о парниковых газах (МЦДПГ), размещенным в Японском метеорологическом агентстве, и Научной консультативной группой ГСА по парниковым газам при содействии со стороны Научной лаборатории НУОА по изучению системы Земли. Бюллетени доступны на веб-странице Программы Глобальной службы атмосферы по адресу: <http://www.wmo.int/gaw/>, а также на главных страницах МЦДПГ (<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>) и Группы НУОА по углеродному циклу парниковых газов (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/>).

Выражение признательности и ссылки

Сорок пять стран — членов ВМО предоставили данные по CO₂ в МЦДПГ ГСА. Приблизительно 50 % данных измерений, передаваемых в МЦДПГ, собираются на станциях совместной сети НЛИСЗ НУОА по отбору проб воздуха. Остальная часть сети поддерживается усилиями Австралии, Канады, Китая, Японии и многих европейских стран (см. национальные доклады в Отчете ГСА № 186, доступном по адресу: http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/revised_SEPT_2009_GAW_186_TD_No_1487_web.pdf). Расширенный эксперимент по глобальным атмосферным газам (AGAGE) также является связанной с ГСА сетью, которая вносит вклад в подготовку настоящего Бюллетеня в форме предоставления данных наблюдений. Все станции мониторинга ГСА-ВМО, предоставившие данные для использования в настоящем Бюллетене, отмечены на карте (рисунок 1) и перечислены в списке станций, внесших вклад в подготовку Бюллетеня, на веб-странице МЦДПГ (<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>). Они также описаны в Системе информации о станциях ГСА (СИСГСА) (<http://gaw.empa.ch/gawsis/>), которая поддерживается усилиями ЕМПА, Швейцария.

Контакты

1. Всемирная Метеорологическая Организация, Отдел исследований атмосферной среды, Департамент научных исследований, Женева.
Э-почта: AREP-MAIL@wmo.int
Веб-сайт: <http://www.wmo.int/gaw/>

2. Мировой центр данных о парниковых газах, Японское метеорологическое агентство, Токио.
Э-почта: wdcgg@met.kishou.go.jp
Веб-сайт: <http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>

Отдельные обсерватории парниковых газов



Обсерватория ТККОН в Дарвине, Австралия. Сеть наблюдений за содержанием углерода в вертикальном столбе атмосферы (ТККОН) представляет собой наземную сеть спектрометров с преобразованием Фурье (СПФ) с высокой разрешающей способностью, которая позволяет получать усредненные по вертикальному столбу атмосферы высококачественные отношения смеси CO₂, CH₄, N₂O и некоторых других газов. Измерения общего содержания CO₂ в вертикальном столбе атмосферы привязаны к шкале калибровки ВМО посредством сопоставления данных СПФ с измерениями над станциями ТККОН интегрированными самолетными профилями с приборами in situ, откалиброванными по шкале ВМО. Данные ТККОН не чувствительны к процессам вертикального переноса и могут использоваться для верификации прямых и обратных моделей. Кроме того, они используются для верификации спутниковых измерений общего содержания CO₂ и CH₄ в вертикальном столбе атмосферы, например, с помощью GOSAT и SCIAMACHY. ТККОН была основана в 2004 г., а в 2009 г. она присоединилась к ГСА как часть сети, предоставляющей данные. Многие из текущих измерительных пунктов входят в состав связанной с ГСА сети определения изменения состава атмосферы (СОИСА). В настоящее время ТККОН располагает 13 станциями наблюдений от Шпицбергена в высоких широтах Арктики до Лаудера, Новая Зеландия. Для получения дополнительной информации см. веб-сайт ТККОН (<http://www.tcccon.caltech.edu>). Фото: Дэвид Гриффит, Университет Вуллонгонга, Австралия.



Атмосферная обсерватория Кабо-Верде (KBAO) («Observatorio Atmosferico de Cabo Verde: Humberto Duarte Fonseca»), расположенная вблизи Кальеу на острове Сан-Висенти. Она стала глобальной станцией ГСА в 2009 г. и эксплуатируется совместно Национальным метеорологическим и геофизическим институтом Кабо-Верде; Университетом Йорка, СК (химия атмосферы, <http://www.york.ac.uk/capeverde>); Институтом биогеохимии имени Макса Планка, Йена, Германия (парниковые газы, <http://www.bgc-jena.mpg.de/projects/cape-verde>) и Институтом тропосферных исследований имени Лейбница, Лейпциг, Германия (аэрозоли). Фото: Рене Швальбе, MPI BGC, Йена, Германия.



Обсерватория химии атмосферы в Тринидад-Хеде, Калифорния, США. Она стала глобальной станцией ГСА в 2009 г. Фото: Майкл Аявс, Государственный университет им. Гумбольдта, США.