



Всемирная
Метеорологическая
Организация
Погода • Климат • Вода

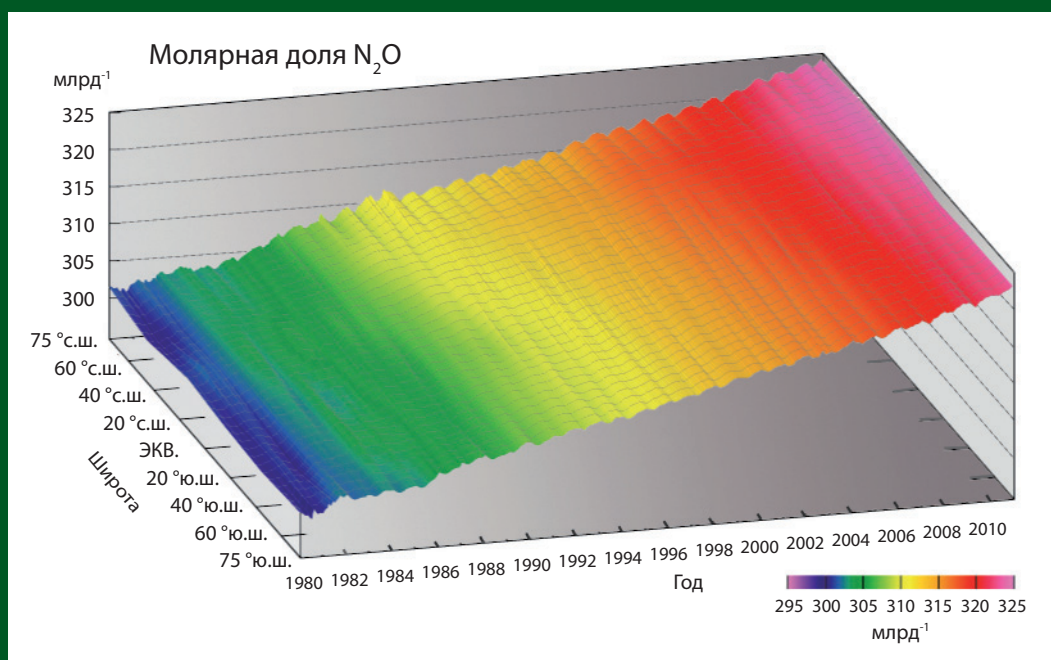


Глобальная
служба
атмосферы

БЮЛЛЕТЕНЬ ВМО ПО ПАРНИКОВЫМ ГАЗАМ

Содержание парниковых газов в атмосфере
по данным глобальных наблюдений в 2010 г.

№ 7 | 21 ноября 2011 г.



На рисунке выше зонально усредненные данные о содержании закиси азота (N_2O) на основании данных, полученных со станций ВМО/ГСА по отбору проб воздуха, наносятся на график как функция широты в период с 1980 г. по 2010 г. Закись азота в настоящее время является третьим по значимости долгоживущим парниковым газом, вносящим вклад в радиационное воздействие, опередив в последнее время ХФУ-12; его воздействие на климат, интегрированное за 100 лет, в 298 раз превышает воздействие равного объема выбросов углекислого газа (CO_2). Закись азота играет важную роль в разрушении стратосферного озона (O_3). Основным антропогенным источником выбросов N_2O в атмосферу

является использование азотсодержащих удобрений (включая навоз), оказавших существенное воздействие на глобальный круговорот азота. Сокращение количества удобрений, используемых на сельскохозяйственных полях, в целях улучшения соответствия потребностям сельскохозяйственных культур в азоте может сократить выбросы N_2O . Такие изменения должны осуществляться осторожно, с тем чтобы это не привело к сокращению урожайности, что вызовет обеспокоенность по поводу глобальной продовольственной безопасности. Преимущественное использование удобрений в средних широтах северного полушария обуславливает малый градиент с севера на юг, составляющий $\sim 1,2$ млрд $^{-1}$.^[1]

Резюме

Последний анализ данных наблюдений, полученных от Программы Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО, показывает, что глобальные усредненные уровни содержания в атмосфере двуокиси углерода (CO_2), метана (CH_4) и закиси азота (N_2O) достигли в 2010 г. новых максимумов, причем для CO_2 новый максимум составил 389,0 млн $^{-1}$,^[2] для CH_4 – 1808 млрд $^{-1}$, а для N_2O – 323,2 млрд $^{-1}$. Эти значения превышают значения доиндустриального периода (до 1750 г.) на 39 %, 158 % и 20 % соответственно. Показатели увеличения содержания CO_2 и N_2O в атмосфере с 2009 г. по 2010 г.

согласуются с показателями за последние годы, но они выше, чем аналогичные показатели за период с 2008 г. по 2009 г. и чем показатели, усредненные за последние 10 лет. Содержание CH_4 в атмосфере продолжает расти, что соответствует тенденции последних трех лет. Подготовленный НУОА годовой индекс содержания парниковых газов показывает, что за период с 1990 г. по 2010 г. радиационное воздействие на атмосферу, создаваемое долгоживущими парниковыми газами, выросло на 29 %, причем на CO_2 приходится почти 80 % этого увеличения. Радиационное воздействие N_2O превысило радиационное воздействие ХФУ-12, в результате чего N_2O стал третьим по значимости долгоживущим парниковым газом.

Общая информация

Настоящий бюллетень является седьмым из серии ежегодных бюллетеней ГСА/ВМО по парниковым газам. Каждый год в этом бюллетене сообщается о содержании в атмосфере и темпах изменения важнейших долгоживущих парниковых газов (ДПГ) – 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 % радиационного воздействия на атмосферу, обусловленного ДПГ (рисунок 1).

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 CO₂, CH₄ и N₂O являются всеобъемлющими опорными 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 содержании в глобальной атмосфере в 2010 г. трех основных парниковых газов и об изменениях в их содержании с 2009 г. и с 1750 г. приводятся в таблице. Эти результаты получены с помощью глобального анализа (Отчет ГСА № 184, доступный по адресу: <http://www.wmo.int/gaw>) при использовании рядов данных, которые соотносятся с Мировым

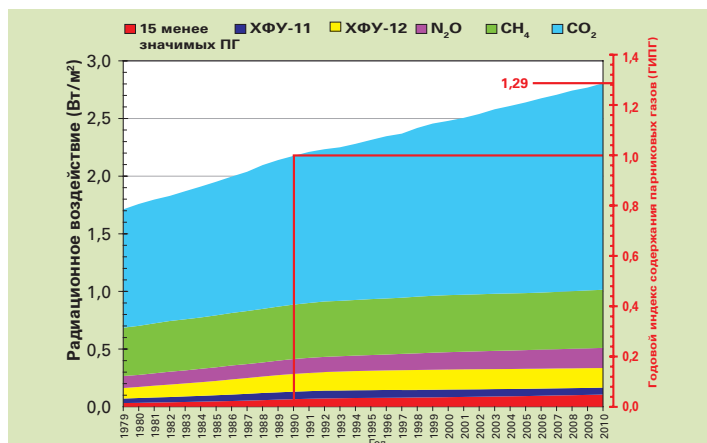


Рисунок 1. Радиационное воздействие всех долгоживущих парниковых газов на атмосферу по сравнению с 1750 г. и годовой индекс содержания парниковых газов (ГИПГ) НУОА за 2010 г. В качестве базового года для этого индекса был принят 1990 г. (ГИПГ = 1).

Глобальное содержание основных парниковых газов и его увеличение по данным глобальной сети ГСА по мониторингу парниковых газов. Глобальное содержание в 2010 г. рассчитано как среднее значение за 12 месяцев.

	CO ₂ (млн ⁻¹)	CH ₄ (млрд ⁻¹)	N ₂ O (млрд ⁻¹)
Глобальное содержание в 2010 г.	389,0	1808	323,2
Содержание в 2010 г. по отношению к 1750 г. ^a	139%	258%	120%
Абсолютное увеличение в 2009–2010 гг.	2,3	5	0,8
Относительное увеличение в 2009–2010 гг.	0,59%	0,28%	0,25%
Среднегодовое абсолютное увеличение за последние 10 лет	1,97	2,6	0,75

^a При допущении, что отношения смеси в доиндустриальный период составляли: CO₂ – 280 млн⁻¹, CH₄ – 700 млрд⁻¹ и N₂O – 270 млрд⁻¹.

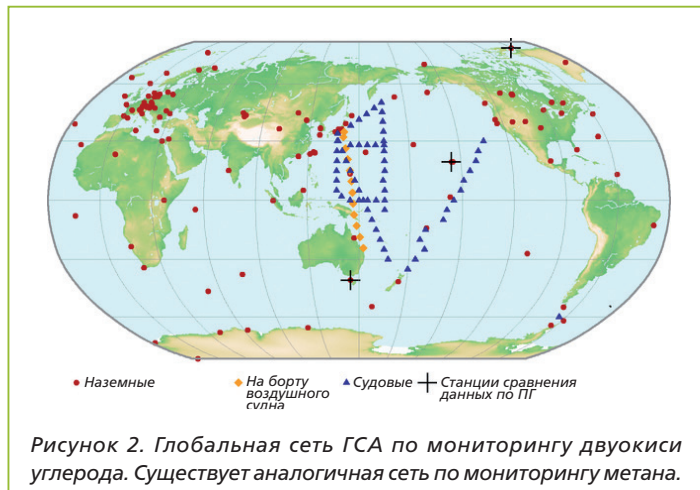


Рисунок 2. Глобальная сеть ГСА по мониторингу двуокиси углерода. Существует аналогичная сеть по мониторингу метана.

эталонном ВМО. Данные с подвижных станций, за исключением станций НУОА, с которых производится отбор проб воздуха в тихоокеанском регионе (синие треугольники на рисунке 2), в данном глобальном анализе не используются.

Содержание в атмосфере трех парниковых газов, информация по которым в краткой форме представлена в таблице, постоянно увеличивается с начала индустриальной эры. В отличие от водяного пара, являющегося наиболее важным парниковым газом, содержание которого контролируется быстрым взаимодействием с климатом, их содержание в атмосфере непосредственно связано с деятельностью человека, и они, как правило, являются значительно более долгоживущими 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 всех ДПГ увеличилось с 1990 г. по 2010 г. на 29 %, а с 2009 г. по 2010 г. — на 1,4 % (см. рисунок 1 и <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi>).

Двуокись углерода (CO₂)

Двуокись углерода является единственным наиболее важным антропогенным парниковым газом в атмосфере; его доля в радиационном воздействии ДПГ составляет ~64%^[3]. Его вклад в увеличение радиационного воздействия за последние 10 лет составляет 85 %, а за последние пять лет — 81 %. Примерно на протяжении 10 000 лет до промышленной революции уровень концентрации CO₂ в атмосфере был почти постоянным и составлял ~280 млн⁻¹. Такой уровень отражал равновесие между атмосферой, океанами и биосферой. С 1750 г. содержание CO₂ в атмосфере увеличилось на 39 %, в первую очередь в связи с эмиссией в результате сжигания ископаемого топлива (всего 8,4±0,5 ПгУ^[4] в 2009 г.; <http://www.globalcarbonproject.org>), а также обезлесивания и изменений в землепользовании. Высокоточные измерения содержания CO₂ в атмосфере, начатые в 1958 г., показывают, что среднее увеличение содержания CO₂ в атмосфере соответствует ~55 % CO₂, поступившего в атмосферу в результате сжигания ископаемого топлива. Оставшиеся ~45 % были удалены из атмосферы в результате поглощения океанами и биосферой суши. Атмосферная фракция, т. е. доля выбросов CO₂ в результате сжигания ископаемого топлива, которая остается в атмосфере, изменяется каждый год без какой-либо подтвержденной глобальной тенденции. Глобальный средний уровень содержания CO₂ в атмосфере в 2010 г. составил 389,0 млн⁻¹, а прирост по сравнению с предыдущим годом составил 2,3 млн⁻¹ (рисунок 3). Такой темп роста выше, чем в среднем за 1990-е года (~1,5 млн⁻¹/год) и чем средний показатель за последнее десятилетие (~2,0 млн⁻¹/год).

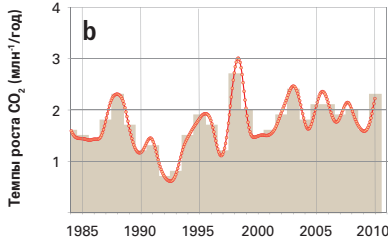
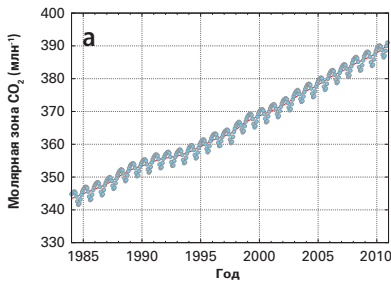


Рисунок 3. Глобальные средние значения молярной доли CO_2 (a) и темпы ее роста (b) в период с 1984 г. по 2010 г. Ежегодные средние темпы роста показаны на графике (b).

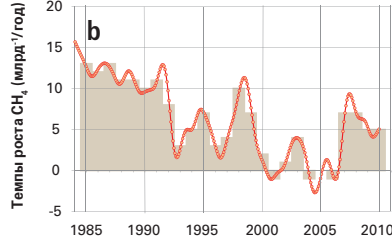
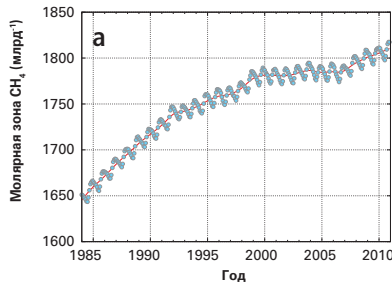


Рисунок 4. Глобальные средние значения молярной доли CH_4 (a) и темпы ее роста (b) в период с 1984 г. по 2010 г. Ежегодные средние темпы роста показаны на графике (b).

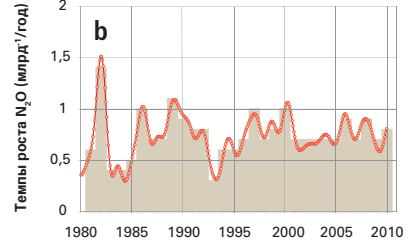
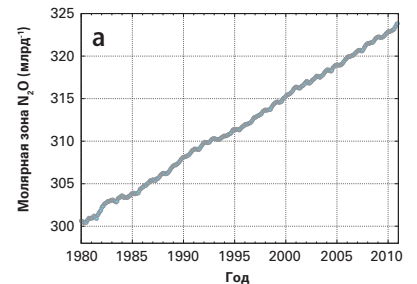


Рисунок 5. Глобальные средние значения молярной доли N_2O (a) и темпы ее роста (b) в период с 1980 г. по 2010 г. Ежегодные средние темпы роста показаны на графике (b).

Метан (CH_4)

Доля метана в радиационном воздействии ДПГ составляет ~18 %^[3]. Приблизительно 40 % поступающего в атмосферу метана выделяется из естественных источников, таких как болота и термитники, в то время как на долю антропогенных источников, таких как жизнедеятельность жвачных животных, рисовое земледелие, разработка месторождений ископаемого топлива, захоронение отходов и сжигание биомассы, приходится около 60 %. Метан удаляется из атмосферы в основном в результате реакции с гидроксильным радикалом (ОН). До индустриальной эры уровень концентрации метана в атмосфере составлял ~700 млрд⁻¹. Возрастающий объем выбросов из антропогенных источников обусловил увеличение содержания CH_4 в атмосфере на 158 %. Глобальный средний уровень содержания CH_4 в 2010 г. составил 1 808 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 2009 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 19 млрд⁻¹ за период с 2006 г. по 2009 г. последовало его повышение на 5 млрд⁻¹ в 2010 г. Причины для возобновленного увеличения содержания CH_4 полностью не установлены, при этом сообщалось, что такому увеличению способствовал ряд факторов, преимущественно биогенного характера. Для улучшения нашего понимания процессов, влияющих на эмиссию CH_4 в атмосферу, требуется больше наблюдений in situ вблизи районов источников эмиссии.

Закись азота (N_2O)

Доля закиси азота в радиационном воздействии ДПГ составляет ~6 %^[3]. Закись азота теперь стала третьим наиболее важным ДПГ по своему вкладу в общее радиационное воздействие. До начала индустриального периода концентрация N_2O в атмосфере составляла 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. На выбросы из антропогенных источников может приходиться около 40 % общей эмиссии N_2O . Закись азота удаляется из атмосферы посредством фотохимических процессов в стратосфере. Глобальное среднее содержание N_2O в течение 2010 г. составило 323,2 млрд⁻¹, т. е. на 0,8 млрд⁻¹ выше, чем в предыдущем году (рисунок 5), и на 20 % выше уровня в доиндустриальный период. Средние темпы роста за последние 10 лет составляли 0,75 млрд⁻¹ в год.

Другие парниковые газы

Гексафторид серы (SF_6) является активным ДПГ, контролируемым Киотским протоколом и Рамочной конвенцией Организации Объединенных Наций об изменении климата. Он производится искусственным образом и используется в качестве электроизолятора в энергораспределительном оборудовании. Его отношение смеси увеличилось в два раза по сравнению со значением этого показателя, которое наблюдалось в середине 1990-х годов (рисунок 6). Вклад озоноразрушающих хлорфторуглеродов (ХФУ) вместе с менее значительными галогенированными газами в радиационное воздействие ДПГ составляет ~12 %^[3]. 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).

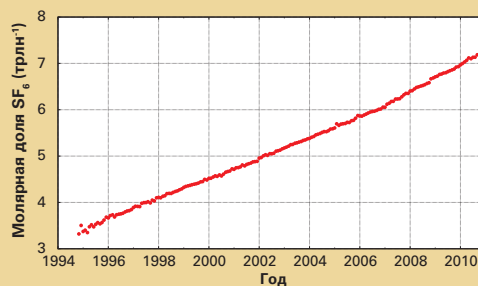


Рисунок 6. Среднемесячные значения молярной доли гексафторида серы (SF_6) в период с 1995 г. по 2010 г., усредненные по 18 станциям.

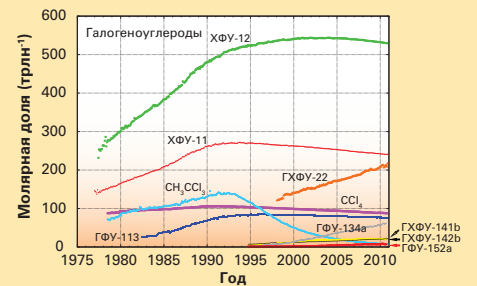


Рисунок 7. Среднемесячные значения молярной доли наиболее важных галогеноуглеродов в период с 1977 г. по 2010 г., усредненные по сети (от 7 до 19 станций).

Тропосферный озон обладает относительно короткой продолжительностью пребывания в атмосфере. Его радиационное воздействие, однако, представляется сопоставимым с радиационным воздействием галогеноуглеродов, хотя и с меньшей степенью определенности. Глобальное распределение тропосферного озона и его тренд оценить довольно-таки сложно вследствие его 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 содержание тропосферного озона. Аэрозоли (взвешенные частицы) также являются короткоживущими веществами, влияющими на радиационное воздействие.

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

Распространение бюллетеней

Секретариат ВМО осуществляет подготовку и распространение бюллетеней в сотрудничестве с Мировым центром данных по парниковым газам, размещающимся 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 ГСА, а также на главной странице МЦДПГ.

Выражение признательности и ссылки

Пятьдесят 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, предоставившие данные для использования в настоящем бюллетене, отмечены на рисунке 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.

Контактная информация

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

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>

^[1] млрд⁻¹ = число молекул газа на миллиард (10⁹) молекул сухого воздуха.

^[2] млрд⁻¹ = число молекул газа на миллион молекул сухого воздуха.

^[3] 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>).

^[4] ПгУ = 1 миллиард тонн или 1 000 х миллион тонн углерода.

Отдельные обсерватории парниковых газов



Самоанская обсерватория (14,23 °ю. ш., 170,56 °з. д.) была учреждена в 1974 г. и является одной из шести опорных обсерваторий Отдела глобального мониторинга (ГМД) ЕСРЛ НУОА. Она расположена на северо-восточной оконечности острова Тутиила, Американское Самоа, на хребте, обращенном к южной части Тихого океана.

С момента своего основания она пережила два крупных урагана и претерпела лишь незначительные повреждения. Ее отличительной особенностью является то, что она получает 30 % своей электроэнергии в дневное время от солнечных батарей. Отбор проб воздуха для измерения N_2O начал осуществляться в январе 1977 г., а с июля 1978 г. проводятся непрерывные измерения.

В Обсерватории Барроу (71,32 °с. ш., 156,61 °з. д.), учрежденной в 1973 г. на Аляске, Соединенные Штаты Америки, круглый год работают два инженера/ученых, которые зимой часто ездят на работу на снегоходах. Эта обсерватория является принимающей стороной для проведения



многочисленных совместных научно-исследовательских проектов со всего мира благодаря своему уникальному расположению, специализированному и высоко квалифицированному персоналу, отличной инфраструктуре энергоснабжения и связи. Она расположена таким образом, что оказывается лишь под минимальным влиянием со стороны местного загрязнения. Благодаря своей близости к водоемам и тому факту, что преобладающие ветры дуют с моря Бофорта, климат Барроу, по всей вероятности, наилучшим образом можно охарактеризовать как арктический морской с погодными вариациями и вариациями состояния морского льда в центральной части Арктики. Отбор проб воздуха для измерения N_2O начал осуществляться в январе 1977 г., а с января 1987 г. проводятся непрерывные измерения.



Хребет Нивот (40,05 °с. ш., 105,59 °з. д.) расположен примерно в 35 км к западу от Боулдера, штат Колорадо, Соединенные Штаты Америки, при этом весь исследовательский объект расположен на высоте выше 3 000 м. Хребет Нивот, включая основной объект исследования

гор, является частью национального леса Рузвельта и был объявлен биосферным заповедником ЮНЕСКО и экспериментальным экологическим заповедником Службой лесов Министерства сельского хозяйства США (ЮСДА). Пробы воздуха забираются в колбах для ГСД ЕСРЛ НУОА с 1963 г. Эти колбы анализируются на предмет содержания N_2O с января 1977 г., а с января 1987 г. проводятся непрерывные наблюдения N_2O .

Существует ряд других станций, осуществляющих долгосрочные наблюдения молярных фракций N_2O : станция в Кейп-Гримере, Австралия (наблюдения N_2O проводятся с 1978 г.); станция в Адриголе, Ирландия (начало наблюдений в 1978 г.), затем перемещенная в Мейс-Хед, Ирландия (данные наблюдений с 1987 г.); станция в Рэггед-Поинте, Барбадос (с 1978 г.); в Соединенных Штатах Америки: станция в Кейп-Меаресе, штат Орегон (начало наблюдений в 1979 г.), затем перемещенная в Тринидад-Хед, Калифорния (1995 г.), и станция в Мауна-Лоа, Гавайи (начало наблюдений в 1978 г.).