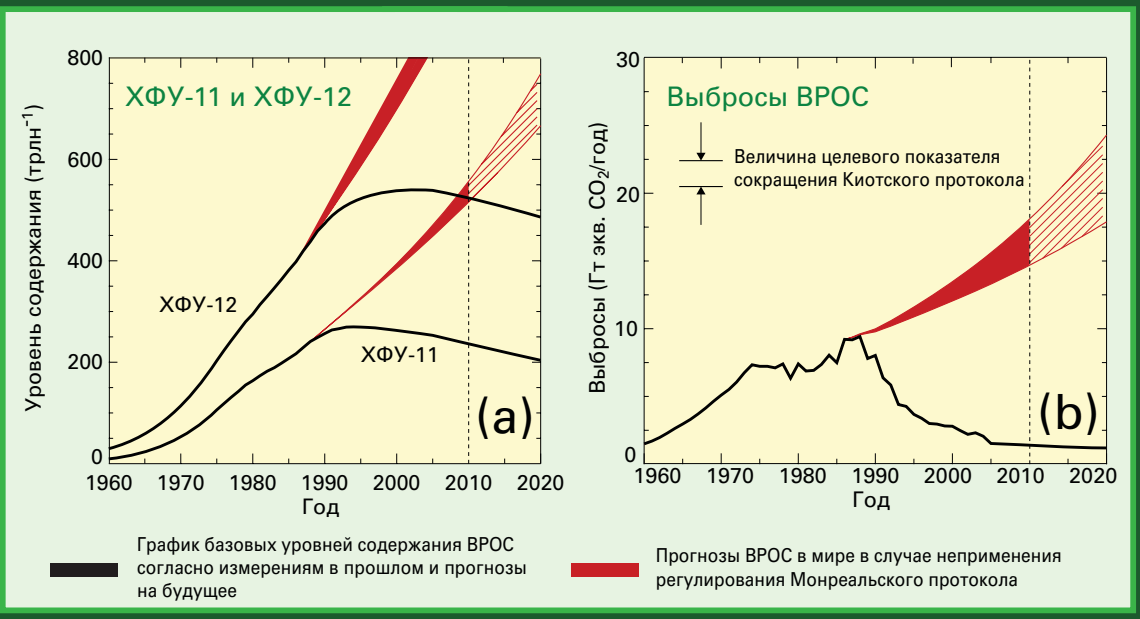
Бюллетень ВМО по парниковым газам

Содержание парниковых газов в атмосфере по данным глобальных наблюдений в 2007 г.



Монреальский протокол (1987 год) привел к сокращению производства и потребления веществ, разрушающих озоновый слой (ВРОС). К 2010 году это приведет к сокращению потепления, вызываемого парниковыми газами, которое в пять раз больше, чем целевой показатель сокращения первого периода обязательств (2008–2012 гг.) Киотского протокола.

Монреальский протокол регулирует производство и потребление ВРОС, т. е. веществ, вызывающих разрушение стратосферного озона. График (a) показывает, каким образом измеренные значения содержания в атмосфере (черные кривые) ХФУ-11 и ХФУ-12 уменьшаются, начиная с начала 1990-х гг., в результате применения Протокола. Для сравнения приводится прогнозное увеличение содержания (красные кривые) в отсутствие мер по Монреальскому протоколу. Содержание веществ к 2010 г. составит половину или менее значения их содержания, которое могло бы быть без применения мер по Протоколу. График (b) показывает сумму всех выбросов ВРОС, выраженную в единицах эквивалента выбросов CO_2. Начиная с конца 1980-х гг. выбросы ВРОС резко падали (черная кривая) по сравнению с выбросами, которые могли бы быть без применения протокола (красная кривая). К 2010 г. при применении Монреальского протокола произойдет сокращение выбросов ВРОС на величину, эквивалентную ~11 Гт экв. CO_2 в год (включая аномальные выбросы значений); это в 5-6 раз выше значения целевого показателя сокращения первого периода обязательств (2008–2012 гг.) по Киотскому протоколу (2 Гт экв. CO_2/год). На основе работы Velders et *al.*, Proc. Natl. Acad. Sci., 104, 4814– 4819, 2007. Рисунки подготовлены E. Dlugokencky, D. Dailey-Fisher и D. Fahey, ЕСРЛ НУОА.

Расширенное резюме

Последний анализ данных, полученных от глобальной сети мониторинга выбросов парниковых газов ВМО-ГСА — всеобъемлющая сеть Глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК) — показывает, что глобальные средние уровни содержания в атмосфере двуокиси углерода (CO_2), метана (CH_4) и закиси азота (N_2O) достигли в 2007 г. новых максимумов, причем для CO_2 новый максимум составил 383,1 млн$^{-1}$, для метана — 1789 млрд$^{-1}$, а для закиси азота — 320,9 млрд$^{-1}$. Приведенные значения превышают значения доиндустриального периода (до 1750 г.) на 37 %, 156 % и 19 % соответственно. Темпы роста концентраций CO_2 и N_2O в атмосфере в 2007 г. согласуются с тенденциями, которые отмечались в последние годы. Уровни содержания CH_4 показывают самые высокие темпы роста с 1998 г. Недавно опубликованный НУОА годовой индекс содержания парниковых газов (ГИПГ) показывает, что за период с 1990 по 2007 гг. радиационное воздействие на атмосферу, создаваемое долгоживущими парниковыми газами, выросло на 24,2 %. Совокупное радиационное воздействие, создаваемое наиболее присутствующими в атмосфере веществами, разрушающими озоновый слой — ХФУ-11 и ХФУ-12, превышает радиационное воздействие, создаваемое N_2O. Содержание этих веществ уменьшается весьма медленно в результате сокращения выбросов, установленного Монреальским протоколом по веществам, разрушающим озоновый слой.

Всемирная Метеорологическая Организация
Погода • Климат • Вода
№ 4: 14 ноября 2008 г.

Общая информация

Настоящий *Бюллетень* является четвертым по счету в серии *Ежегодных бюллетеней ГСА-ВМО по парниковым газам*. Каждый год *Бюллетень* сообщает о последних трендах и нагрузках на атмосферу наиболее значимых долгоживущих парниковых газов — двуокиси углерода (CO_2), метана (CH_4) и закиси азота (N_2O) — и двух наиболее распространенных веществ, разрушающих озоновый слой, которые одновременно являются газами, создающими парниковый эффект; в них также дается краткая информация о вкладе в радиационное воздействие на атмосферу менее значимых газов. Доля только этих пяти основных газов в увеличении радиационного воздействия на атмосферу, вызванного изменениями в уровне содержания в атмосфере долгоживущих парниковых газов после начала индустриального периода (около 1750 г.), составляет 97 %.

Программа Глобальной службы атмосферы (ГСА) Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) координирует систематические наблюдения и анализ глобальной атмосферной среды, включая измерения парниковых газов и других атмосферных газов. Станции, которые осуществляют мониторинг парниковых газов, показаны на рисунке 1. Данные измерений передаются участвующими странами, архивируются и распространяются Мировым центром данных по парниковым газам (МЦДПГ), размещающимся в Японском метеорологическом агентстве (ЯМА).

Статистические данные о сегодняшнем уровне глобальных концентраций газов в атмосфере приводятся в таблице 1. Эти данные получены с помощью методики глобального анализа, использующей ряды данных, которые соотносятся со Всемирным справочным стандартом ВМО (http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/products/bulletin.html). Значения в таблице 1 несколько

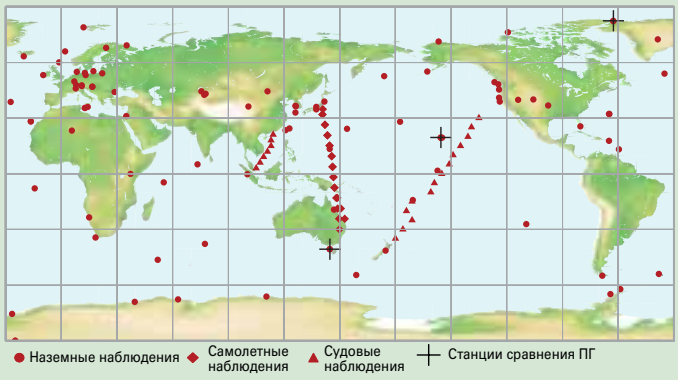


Рисунок 1. Глобальная сеть ВМО-ГСА для мониторинга парниковых газов (двуокись углерода). Аналогичная сеть осуществляет мониторинг метана.

Таблица 1. Глобальные концентрации основных парниковых газов, осредненные за двенадцать месяцев 2007 г., а также тренды по данным Глобальной сети ВМО-ГСА для мониторинга парниковых газов.

	CO_2 (млн$^{-1}$)	CH_4 (млрд$^{-1}$)	N_2O (млрд$^{-1}$)
Глобальная концентрация в 2007 г.	383,1	1789	320,9
Концентрация в 2007 г. по сравнению с 1750 г.[1]	137 %	256 %	119 %
Абсолютное увеличение в 2007 г. по сравнению с 2006 г.	1,9	6	0,8
Относительное увеличение в 2007 г. по сравнению с 2006 г.	0,50 %	0,34 %	0,25 %
Среднегодовое абсолютное увеличение за последние 10 лет	2,00	2,7	0,77

[1] При допущении концентрации содержания в доиндустриальный период: CO_2 — 280 млн$^{-1}$, CH_4 — 700 млрд$^{-1}$ и N_2O — 270 млрд$^{-1}$.

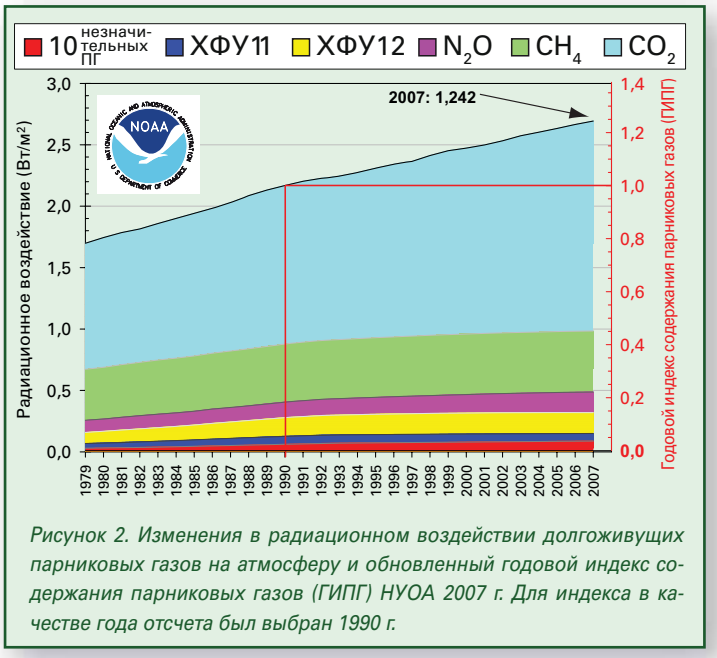


Рисунок 2. Изменения в радиационном воздействии долгоживущих парниковых газов на атмосферу и обновленный годовой индекс содержания парниковых газов (ГИПГ) НУОА 2007 г. Для индекса в качестве года отсчета был выбран 1990 г.

отличаются от значений, приводящихся в *Четвертом докладе об оценке МГЭИК*, в основном в результате отбора различных станций наблюдения.

Концентрации трех парниковых газов в таблице 1 постоянно увеличиваются с начала индустриальной эры. Водяной пар является природным компонентом климатической и погодной системы, на которую деятельность человека оказывает косвенное влияние, вызывая изменения температуры, характеристик земной поверхности и степени воздействия аэрозолей на облака. В *Бюллетене* внимание сосредоточено на тех парниковых газах, на концентрации которых деятельность человека оказывает непосредственное влияние и которые, как правило, значительно дольше сохраняются в атмосфере, чем водяной пар.

В соответствии с недавно опубликованным НУОА годовым индексом содержания парниковых газов (ГИПГ) суммарное радиационное воздействие на атмосферу со стороны всех долгоживущих парниковых газов увеличилось с 1990 г. на 24,2 % и на 1,06 % в 2007 г. по сравнению с 2006 г. (см. рисунок 2 и http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi).

Двуокись углерода (CO_2)

CO_2 является единственным наиболее важным поглощающим инфракрасное излучение антропогенным газом в атмосфере, и его доля в суммарном радиационном воздействии долгоживущих парниковых газов на Землю составляет 63 %. Его вклад в увеличение радиационного воздействия за последние 10 лет составляет 87 %, а за последние пять лет — 90 %. Примерно за 10 000 лет до индустриальной революции уровень концентрации CO_2 в атмосфере был почти постоянным и составлял приблизительно 280 млн$^{-1}$ (млн$^{-1}$ = число молекул парникового газа на миллион молекул сухого воздуха). Такая концентрация отражала равновесие крупных сезонных потоков (порядка 100 Гт углерода в год) между атмосферой и биосферой (фотосинтез и дыхание) и атмосферой и океаном (физический обмен CO_2). С конца 1700-х гг. содержание CO_2 в атмосфере увеличилось на 37 %, в первую очередь, в связи с выбросами в результате сжигания ископаемого топлива (на сегодняшний день около 8,4 Гт углерода в год) и в меньшей степени в связи с обезлесиванием (~1,5 Гт углерода в год). Высокоточные измерения содержания CO_2 в атмосфере, начавшиеся в 1958 г., показывают, что среднее увеличение содержания CO_2 в атмосфере соответствует примерно 55 % CO_2, поступившего в атмосферу в результате сжигания ископаемого топлива. Оставшаяся часть

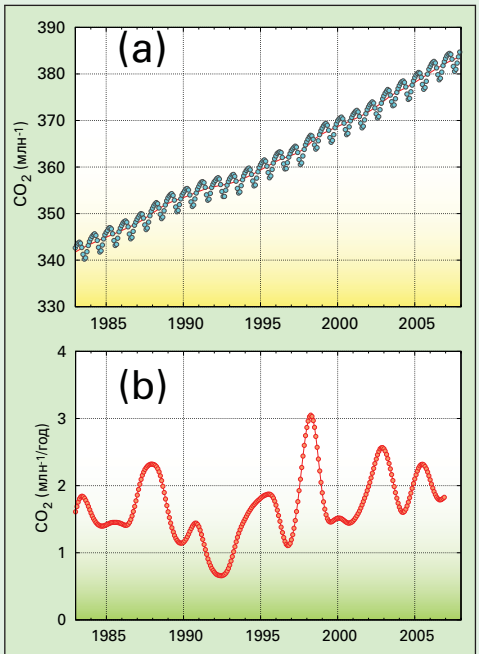


Рисунок 3. Глобальные средние значения концентрации CO_2 (a) и темпы ее роста (b) в период с 1983 по 2007 гг.

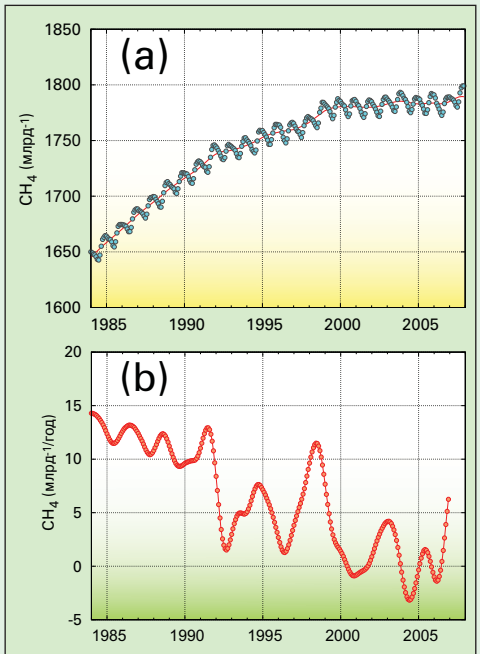


Рисунок 4. Глобальные средние значения концентрации CH_4 (a) и темпы ее роста (b) в период с 1984 по 2007 гг.

CO_2, поступившего в атмосферу в результате сжигания ископаемого топлива, была удалена из атмосферы в результате воздействия океанов и земной биосферы. Глобальный средний уровень содержания CO_2 в атмосфере в 2007 г. составил 383,1 млн$^{-1}$, а прирост в 2007 г. по сравнению с 2006 г. — 1,9 млн$^{-1}$ (рисунок 3). Такие темпы роста больше средних темпов роста, которые отмечались в 1990-х гг. (~1,5 млн$^{-1}$/год), в основном в результате роста объема выбросов CO_2 при сжигании различных видов минерального топлива.

Метан (CH_4)

Доля метана в прямом радиационном воздействии, которое создается долгоживущими парниковыми газами, образующимися в результате антропогенной деятельности, составляет 18,5 %. Его химический состав также оказывает косвенное влияние на климат, воздействуя на тропосферный озон и стратосферный водяной пар. Метан поступает в атмосферу из естественных источников (~40 % поступает с заболоченных территорий и термитников) и из антропогенных источников (~60 % поступает в результате использования ископаемого топлива, сельскохозяйственного производства риса, жизнедеятельности жвачных животных, сжигания биомассы и из свалок мусора). Он удаляется из атмосферы в результате реакции с гидроксильным радикалом (OH), а продолжительность его пребывания в атмосфере составляет ~9 лет. До начала индустриальной эры уровень концентрации метана в атмосфере составлял примерно 700 млрд$^{-1}$ (млрд$^{-1}$ = число молекул парникового газа на миллиард (10^9) молекул сухого воздуха). Увеличение концентрации CH_4 в атмосфере в 2,6 раза обусловлено возросшим объемом выбросов из антропогенных источников. Однако цикл метана имеет сложный характер и для контроля его нагрузки на атмосферу необходимо понимание механизмов его источников и стоков. Глобальный средний уровень концентрации CH_4 в 2007 г. составил 1 789 млрд$^{-1}$, т. е. Увеличение по сравнению с 2006 г. составляет 6 млрд$^{-1}$, и оно превышает самую высокую до сих пор величину, которая была зарегистрирована в 2003 г. (рисунок 4). Концентрация метана увеличивалась в размере до 13 млрд$^{-1}$ в год в конце 1980-х гг., хотя темпы роста в последние десятилетия замедлились. Увеличение в размере 6 млрд$^{-1}$ с 2006 по 2007 гг. является самым высоким увеличением, наблюдавшимся с 1998 года. Вместе с тем, слишком рано говорить определенно, что такое увеличение представляет собой начало нового тренда повышения концентрации метана.

Закись азота (N_2O)

Доля закиси азота в суммарном радиационном воздействии, вызываемом долгоживущими парниковыми газами, составляет 6,2 %. Ее концентрация в атмосфере до начала индустриального периода составляла 270 млрд$^{-1}$. N_2O выбрасывается в атмосферу из естественных и антропогенных источников, включая океаны, почву, сжигание топлива, сжигание биомассы, использование удобрений и различные промышленные процессы. Одна треть суммарных выбросов поступает из антропогенных источников. Закись азота удаляется из атмосферы посредством фотохимических процессов в стратосфере. Глобальный средний уровень N_2O в течение 2007 г. составил 320,9 млрд$^{-1}$, т. е. на 0,8 млрд$^{-1}$ больше, чем в предыдущем году (рисунок 5). Средний темп роста за последние 10 лет составил 0,77 млрд$^{-1}$ в год.

Другие парниковые газы

Озоноразрушающие хлорфторуглероды (ХФУ), наряду с малозначительными галогенированными газами, также вносят вклад в радиационное воздействие на атмосферу. Их общий вклад в глобальное радиационное воздействие значителен (12 % от суммарного воздействия; http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi). Хотя концентрация ХФУ сейчас медленно понижается, некоторые ХФУ по-прежнему оказывают серьезное воздействие на парниковый эффект в атмосфере. Несмотря на то что некоторые газы, такие как гидрофторхлоруглероды (ГХФУ), являющиеся интенсивными поглотителями инфракрасного излучения, имеют низкий уровень концентрации в атмосфере, отмечается

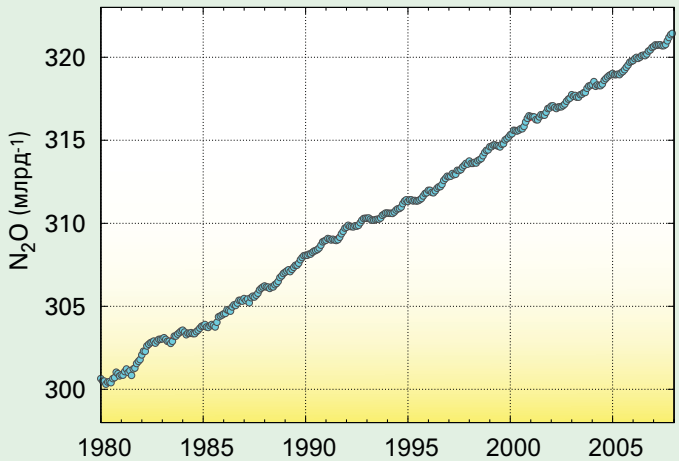


Рисунок 5. Временные ряды среднемесячных концентраций N_2O за период с 1980 по 2007 гг.

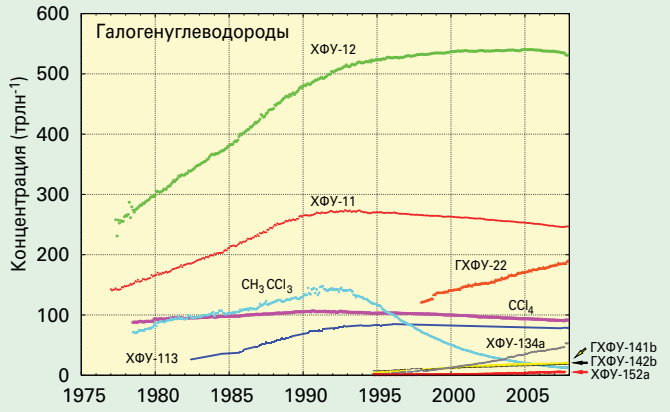


Рисунок 6. Временные ряды среднемесячных концентраций наиболее важных галогенуглеводородов с 1977 по 2007 гг.

их быстрый рост (рисунок 6). Пребывание в тропосфере озона непродолжительно, но парниковое воздействие, которое он оказывает на атмосферу в результате антропогенной деятельности, сопоставимо с воздействием ХФУ. В то время как тропосферный озон играет важную роль в парниковом воздействии на атмосферу, его глобальное распределение и тренды оценить очень сложно в связи с его весьма неравномерным географическим распределением. Мониторинг всех упомянутых здесь газов также осуществляется сетью ГСА-ВМО.

Распространение Бюллетеней

Секретариат Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) готовит и распространяет *Бюллетени* в сотрудничестве с Мировым центром данных по парниковым газам, размещающимся в Японском метеорологическом агентстве, и Научной консультативной группой ГСА по парниковым газам при содействии Научной лаборатории НУОА по изучению системы Земли (ЕСРЛ). *Бюллетень* можно найти на веб-странице программы Глобальной службы атмосферы по ссылке http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw_home_en.html, и на домашних страницах МЦДПГ (http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/) и группы НУОА по углеродному циклу парниковых газов (http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg).

Выражение благодарности и ссылки

В СИСГСА зарегистрировано сорок четыре страны, передающие данные по CO_2 в МЦДПГ ГСА. Многие из них связаны с глобальной сетью НУОА по отбору проб воздуха. Приблизительно 70 % данных измерений, передаваемых в ГСА, получены на станциях глобальной сети по отбору проб воздуха ЕСРЛ НУОА. Функционирование остальной части сети обеспечивают Австралия, Канада, Китай, Япония и многие европейские страны (см. национальные отчеты в *Отчете ГСА* № 168, которые были представлены на совещании экспертов, состоявшемся в сентябре 2005 года). Все станции мониторинга Глобальной службы атмосферы ВМО, данные которых использованы в настоящем *Бюллетене*, показаны 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 Швейцарией.

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/pages/prog/arep/gaw/gaw_home_en.html

2. Мировой центр данных по парниковым газам, Японское метеорологическое агентство, Токио.

   Э-почта: wdcgg@hq.kishou.go.jp

   Веб-сайт: http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/

Отдельные станции наблюдения по парниковым газам

Станция наблюдения ГСА на Юнгфрау (3 580 м над уровнем моря), Швейцария.

Станция наблюдения ГСА на горе Цеппелин (474 м над уровнем моря), Шпицберген, Норвегия.

Станция наблюдения АГАГЕ/ГСА в Рэгд-Поинт, Барбадос.