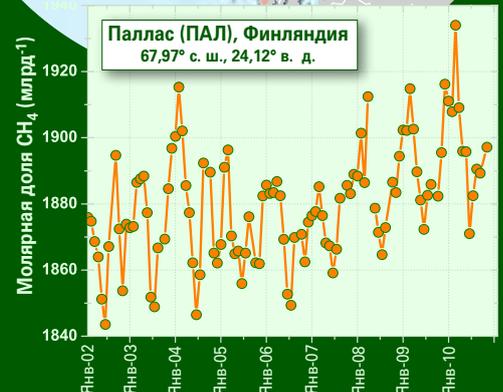
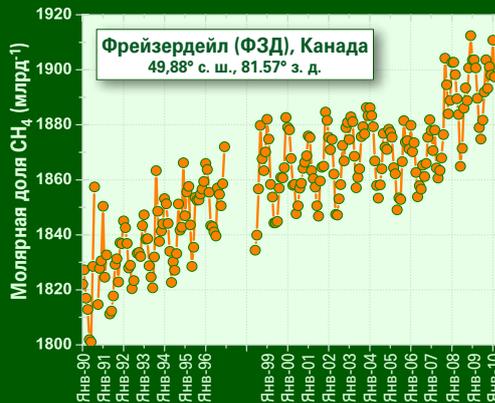
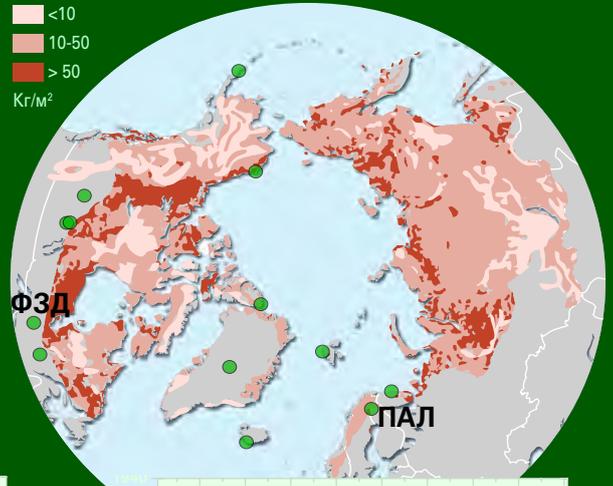


Бюллетень ВМО

по парниковым газам

Содержание парниковых газов в атмосфере по данным глобальных наблюдений в 2009 г.

Содержащая органический углерод вечная мерзлота и клатраты метана (CH_4) — это два крупных северных резервуара углерода, восприимчивых к воздействиям изменения климата. Быстро прогревающийся высокоширотный регион обладает потенциалом для выброса большого количества CH_4 в атмосферу из этих резервуаров углерода, что может вызвать сильную положительную обратную связь с климатом. На карте показано содержание органического углерода в арктической почве (<http://maps.grida.no/go/graphic/arctic-soil-organic-carbon-content>, Риккардо Праветтони, ЮНЕП/GRID-Arendal).



Результаты измерений, произведенных в рамках сети Глобальной службы атмосферы (ГСА), указывают на увеличение глобального содержания CH_4 с 2007 по 2009 гг. после почти десятилетнего отсутствия роста. Станции ГСА в Арктическом регионе, выполняющие измерения содержания метана и передающие свои данные в Мировой центр данных ГСА по парниковым газам, показаны в виде точек на карте выше. На графиках представлены данные с двух станций. На каждом из них отражены региональные и более крупномасштабные воздействия эмиссий. Резкое увеличение в 2007 г. (на графике слева) связано с близостью наблюдательной станции с обширными болотами и с воздействиями местных метеорологических условий, в то время как увеличение, показанное на графике справа, носит более постепенный характер. Страны, вносящие вклад в Программу ГСА, расширяют измерения CH_4 в глобальном масштабе, с тем чтобы помочь ученым понять процессы, управляющие эмиссией CH_4 .

Резюме

Последний анализ данных наблюдений, полученных от Программы Глобальной службы атмосферы ВМО, показывает, что глобальные осредненные уровни содержания в атмосфере двуокиси углерода (CO_2), метана (CH_4) и закиси азота (N_2O) достигли в 2009 г. новых максимумов, причем для CO_2 новый максимум составил 386,8 млн⁻¹, для CH_4 — 1 803 млрд⁻¹, а для N_2O — 322,5 млрд⁻¹. Эти значения превышают значения доиндустриального периода (до 1750 г.) на 38, 158 и 19 % соответственно. Темпы роста концентраций CO_2 и N_2O в атмосфере в 2009 г. согласуются с тенденциями, которые отмечались в последние годы, но они ниже, чем в 2008 г. После почти десятилетнего отсутствия роста содержание CH_4 в атмосфере увеличилось за последние три года. Причины возобновления роста содержания метана в атмосфере точно не установлены, но в их число могут входить эмиссии из природных источников (в северных широтах и тропиках). Подготовленный НУОА годовой индекс содержания парниковых газов показывает, что за период с 1990 по 2009 гг. радиационное воздействие на атмосферу, создаваемое всеми долгоживущими парниковыми газами, выросло на 27,5 %, причем на CO_2 приходится почти 80 % этого увеличения. Совокупное радиационное воздействие, создаваемое галогенуглеродами, практически в два раза превышает радиационное воздействие, создаваемое N_2O .



Всемирная
Метеорологическая
Организация
Погода • Климат • Вода

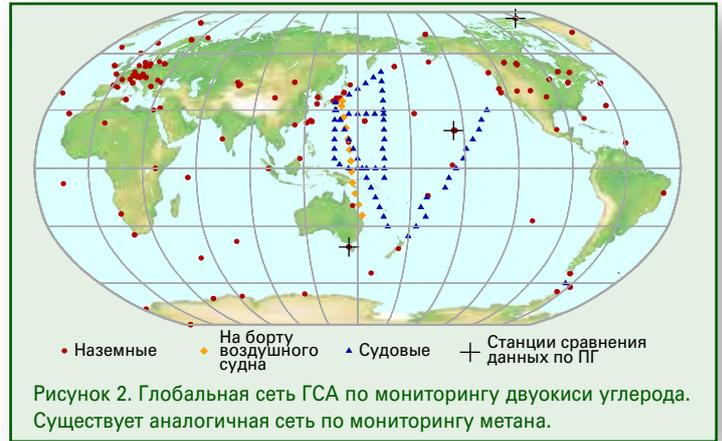


Общая информация

Настоящий бюллетень является шестым из серии ежегодных бюллетеней ГСА-ВМО по парниковым газам. Каждый год в этой публикации на основе глобального консенсуса сообщается о последних изменениях и содержании в атмосфере важнейших долгоживущих парниковых газов (двуокиси углерода, метана, закиси азота, ХФУ-12 и ХФУ-11) и приводится краткая информация о вкладе в радиационное воздействие на атмосферу менее значимых газов. На эти пять основных газов приходится приблизительно 96 % (рисунок 1) увеличения радиационного воздействия на атмосферу, вызванного долгоживущими парниковыми газами, с 1750 г.

Программа Глобальной службы атмосферы ВМО координирует систематические наблюдения и анализ состава атмосферы, включая парниковые газы и другие малые газовые составляющие. Сети ГСА для наблюдений за CO_2 и CH_4 являются всеобъемлющими сетями Глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК). Станции, осуществляющие мониторинг парниковых газов, показаны на рисунке 2. Данные измерений передаются участвующими странами и архивируются и распространяются Мировым центром данных по парниковым газам (МЦДПГ), размещающимся в Японском метеорологическом агентстве.

Статистические данные о современном содержании в глобальной атмосфере и изменениях трех основных парниковых газов приводятся в таблице 1. Эти результаты получены с помощью метода глобального анализа



(Отчет ГСА № 184, см. <http://www.wmo.int/gaw>) при использовании рядов данных, которые соотносятся с Мировым эталоном ВМО. Данные с подвижных станций, за исключением станций НУОА, с которых производится отбор проб воздуха в тихоокеанском регионе (синие треугольники на рисунке 2), в глобальном анализе не используются.

Содержание трех парниковых газов, включенных в таблицу 1, постоянно увеличивается в атмосфере с начала индустриальной эры. В отличие от водяного пара, являющегося наиболее важным парниковым газом, их содержание в атмосфере напрямую связано с деятельностью человека, и они, как правило, значительно более долгоживущие в атмосфере, чем водяной пар. Три основных парниковых газа не только тесно связаны с антропогенной деятельностью, но и активно взаимодействуют с биосферой и океанами. Происходящие в атмосфере химические реакции также влияют на их содержание. Прогнозирование эволюции парниковых газов в атмосфере требует понимания их многочисленных источников и стоков.

Согласно годовому индексу содержания парниковых газов НУОА суммарное радиационное воздействие на атмосферу со стороны всех долгоживущих парниковых газов увеличилось с 1990 по 2009 гг. на 27,5 %, а с 2008 по 2009 гг. — на 1,0 % (см. рисунок 1 и <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi>).

Двуокись углерода (CO_2)

Двуокись углерода является единственным наиболее важным антропогенным парниковым газом в атмосфере, и его доля в суммарном глобальном радиационном воздействии составляет 63,54 %². Его вклад в увеличение радиационного воздействия за последние 10 лет составляет 85 %, а за последние пять лет — 83 %. Примерно за 10 000 лет до промышленной революции уровень концентрации CO_2 в атмосфере был почти постоянным и составлял $\sim 280 \text{ млн}^{-1}$ (млн^{-1} = число молекул газа на миллион молекул сухого воздуха). Такой уровень отражал равновесие между атмосферой, океанами и биосферой. С 1750 г. содержание CO_2 в атмосфере увеличилось на 38 %, в первую очередь в связи с эмиссией в результате сжигания ископаемого топлива (8,7 Гт углерода в 2008 г., <http://www.globalcarbonproject.org/>), а также обезлесивания и изменений в землепользовании. Высокоточные измерения содержания CO_2 в атмосфере, начатые в 1958 г., показывают, что среднее увеличение содержания CO_2 в атмосфере (атмосферная фракция) соответствует ~ 55 % CO_2 , поступившего в атмосферу в результате сжигания ископаемого топлива. Оставшиеся ~ 45 % были удалены из атмосферы в результате поглощения океанами и биосферой

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

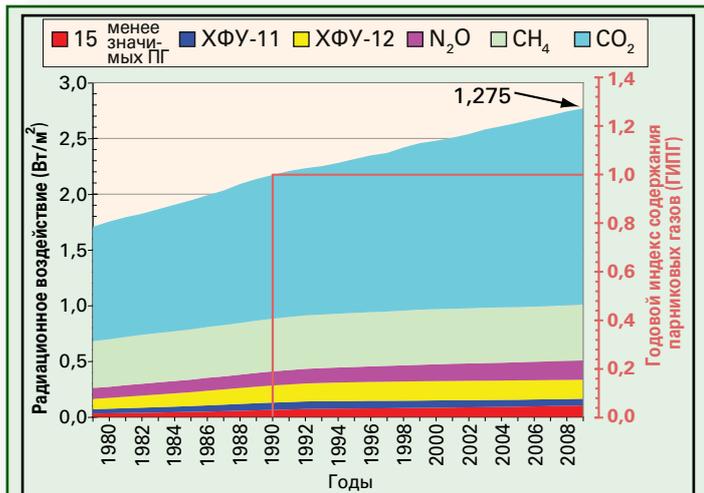
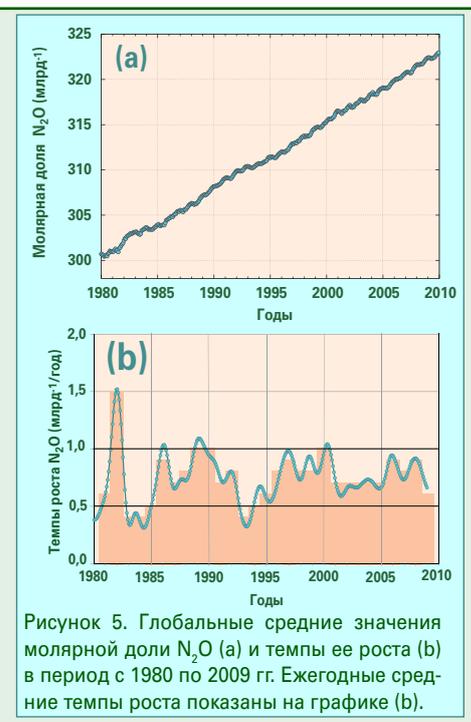
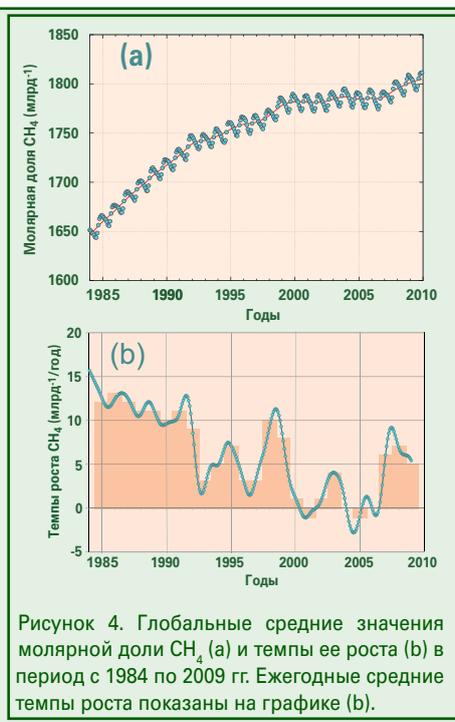
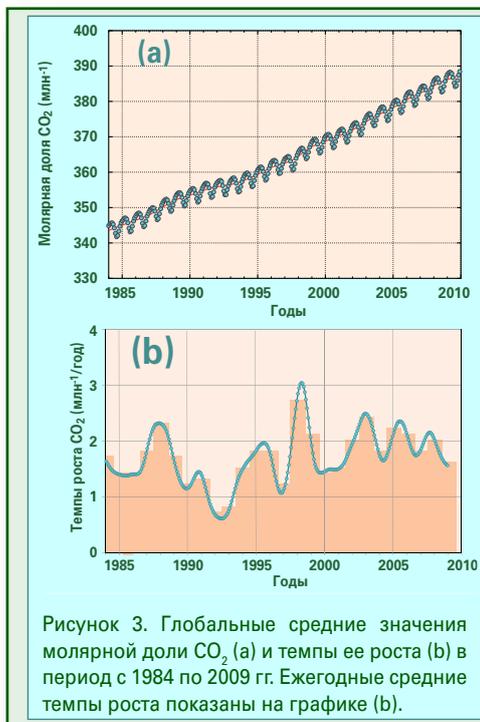


Рисунок 1. Радиационное воздействие всех долгоживущих парниковых газов на атмосферу по сравнению с 1750 г. и годовой индекс содержания парниковых газов (ГИПГ) НУОА за 2009 г. В качестве базового года для этого индекса был принят 1990 г. (ГИПГ = 1).

Таблица 1. Глобальное содержание основных парниковых газов и его изменение по данным глобальной сети ГСА по мониторингу парниковых газов. Глобальное содержание в 2009 г. рассчитано как среднее значение за двенадцать месяцев.

	CO_2 (млн^{-1})	CH_4 (млрд^{-1})	N_2O (млрд^{-1})
Глобальное содержание в 2009 г.	386,8	1803	322,5
Увеличение с 1750 г. ¹	38 %	158 %	19 %
Абсолютное увеличение в 2008-2009 гг.	1,6	5	0,6
Относительное увеличение в 2008-2009 гг.	0,42 %	0,28 %	0,19 %
Среднегодовое абсолютное увеличение за последние 10 лет	1,88	2,2	0,77

¹ При допущении, что отношения смеси в доиндустриальный период: CO_2 — 280 млн^{-1} , CH_4 — 700 млрд^{-1} и N_2O — 270 млрд^{-1} .



суши. Атмосферная фракция CO_2 изменяется каждый год без какой-либо подтвержденной глобальной тенденции. Глобальный средний уровень содержания CO_2 в атмосфере в 2009 г. составил 386,8 млн⁻¹, а прирост по сравнению с предыдущим годом составил 1,6 млн⁻¹ (рисунок 3). Такой темп роста выше, чем в среднем за 1990-е гг. (~1,5 млн⁻¹/год), но ниже, чем средний показатель за последнее десятилетие.

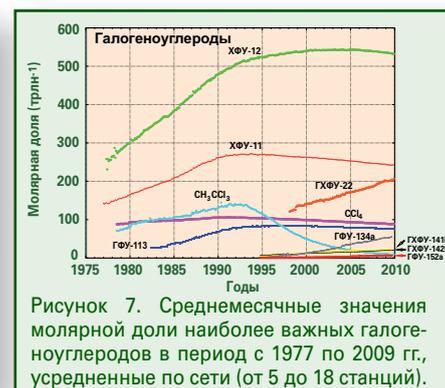
Метан (CH_4)

Доля метана в суммарном глобальном радиационном воздействии составляет 18,1 %. Приблизительно 40 % поступающего в атмосферу метана выделяется из естественных источников, таких как болота и термитники, в то время как антропогенные источники, такие как жизнедеятельность жвачных животных, рисовое земледелие, разработка месторождений ископаемого топлива, захоронение отходов и сжигание биомассы, составляют около 60 %. Метан 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 (10⁹) молекул сухого воздуха). Возрастающая эмиссия из антропогенных источников обусловила увеличение содержания CH_4 в атмосфере на 158 %. Глобальный средний уровень содержания CH_4 в 2009 г. составил 1 803 млрд⁻¹, т. е. увеличение по сравнению с предыдущим годом на 5 млрд⁻¹. Эта величина превышает самый высокий средний годовой уровень содержания метана, который был зарегистрирован в 2008 г. (рисунок 4). Темпы роста CH_4 снизились с ~13 млрд⁻¹/год в начале 1980-х годов до почти нулевого значения в период 1999–2006 гг. С 2007 г. содержание CH_4 в атмосфере снова увеличивается. После повышения содержания метана на 13 млрд⁻¹ за период с 2006 по 2008 гг. последовало его повышение на 5 млрд⁻¹ в 2009 г. Исследования, основанные на данных с сети ГСА, показали, что, скорее всего, причинами такого роста содержания метана являются: (a) более значительная, чем в среднем, эмиссия CH_4 в атмосферу из болот высоких северных широт в течение

2007 г. вследствие исключительно высоких температур; и (b) эмиссии в тропической зоне, обусловленные большим чем обычно выпадением атмосферных осадков в заболоченных районах во время Ля-Нинья в 2007–2008 гг. Причины недавнего повышения содержания CH_4 не объяснены в полном объеме, и нет определенности в том, что темпы его роста останутся такими же. Чтобы улучшить наше понимание процессов, влияющих на эмиссию CH_4 в атмосферу, требуется больше прямых наблюдений вблизи районов расположения ее источников, подкрепленных данными измерений содержания CH_4 в вертикальном столбе атмосферы со спутников.

Закись азота (N_2O)

Доля закиси азота в суммарном глобальном радиационном воздействии составляет 6,24 %. До начала индустриального периода концентрация N_2O в атмосфере достигала 270 млрд⁻¹. N_2O поступает в атмосферу из естественных и антропогенных источников, включая Мировой океан, почву, сжигание биомассы, использование удобрений и различные промышленные процессы. Выбросы из антропогенных источников могут составлять около 40 % суммарной эмиссии N_2O . Закись азота удаляется из атмосферы посредством фотохимических процессов в стратосфере. Глобальное среднее содержание N_2O в течение 2009 г. составило 322,5 млрд⁻¹, т. е. на 0,6 млрд⁻¹ выше, чем в предыдущем году (рисунок 5), и на 19 % выше его уровня в доиндустриальный период. Средние темпы роста за последние 10 лет достигли 0,77 млрд⁻¹ в год.



Другие парниковые газы

Гексафторид серы (SF_6) является активным долгоживущим парниковым газом, который контролируется Киотским протоколом. Он производится искусственным образом и используется в качестве электроизолятора в энергосредствительном оборудовании. Его отношение смеси увеличилось в два раза по сравнению с серединой 1990-х годов (рисунок 6).

Вклад озоноразрушающих хлорфторуглеродов (ХФУ) вместе с менее значительными галогенированными газами в суммарное глобальное радиационное воздействие составляет 12 %². Хотя содержание ХФУ и большинства галонов сокращается, содержание в атмосфере гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) и гидрофторуглеродов (ГФУ), которые также являются активными парниковыми газами, увеличивается стремительными темпами, однако их общее содержание по-прежнему остается на низком уровне (рисунок 7).

Время жизни озона в тропосфере непродолжительно. При этом парниковый эффект от связанного с антропогенной деятельностью увеличения тропосферного озона в течение последнего столетия оказывается сопоставимым с парниковым эффектом, вызываемым галогеноуглеродами, хотя и с меньшей степенью определенности. Глобальное распределение тропосферного озона и его тренд оценить весьма сложно вследствие его весьма неравномерного географического распределения и высокой временной изменчивости.

Многие другие загрязнители (такие, как окись углерода, окиси азота и летучие органические соединения), хотя и незначительны как парниковые газы, косвенным образом влияют на радиационное воздействие через воздействие на тропосферный озон, CO_2 и метан. Аэрозоли (взвешенные частицы), включая технический углерод, также являются короткоживущими веществами, влияющими на радиационное воздействие.

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

Распространение бюллетеней

Секретариат ВМО осуществляет подготовку и распространение бюллетеней в сотрудничестве с Мировым центром данных по парниковым газам, размещенным в Японском метеорологическом агентстве, и Научной консультативной группой ГСА по парниковым газам при содействии со стороны Научной лаборатории НУОА по изучению системы Земля (ЕСРЛ). Бюллетени доступны на веб-странице Программы Глобальной службы атмосферы, а также на главных страницах МЦДПГ и Группы НУОА по углеродному циклу парниковых газов (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg>).

Выражение признательности и ссылки

Сорок восемь стран — членов ВМО предоставили данные по CO_2 в МЦДПГ ГСА. Приблизительно 49 % данных измерений, передаваемых в МЦДПГ, собираются на станциях совместной сети ЕСРЛ НУОА по отбору проб воздуха. Функционирование остальной части сети обеспечивается Австралией, Канадой, Китаем, Японией и многими европейскими странами (см. национальные доклады в Отчете ГСА № 186, доступном по адресу: <http://www.wmo.int/gaw>). Расширенный эксперимент по глобальным атмосферным газам (AGAGE) также является связанной с ГСА сетью, которая вносит вклад в подготовку настоящего бюллетеня в виде предоставления данных наблюдений. Станции мониторинга ГСА, которые предоставили данные, использованные в настоящем бюллетене, отмечены на карте (рисунок 2) 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 (<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 по парниковым газам, Японское метеорологическое агентство, Токио.
Э-почта: wdcgg@met.kishou.go.jp
Веб-сайт: <http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>

Отдельные обсерватории парниковых газов



Высокогорная станция «Чакалтайя», являющаяся с 2010 г. региональной станцией ГСА, расположена на высоте 5 320 м над уровнем моря, координаты 16,2° ю. ш. и 68,1° з. д., в Восточных Андах в Боливии. Станция «Чакалтайя» эксплуатируется Лабораторией атмосферной физики (Университет Сан-Андрес, являющийся также частью Института физических исследований) при поддержке Национальной службы метеорологии и гидрологии Боливии. Часть оборудования и технических средств на этой станции эксплуатируется в периодическом режиме работы. Кроме того, здесь же располагается широко известная Лаборатория космического излучения, где в 1948 г. были обнаружены пи-мезоны на эмульсионных фотошаблонах, подвергшихся воздействию космических частиц. Международная группа ученых из Боливии, Италии, Франции и Швейцарии работает над обеспечением функционирования этой самой высоко расположенной в мире станции атмосферных наблюдений за аэрозолями и химически активными и парниковыми газами. За дополнительной информацией просьба обращаться по адресу: <http://www.chacaltaya.edu.bo/>



Непальская климатическая обсерватория — «Пирамида» (PYR, координаты 27,95° с. ш., 86,82° в. д.) находится на высоте 5 079 м над уровнем моря в восточной части Гималаев на территории Непала, рядом с местом расположения базового лагеря на горе Эверест в высокогорной долине Кхумбу. Станция PYR была основана в январе-феврале 2006 г., а в конце февраля 2006 г. на ней начала выполняться программа наблюдений. В сентябре 2010 г. она стала глобальной станцией ГСА, обеспечивающей высококачественные непрерывные измерения физических параметров и химического состава аэрозолей, приземного озона, солнечной радиации, метеорологических параметров, а также измерения оптической плотности аэрозоля в рамках программы АЭРОНЕТ и сбор проб на галогенированные соединения. Станция PYR эксплуатируется Итальянским национальным научно-исследовательским советом, Национальным центром научных исследований Франции, Университетом Урбино, Итальянским национальным агентством по новым технологиям и Непальской академией науки и техники. Станция PYR является также частью проекта «Атмосферное коричневое облако». За дополнительной информацией просьба обращаться по адресу: <http://evk2.isac.cnr.it/>.