



БЮЛЛЕТЕНЬ ВМО ПО ОЗОНУ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ



Предисловие

Профессор Петтери Таалас, Генеральный секретарь ВМО

До 2016 года Всемирная метеорологическая организация (ВМО) в сотрудничестве с Европейской координационной группой по исследованию озона публиковала периодические выпуски бюллетеня о состоянии озонового слоя в Арктике и Антарктике. Они содержали информацию и обновленные данные об изменении озонового слоя в течение года и были предназначены для Членов ВМО, которые эксплуатируют станции мониторинга атмосферы и спутники для наблюдения за озоном и связанными с ним параметрами в глобальном масштабе.

После семилетнего перерыва я рад объявить о запуске Бюллетеня ВМО/Глобальной службы атмосферы (ГСА) по озону и ультрафиолетовому излучению за 2023 год! Он расскажет о многолетних усилиях сообщества ГСА по координации глобальной сети наблюдений за озоновым слоем. Озоновый слой защищает жизнь на Земле от вредного солнечного ультрафиолетового (УФ) излучения, поэтому наблюдения за озоном имеют решающее значение для защиты здоровья человека и окружающей среды. Я хотел бы отметить проделанную за последние десятилетия работу по непрерывному производству долгосрочных наблюдений за стратосферным озоном и отслеживанию текущих уровней и тенденций озоноразрушающих веществ (ОРВ). Монреальский протокол, подписанный в 1987 году и вступивший в силу в 1989 году, ограничил количество ОРВ в атмосфере, что привело к медленному восстановлению озонового слоя. Эти усилия позволили наладить тесное сотрудничество между Сторонами Монреальского протокола и получить результаты наблюдений, имеющие решающее значение для отслеживания антарктической озоновой дыры.

В настоящем Бюллетене вы найдете последние новости об антарктической озоновой дыре, глобальных уровнях стратосферного озона, стратегически значимой оценке озона, сетях мониторинга, использующих спектрофотометры Брюера и Добсона, и многое другое.

Введение



Мэтью Талли, председатель Научно-консультативной группы ВМО по озону и солнечному УФ-излучению

В 1985 году правительства стран мира согласовали Венскую конвенцию об охране озонового слоя, за которой в 1987 году последовал Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой.

Благодаря действиям, предпринятым в рамках Монреальского протокола, и последующим поправкам и корректировкам к нему, удалось остановить стремительное накопление ОРВ в глобальной атмосфере, происходившее в то время. На 2023 год наблюдения показывают, что общее содержание хлора и брома в атмосфере от долгоживущих ОРВ снижается уже более 20 лет.

В настоящее время можно наблюдать первые признаки восстановления стратосферного озона, причем полное восстановление в большинстве частей атмосферы прогнозируется в ближайшие десятилетия.

По этой причине текущий период иногда называют «отчетным этапом» Монреальского протокола. Непрерывные высококачественные наблюдения за стратосферным озоном и влияющими на него факторами по-прежнему необходимы для обеспечения качественного измерения долгосрочных изменений в озоновом слое и понимания их причин. Даже при ожидаемом дальнейшем полном соблюдении Монреальского протокола всеми странами мира, широкий спектр других видов человеческой деятельности и природных явлений будет продолжать оказывать значительное влияние на стратосферный озон и приземное УФ-излучение в течение оставшейся части XXI века.

ВМО сыграла важнейшую роль в принятии мировым сообществом мер по борьбе с истощением озонового слоя. С конца 1950-х годов, благодаря Глобальной системе наблюдений за озоном (ГСНОЗ), а с 1989 года — ГСА ВМО, ВМО поддерживает и координирует высококачественные измерения стратосферного озона и УФ-излучения по всему миру, а также систематическое хранение и распространение данных наблюдений. ГСА внесла большой вклад в научное изучение стратосферного озона и обоснованные оценки состояния озонового слоя, которые затем использовались ответственными лицами для принятия решений на основе наилучших имеющихся научных данных.

В этом выпуске Бюллетеня ВМО по озону и ультрафиолетовому излучению представлены новости и информация о состоянии озонового слоя в 2022 году и влияющих на него факторах, состоянии сетей мониторинга озонового слоя и последних оценках Группы по научной оценке и Группы по оценке воздействия на окружающую среду в рамках Монреальского протокола. Поскольку охрана здоровья человека является основополагающим мотивом всей такой работы, в Бюллетене также представлена информация о новом приложении для смартфонов, запущенном в июле 2022 года при поддержке ВМО в сотрудничестве со Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Международной организацией труда (МОТ). Приложение SunSmart было разработано в первую очередь для помощи в выборе правильных действий по защите от солнца путем предоставления отдельным пользователям информации о времени суток, когда необходимо использовать солнцезащитные средства.

Озоновый слой в 2022 году

Вольфганг Штайнбрехт, Антье Иннесс

Монреальский протокол и поправки к нему позволили успешно свернуть до 99 % производства и потребления контролируемых ОРВ. Концентрация разрушающего озон хлора в стратосфере достигла своего пика в конце 1990-х годов. С тех пор количество вносимого в атмосферу хлора снижается, и стратосферный озон медленно восстанавливается, что, как ожидается, продолжится во второй половине этого века. Это медленное восстановление маскируется значительными колебаниями озона от года к году, которые в значительной степени определяются колебаниями атмосферного переноса.

На рисунке 1 показано, как изменилось среднегодовое общее содержание озона в столбе атмосферы в 2022 году по сравнению с климатологией 2003—2021 годов. Карта на рисунке 1 показывает более высокое, чем обычно, содержание озона в столбе атмосферы в тропиках и субтропических широтах (широты ниже примерно 30°) и более низкое, чем обычно, содержание озона в столбе атмосферы в более высоких широтах, особенно в Южном полушарии. Довольно типично наблюдать такие большие различия в общем количестве озона между

более высокими и более низкими широтами. Это связано с интенсивностью средней меридиональной циркуляции Брюера — Добсона (ЦБД), которая перераспределяет озон из низких в высокие широты. В 2022 году ЦБД была относительно слабой, что привело к высокому уровню озона в низких широтах и низкому уровню озона в более высоких широтах. Три атмосферных условия способствовали слабой ЦБД в 2022 году:

- 1) выраженная Ла-Нинья с холодной тропической тропосферой и сокращением восходящего потока в тропической части ЦБД (Benito-Barca et al., 2022);
- 2) фаза в основном западного сдвига квазидвухлетнего колебания (выше 30 гПа), которая вызвала ослабление тропического апвеллинга ЦБД (Baldwin et al., 2001);
- 3) беспрецедентное количество водяного пара и дополнительного аэрозоля, попавшего в стратосферу в результате извержения подводного вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай в январе 2022 года. Радиационное охлаждение из-за повышенного содержания водяного пара привело к необычно холодной стратосфере Южного полушария, что также замедлило ЦБД в Южном полушарии (Coy et al., 2022; Wang et al., 2022).

В целом, эти изменения внесли значительный вклад в аномалии озона, показанные на рисунке 1. Более подробную информацию об антарктической озоновой дыре 2022 года и об извержении Хунга-Тонга можно найти в последующих разделах этого Бюллетеня.

Антарктическая озоновая дыра в 2022 году: позже и продолжительнее

Жос де Лаат

Двумя ключевыми характеристиками антарктической озоновой дыры 2022 года были ее относительно позднее начало в сентябре и относительно большая протяженность и глубина в октябре и ноябре (рисунок 2).

Позднее начало истощения озонового слоя в сентябре соответствует предыдущим годам и согласуется с тенденцией уменьшения дефицита массы озона (ДМО) в начале сентября после 2000 года (рисунок 3). По сравнению

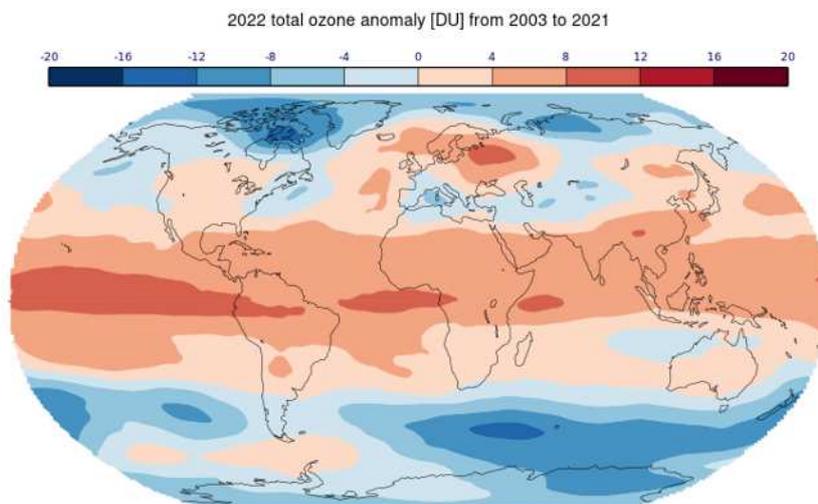


Рисунок 1. Отклонение среднегодового общего содержания озона в столбе атмосферы в 2022 году от климатологии 2003—2021 гг.

Источник: Результаты получены на основе реанализа Службы мониторинга атмосферы программы «Коперник» (Inness et al., 2019).

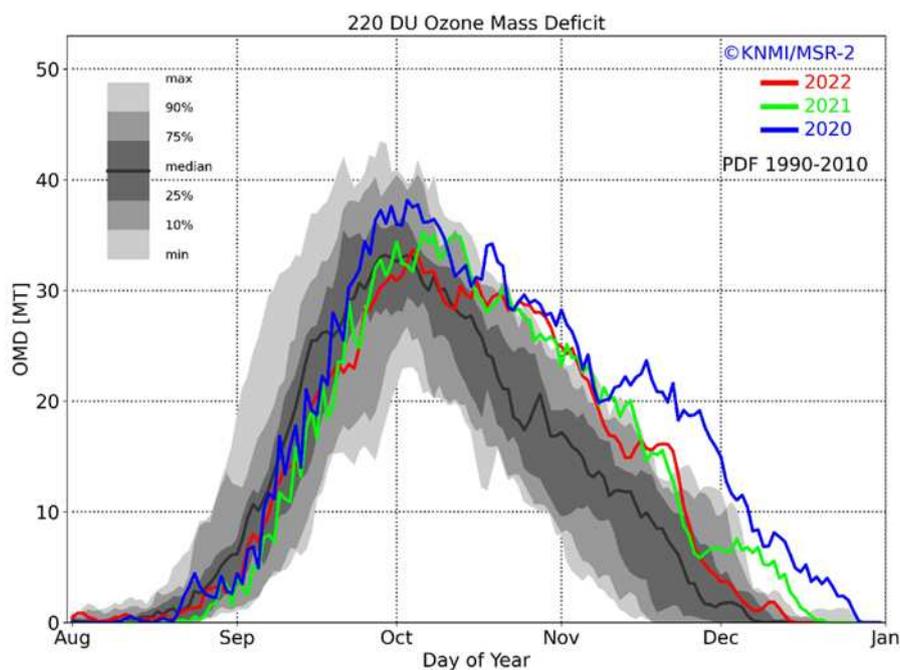


Рисунок 2. Распределение вероятности ежедневного дефицита массы озона (ДМО, мегатонн (Мт)) в Антарктике относительно 220 единиц Добсона. Серая область показывает ежедневное распределение вероятности за 1990—2010 гг., где черным цветом обозначено медианное значение. Последние годы — 2020, 2021 и 2022 — обозначены цветными линиями (красный, зеленый и синий).

Источник: Данные из набора данных Multi-Sensor Reanalysis version 2 (MSR-2), Королевский Нидерландский метеорологический институт (КНМИ) данные доступны здесь: <https://www.temis.nl/protocols/O3global.php>; См. также van der A et al., 2015.

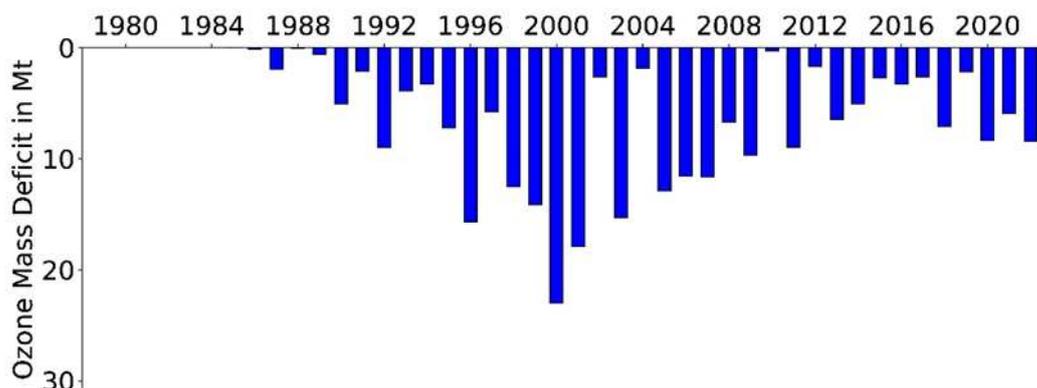


Рисунок 3. Среднее значение ДМО (мегатонн O₃) с 1 по 14 сентября относительно порогового значения 220 единиц Добсона на основе данных MSR-2 КНМИ. Обычная линейная регрессия после 2000 года дает наклон $-0,44 \pm 0,32$ Мт/год (2σ). Исключение лет с аномально слабой активностью планетарных волн в Южном полушарии (2002, 2004, 2010, 2012, 2017, 2019) дает наклон $-0,68 \pm 0,24$ Мт/год.

с ежедневной статистикой по антарктической озоновой дыре за 1990—2010 годы, истощение запаздывает на три-пять дней (рисунок 2). Как описано в главах 4 публикаций Научная оценка истощения озонового слоя: 2022 год (Chipperfield et al., *GAW Report No. 278*) и Научная оценка истощения озонового слоя: 2018 год (Langematz et al., *GORMP Report No 58*) (и ссылки в них), эта задержка и уменьшение ДМО в начале сентября считаются ключевыми доказательствами того, что озоновый слой начинает восстанавливаться.

Длительность и поздний распад антарктического стратосферного вихря, как в 2022 году, наблюдались в четырех из последних пяти лет (2018, 2020, 2021, 2022). Эти годы характеризуются аномально слабой планетарной волновой активностью в Южном полушарии [Kramarova et al., 2019; 2020; 2021; 2022; (2023 год в стадии подготовки)]. Планетарные волны, распространяющиеся вверх из

тропосферы, замедляют полярный стратосферный вихрь и переносят обогащенный озоном воздух из наружного вихря в верхний, одновременно нагревая его. Отсутствие волновой активности позволяет воздуху внутреннего стратосферного вихря дольше оставаться холоднее среднего, что благоприятствует меньшим, чем обычно, объемам озона в столбе. Благодаря этому явлению дефицит массы озона в последние годы была значительно выше среднего показателя 1990—2010 годов (рисунок 2).

Кроме того, повторение в последнее время лет с поздними датами распада привело к статистически значимой тенденции к более поздним датам распада примерно на пять дней за десятилетие [Kramarova et al., 2023, в стадии подготовки]. Однако причины недавней слабой планетарной волновой активности в Южном полушарии и отложенных сроков распада в настоящее время

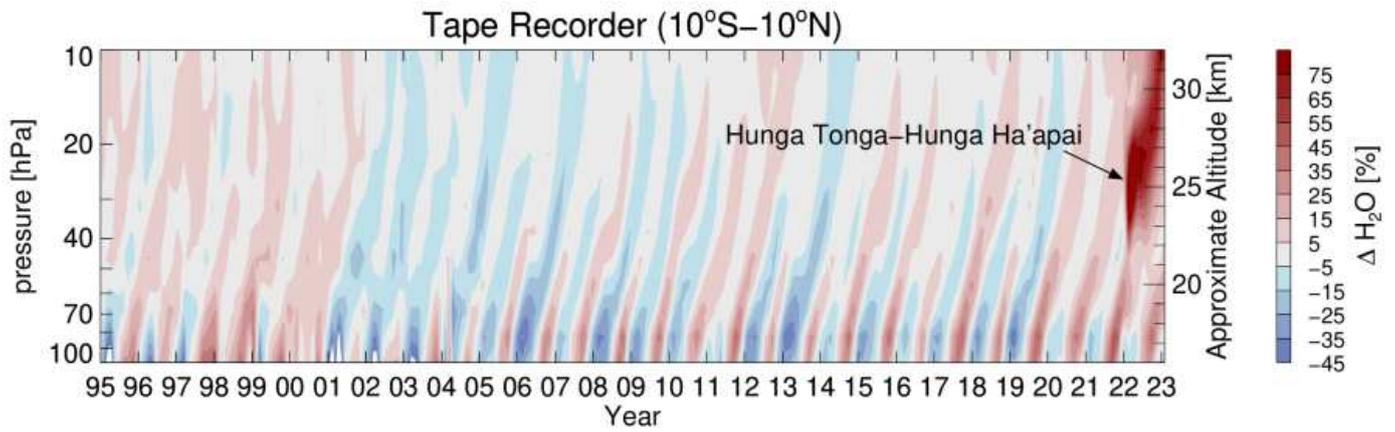


Рисунок 4. Отклонение содержания водяного пара в тропической стратосфере от среднего многолетнего значения.

Источник: Основные данные получены по композитным данным записей о глобальной химии озона и связанных с ним малых газовых составляющих в стратосфере (GOZCARDS) с добавлением последних данных MLS. Обновлено по данным Millán et al. (2022).

неизвестны. Является ли эта тенденция результатом случайных годовых колебаний планетарной волновой активности в Южном полушарии ниже среднего уровня или существует еще неизвестный физический механизм, пока не до конца понятно.

Извержение вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай изменяет стратосферу

Вольфганг Штайнбрехт

В январе 2022 года произошло извержение вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай (Хунга-Тонга), расположенного под поверхностью океана в западной части Тихого океана. Это извержение стало крупнейшим за последние сто лет, сравнимым с масштабным извержением Кракатау в 1883 году. Само извержение произошло под поверхностью океана и выбросило лед и водяной пар высоко в стратосферу. На рисунке 4 показано усиление «горячей точки» водяного пара из-за Хунга-Тонга в 2022 году (более, чем +70 %, отмечено темно-красным цветом). В целом извержение увеличило содержание водяного пара в стратосфере на 5–10 %, но в некоторых местах увеличение достигало нескольких сотен ppmV (миллионных долей по объему) (Vömel et al., 2022; Millan et al., 2022). По сравнению с предыдущими

извержениями, например, Пинатубо в 1991 году, увеличение стратосферного аэрозоля было относительно небольшим (Khaykin et al., 2022).

На рисунке 5 показано детальное распределение распространения облака водяного пара от Хунга-Тонга от тропиков до более высоких широт. В 2022 году протяженность распространения водяного пара была больше в Южном полушарии, чем в Северном. Дополнительный водяной пар привел к значительному охлаждению стратосферы над Южным полушарием на несколько Кельвинов (Coy et al., 2022; Wang et al., 2022). Это замедлило меридиональную ЦБД и привело к уменьшению количества озона в нижней стратосфере Южного полушария в 2022 году. В средней и верхней стратосфере суммарное воздействие на озон пока, по-видимому, невелико.

Как видно на рисунке 5, повышенное содержание водяного пара не достигло антарктического полярного вихря 2022 года и арктического полярного вихря 2022/23 года. Однако в течение следующих нескольких зим ожидается повышенное содержание водяного пара и аэрозоля в полярных вихрях. Это может привести к увеличению количества полярных стратосферных облаков (ПСО), усилению разрушения озона (Wang et al., 2022), а также к появлению более крупных и долговечных озоновых дыр.

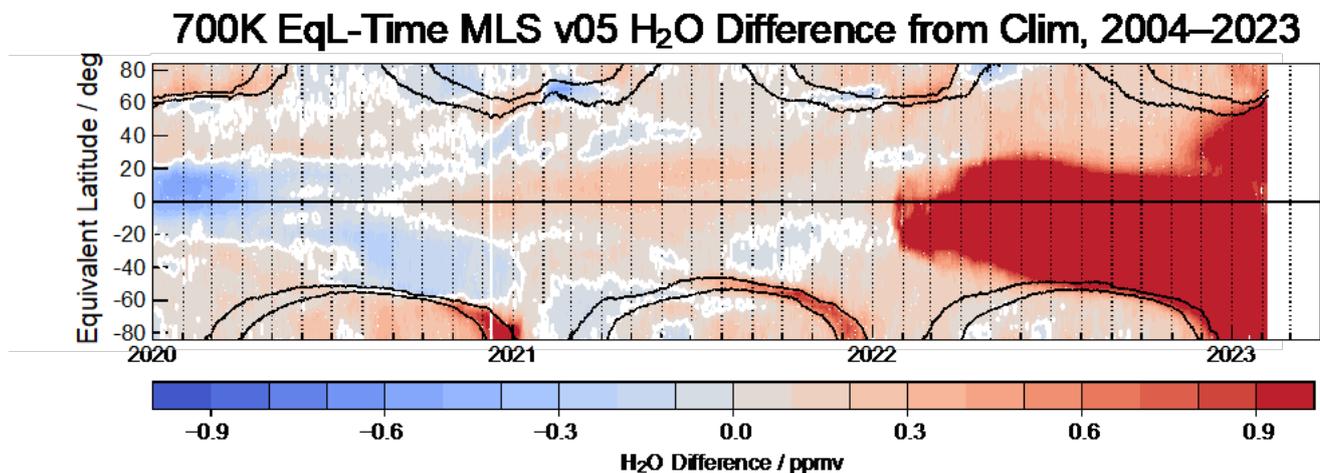


Рисунок 5. Подобно рис. 4, но показывает эволюцию аномалий водяного пара (зональные средние) на изобарической поверхности 700 К (~18 гПа или 27 км высоты) как функцию времени (с 2020 года) и эквивалентной широты. Черные изолинии показывают края стратосферных полярных зимних вихрей.

Источник: Обновлено по данным Millan et al. (2022).



The SunSmart Global UV app puts sun protection advice at your fingertips.

Извержение Хунга-Тонга, вероятно, вызовет значительные и беспрецедентные последствия в течение следующих нескольких лет. Для их объяснения потребуются продолжение точных и регулярных измерений с помощью наземных и космических систем, таких как спутниковый прибор Национального управления по авиации и исследованию космического пространства (НАСА) Microwave Limb Sounder (MLS).

Приложение SunSmart Global UV: улучшение осведомленности об УФ-излучении и привычек защиты от солнца по всему миру с помощью глобального солнечного УФ-индекса

Крейг Синклер

До 95 % случаев меланомы и 99 % случаев немеланомного рака кожи являются результатом чрезмерного воздействия ультрафиолетового излучения. Несмотря на то, что рак кожи в значительной степени можно предотвратить, он остается глобальной проблемой: по оценкам, в 2020 году в мире он диагностирован у 1,5 миллиона человек.

Факты показывают, что личные привычки, связанные с постоянным пребыванием на солнце, включая использование солнцезащитных средств, выбор одежды и время, проведенное на открытом воздухе, являются наиболее важными индивидуальными факторами риска повреждения кожи и глаз, связанного с УФ-излучением. Несмотря на большие успехи, достигнутые в реализации Монреальского протокола, который снизил воздействие ультрафиолета на здоровье человека, для общественности по-прежнему жизненно важно лучше понимать опасность длительного воздействия ультрафиолетового излучения.

Недавно во всем мире было запущено новое приложение для смартфонов, предоставляющее локальную информацию об уровне УФ-излучения с помощью пятидневного прогноза. Приложение призвано обеспечить согласованность во всем мире сообщений об УФ-излучении и состоянии здоровья, чтобы решить проблему рака кожи и повреждения глаз, связанного с УФ-излучением, во всем мире. Для этого приложение предлагает советы по защите от солнца всем, у кого есть приложение на мобильном телефоне, на основе выбранного местоположения.

Разработанное в Австралии Онкологическим советом штата Виктория, Австралийским агентством по радиационной защите и ядерной безопасности (АРПАНСА) и Бюро метеорологии, приложение было запущено в июле 2022 года при поддержке ВОЗ, ВМО, Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и МОТ. Приложение SunSmart было разработано в первую очередь для помощи в выборе правильных действий по защите от солнца путем предоставления отдельным пользователям информации о времени суток, когда необходимо использовать солнцезащитные средства, независимо от их местонахождения.

Особенности

- Поддерживается ведущими мировыми организациями по здравоохранению и метеорологии
- Оповещения об ультрафиолетовом излучении и защите от солнца каждый день; данные об ультрафиолетовом излучении в реальном времени обновляются каждую минуту и доступны любому человеку в радиусе 100 км от стационарного пункта мониторинга УФ-излучения

- Возможность создавать уникальные оповещения, соответствующие вашему расписанию и местоположению
- Доступ к данным об уровнях УФ-излучения в мире для пяти локаций, которые могут быть специально подобраны, с предоставлением четких рекомендаций о том, когда защита от солнца необходима, а когда нет
- Пятидневный прогноз УФ-излучения с указанием времени защиты от солнца и информацией о погоде
- Доступно на восьми языках: английский, французский, испанский, голландский, китайский, немецкий, итальянский и русский.

Приложение SunSmart Global UV доступно бесплатно в магазинах [Apple App](#) и [Google Play](#).

Если вы хотите, чтобы в приложение была включена ссылка на прямую трансляцию данных об ультрафиолетовом излучении для вашей страны, или если вы хотите получить дополнительную информацию о приложении SunSmart Global UV, пожалуйста, свяжитесь с sunsmart.enquiries@cancervic.org.au.

Общий целевой фонд для финансирования деятельности по проведению исследований и систематических наблюдений, имеющих отношение к Венской конвенции об охране озонового слоя

София Милона

Общий целевой фонд для финансирования деятельности по проведению исследований и систематических наблюдений, имеющих отношение к Венской конвенции об охране озонового слоя (Целевой фонд), был создан в

феврале 2003 года в соответствии с [решением VI/2](#) шестого совещания Конференции Сторон Венской конвенции. Это внебюджетный фонд, основанный на добровольных взносах сторон и международных организаций.

Основной целью Целевого фонда является оказание дополнительной поддержки для продолжения обслуживания и калибровки существующих наземных станций ВМО/ГСА для мониторинга озона в столбе атмосферы, профилей озона и УФ-излучения в развивающихся странах и странах с переходной экономикой, чтобы способствовать сбалансированному глобальному охвату. Рассматривается возможность поддержки и других мероприятий по совершенствованию сети наблюдений, определенных руководителями научных исследований озона и в консультации с сопредседателями групп по оценке Монреальского протокола.

С 2015 года деятельность Целевого фонда контролируется [Консультативным комитетом](#), который также реализует разработанную им долгосрочную стратегию и краткосрочный план действий с учетом рекомендаций руководителей научных исследований озона.

С момента создания Целевого фонда в 2003 году и до настоящего времени было одобрено 22 мероприятия, из которых 16 были завершены, два продолжаются, а четыре запланированы. Географическое распределение и тип утвержденных мероприятий представлены на рисунке 6. и с ними также можно ознакомиться в интерактивном режиме через [веб-сайт](#) Секретариата по озону.

Европейская сеть спектрометров Брюера. Пять лет спустя

Джон Риммер

Европейская сеть спектрометров Брюера, [ЕССБ](#), была разработана и внедрена в рамках Программы действий КОСТ ES1207 с целью гармонизации измерений



Рисунок 6. Географическое распределение завершенных, текущих и запланированных мероприятий, утвержденных в рамках Целевого фонда Венской конвенции по исследованиям и систематическим наблюдениям с 2003 года. В случае если в определенном месте проводится более одного мероприятия, количество таких мероприятий указывается в соответствующем кружке.

Источник: Environmental Systems Research Institute (ESRI), UNEP Ozone Secretariat



Рисунок 7. Недавний снимок сети ЕССБ, показывающий растущий глобальный охват.

спектрофотометром Брюера озона, ультрафиолета и оптической глубины аэрозоля в ультрафиолетовом спектре (AODUV). Программа завершилась в 2017 году успешным внедрением сети и предоставлением отчетности и архивированием продукции по общему содержанию озона в столбе атмосферы (Rimmer et al., 2018). На сети используются централизованные системы обработки данных и обеспечения качества, гарантирующие эквивалентность и пространственную согласованность данных, собранных различными приборами.

С момента своего открытия ЕССБ финансируется и управляется АЕМЕТ (Государственное метеорологическое агентство Испании) и за пять лет превратилась из европейской в глобальную сеть (рисунок 7). Характеристики приборов и кампании по взаимосравнению привели к улучшению алгоритмов обработки данных, учитывающих источники ошибок. Продукты UV и AODUV также стали доступными, поскольку данные собираются и предоставляются автоматически в почти реальном времени. ЕССБ теперь является фидуциальной опорной сетью для валидации спутниковых данных Службы по вопросам изменения климата в рамках программы «Коперник» (СЗС). Данные доступны в различных форматах файлов, и в настоящее время тестируется алгоритм версии 2, включающий, в частности, обновленные сечения поглощения.

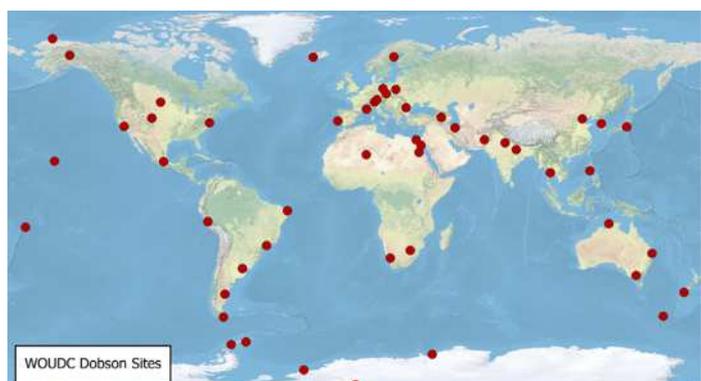


Рисунок 8. Сеть Добсона ГСА (отмечены станции Добсона, передающие данные по озону в МЦДОУФ в период 2018—2023 гг.).

ЕССБ также активно проводит обучение операторов и оказывает помощь станциям, часто в сотрудничестве с ВМО и Секретариатом ЮНЕП по озону.

Новости сети Добсона и Всемирного центра калибровки данных Добсона

Ирина Петропавловских

Сеть наблюдений Добсона за общим содержанием озона ВМО/ГСА состоит примерно из 55 действующих в настоящее время станций, эксплуатирующих спектрофотометр Добсона по озону (рисунок 8).

Обмен данными осуществляется через Всемирный центр данных по озону и ультрафиолетовому излучению (МЦДОУФ), поддерживаемый Министерством охраны окружающей среды и изменения климата Канады.

Всемирный центр калибровки данных Добсона ВМО размещен в Национальном управлении по исследованию океанов и атмосферы (НУОА) в Боулдере, Соединенные Штаты Америки, и поддерживает всемирный стандартный прибор Добсона D083, который используется для регулярной калибровки региональных стандартов Добсона.

Каждые два года в обсерватории Мауна-Лоа производится ряд измерений при помощи D083 для получения калибровочной постоянной по методу Лэнгли. Уникальное расположение обсерватории Мауна-Лоа делает ее идеальным местом для этого, так как она расположена над морским пограничным слоем и вдалеке от крупных источников загрязнения. Ограниченное присутствие аэрозолей и облаков позволяет обеспечить стабильные условия наблюдения в большом диапазоне зенитных углов Солнца, необходимых для точной калибровки.

Региональные стандарты Добсона сравниваются и калибруются с мировым стандартом каждые четыре года. Периодические калибровки обеспечивают сопоставимость и прослеживаемость глобальных измерений общего содержания озона в столбе атмосферы и стабильность климатических рядов данных по озону.

Самая последняя калибровка D083 на Мауна-Лоа была проведена в июле и августе 2021 года. В ноябре 2022 года извержение вулкана повредило служебную дорогу к обсерватории, и калибровки на объекте пришлось приостановить. Поэтому следующая калибровочная кампания запланирована на лето Северного полушария 2023 года на обсерватории Изанья на Тенерифе (Испания) при поддержке Государственного метеорологического агентства Испании (АЕМЕТ).

Оценка озона: Группа по научной оценке и Группа по оценке воздействия на окружающую среду

Алкис Баис, Дэвид Пламмер

Три группы по оценке Монреальского протокола представили свои четырехлетние оценочные отчеты за 2022 год, подготовленные в соответствии с поставленными задачами, утвержденными Сторонами на их тридцать

SCIENTIFIC ASSESSMENT OF OZONE DEPLETION 2022



Рисунок 9. Обложка отчета Группы по научной оценке озонового слоя за 2022 год.

первом совещании в 2019 году (решение XXXI/2). Здесь мы сосредоточимся на деятельности Группы по научной оценке (ГНО) и Группы по оценке воздействия на окружающую среду (ГОВОС). Оценка третьей группы экспертов, Группы по оценке технологий и экономики (ГОТЭ), здесь не рассматривается.

ГНО предоставляет: стратегически актуальную информацию о текущем состоянии стратосферного озонового слоя, включая тенденции в содержании озона и атмосферном содержании ОРВ, обновленные данные о нашем научном понимании влияющих на озон процессов и проекции будущих изменений озона. В соответствии с поставленными для оценки 2022 года задачами, в отчет ГНО впервые включена глава о воздействии геоинженерии на озоновый слой путем инъекции стратосферного аэрозоля. Отчет ГНО за 2022 год показывает продолжающееся снижение содержания в атмосфере хлора и брома, образующихся из долгоживущих ОРВ, контролируемых в рамках Монреальского протокола. Доказательства того, что антарктическая озоновая дыра восстанавливается, усилились после оценки 2018 года. Восстановление наиболее четко прослеживается в начале весны Южного полушария (сентябрь), при этом значительные колебания в сохранении озоновой дыры в конце весны обусловлены изменчивостью метеорологических условий из года в год. Почти глобальное (60° ю. ш. — 60° с. ш.) общее содержание озона в столбе атмосферы остается примерно на 2 % ниже, чем в среднем за 1964—1980 годы, при этом наблюдается небольшая положительная тенденция в 0,3 % за десятилетие в период 1996—2020 годов, которая лежит в диапазоне неопределенности. Согласно обновленным проекциям сроков восстановления общего содержания

Environmental Effects of Stratospheric Ozone Depletion, UV Radiation, and Interactions with Climate Change

2022 Assessment Report

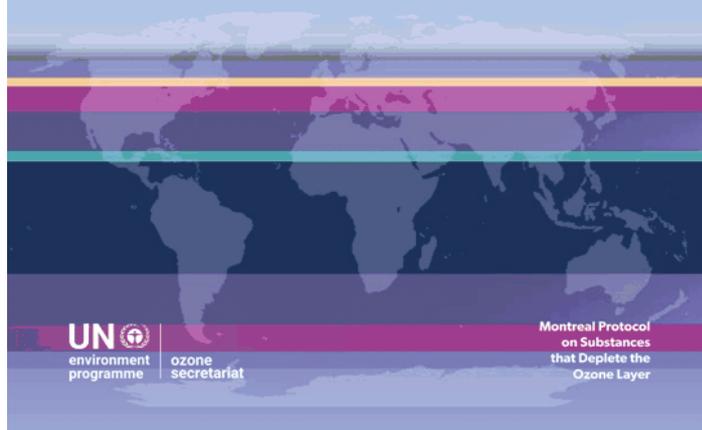


Рисунок 10. Обложка отчета Группы по оценке воздействия на окружающую среду для оценки озонового слоя 2022 года.

озона до значений 1980 года, почти глобально (60° ю. ш. — 60° с. ш.) среднее значение восстанавливается около 2040 года, в то время как северные среднеширотные (35° с. ш. — 60° с. ш.) столбы восстанавливаются около 2035 года, а весенние (октябрьские) значения над Антарктикой (90° ю. ш. — 60° ю. ш.) восстанавливаются около 2065 года. С полным текстом отчета можно ознакомиться по адресу: [Scientific Assessment of Ozone Depletion 2022](#).

ГОВОС оценивает последствия истощения стратосферного озона в контексте меняющегося глобального климата в рамках целей Организации Объединенных Наций в области устойчивого развития (ЦУР). Как и другие группы по оценке, ГОВОС также предупреждает Стороны о дополнительных областях, потенциально важных для Монреальского протокола. Четырехлетняя оценка 2022 года посвящена интерактивному воздействию стратосферного озона и изменения климата на солнечное УФ-излучение, здоровье человека, включая COVID-19, наземные и водные экосистемы, биогеохимические циклы, состав тропосферы и качество воздуха, природные и синтетические материалы, а также микропластик в окружающей среде. Особое внимание уделяется связям между истощением стратосферного озона и ультрафиолетовым излучением и изменением климата с точки зрения их широкого воздействия на окружающую среду и здоровье человека. Изменчивость УФ-излучения в Антарктиде была очень большой в течение последних четырех лет, и, несмотря на первые признаки восстановления озона, весной 2020 и 2021 годов в Южном полушарии наблюдалось увеличение УФ-индекса до 80 % относительно среднего исторического значения.

В Арктике колебания стратосферного озона привели к усилению колебаний УФ-излучения в северных высоких широтах в конце зимы и весной Северного полушария. За пределами полярных регионов долгосрочные изменения УФ-излучения в основном контролируются изменениями в аэрозолях и облаках. В данном отчете также обсуждаются выгоды от реализации Монреальского протокола в отношении прошлого, настоящего и будущего ультрафиолетового излучения и региональных погодных моделей, а также увеличение частоты и интенсивности экстремальных климатических явлений, происходящих вместе с продолжающимся увеличением выбросов парниковых газов и, как следствие, повышением температуры во многих частях мира. Эти изменения также влияют на степень воздействия ультрафиолетового излучения на человека, других животных и экосистемы, что имеет последствия для благосостояния людей, продовольственной безопасности, биоразнообразия и общей устойчивости нашей системы Земля. С полным текстом отчета можно ознакомиться здесь: [Environmental Effects of Stratospheric Ozone Depletion, UV Radiation, and Interactions with Climate Change: 2022 Assessment Report](#).

Редакционная группа

Мэтью Талли (председатель Научно-консультативной группы ВМО по озону и солнечному ультрафиолетовому излучению, Австралийское бюро метеорологии), Ану Хейккиля (Финский метеорологический институт), Гордон Лабоу (Центр космических полетов им. Годдарда НАСА), Лейлани Дулгуэрова (секретариат ВМО/ГСА)

Авторы и соавторы

Алкис Баис (Салоникский университет им. Аристотеля, лаборатория физики атмосферы), Джос де Лаат (КНМИ), Антье Иннесс (Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП)), София Милона (Секретариат ЮНЕП по озону), Джуди Нгунги (Секретариат ЮНЕП по озону), Ирина Петропавловских (Кооперативный институт по исследованиям в области наук об окружающей среде, Университет Колорадо Боулдер/Лаборатория глобального мониторинга НУОА), Дэвид Пламмер (отдел исследований климата Министерства охраны окружающей среды и изменения климата Канады (МОКК)), Джон Риммер (Центр атмосферных наук, факультет наук о Земле и окружающей среде, Манчестерский университет), Крейг Синклер (Онкологический совет штата Виктория, Квинслендский университет), Вольфганг Штайнбрехт (Deutscher Wetterdienst (DWD, Метеорологическая служба Германии)).

Другие члены Научно-консультативной группы

Рауль Кордеро (Университет Сантьяго-де-Чили), Виталий Фиолетов (МОКК), Софи Годен-Бекман (Лаборатория исследований атмосферы, пространственные наблюдения/Институт Пьера-Симона Лапласа), Джулиан Гребнер (Физико-метеорологическая обсерватория Давоса/Всемирный радиационный центр), Том Кралидис (МОКК)

Ссылки

- Baldwin, M. P.; Gray, L. J.; Dunkerton, T. J. et al. The Quasi-biennial Oscillation. *Reviews of Geophysics* **2001**, 39 (2), 179–229. <https://doi.org/10.1029/1999RG000073>.
- Benito-Barca, S.; Calvo, N.; Abalos, M. Driving Mechanisms for the El Niño–Southern Oscillation Impact on Stratospheric Ozone. *Atmospheric Chemistry and Physics* **2022**, 22 (24), 15729–15745. <https://doi.org/10.5194/acp-22-15729-2022>.
- Chipperfield, M.; Santee, M.; Alexander, S. P. et al. Chapter 4: Polar Stratospheric Ozone: Past, Present, and Future. *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022. GAW Report No. 278*. World Meteorological Organization (WMO): Geneva, 2022.
- Coy, L.; Newman, P. A.; Wargan, K. et al. Stratospheric Circulation Changes Associated with the Hunga Tonga-Hunga Ha’apai Eruption. *Geophysical Research Letters* **2022**, 49 (22). <https://doi.org/10.1029/2022GL100982>.
- Inness, A.; Ades, M.; Agustí-Panareda, A. et al. The CAMS Reanalysis of Atmospheric Composition. *Atmospheric Chemistry and Physics* **2019**, 19 (6), 3515–3556. <https://doi.org/10.5194/acp-19-3515-2019>.
- Khaykin, S.; Podglajen, A.; Ploeger, F. et al. Global Perturbation of Stratospheric Water and Aerosol Burden by Hunga Eruption. *Nature Communications Earth and Environment* **2022**, 3 (1). <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00652-x>.
- Kramarova, N.; Newman, P. A.; Nash, E. R. et al. 2018 Antarctic Ozone Hole. *In State of the Climate in 2018*; Bulletin of the American Meteorological Society, 100 (9); 2019; S185–S187. [doi:10.1175/2019BAMSStateoftheClimate.1](https://doi.org/10.1175/2019BAMSStateoftheClimate.1).
- Kramarova, N.; Newman, P. A.; Nash, E. R. et al. 2019 Antarctic Ozone Hole. *In State of the Climate in 2019: Antarctica and the Southern Ocean*; Bulletin of the American Meteorological Society, 101 (8); 2020; S310–S312. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0090.1>.
- Kramarova, N.; Newman, P. A.; Nash, E. R. et al. 2020 Antarctic Ozone Hole. *In State of the Climate in 2020: Antarctica and the Southern Ocean*; Bulletin of the American Meteorological Society, 102 (8); 2021; S345–S349. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-21-0081.1>.
- Kramarova, N. A.; Newman, P. A.; Nash, E. R. et al. 2021 Antarctic Ozone Hole. *In State of the Climate in 2021: Antarctica and the Southern Ocean*; Bulletin of the American Meteorological Society, 103 (8); 2022; S332–S335. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0078.1>.
- Kramarova, N. A. et al. 2022 Antarctic Ozone Hole. *In State of the Climate in 2022*; Bulletin of the American Meteorological Society; 2023, in preparation.
- Langematz, U.; Tully, M. B.; Calvo, N. et al. Chapter 4: Polar Stratospheric Ozone: Past, Present, and Future. *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2018. Global Ozone Research and Monitoring Project – Report No. 58*. World Meteorological Organization (WMO): Geneva, 2018.
- Millán, L.; Santee, M. L.; Lambert, A. et al. The Hunga Tonga-Hunga Ha’apai Hydration of the Stratosphere. *Geophysical Research Letters* **2022**, 49 (13). <https://doi.org/10.1029/2022GL099381>.
- Rimmer, J. S.; Redondas, A.; Karppinen, T. EuBrewNet – A European Brewer Network (COST Action ES1207), an Overview. *Atmospheric Chemistry and Physics* **2018**, 18 (14), 10347–10353. <https://doi.org/10.5194/acp-18-10347-2018>.
- Serdyuchenko, A.; Gorshlev, V.; Weber, M. et al. High Spectral Resolution Ozone Absorption Cross-sections – Part 1: Measurements, data analysis and comparison with previous measurements around 293 K. *Atmospheric Measurement Techniques* **2014**, 7, 609–624. <https://doi.org/10.5194/amt-7-609-2014>.
- Serdyuchenko, A.; Gorshlev, V.; Weber, M. et al. High Spectral Resolution Ozone Absorption Cross-sections – Part 2: Temperature Dependence. *Atmospheric Measurement Techniques* **2014**, 7, 625–636. <https://doi.org/10.5194/amt-7-625-2014>.
- van der A, R. J.; Allaart, M. A. F.; Eskes, H. J. Extended and Refined Multi Sensor Reanalysis of Total Ozone for the Period 1970–2012. *Atmospheric Measurement Techniques* **2015**, 8 (7), 3021–3035. [doi:10.5194/amt-8-3021-2015](https://doi.org/10.5194/amt-8-3021-2015). Dataset: [doi:10.21944/temis-ozone-msr2](https://doi.org/10.21944/temis-ozone-msr2).
- Vömel, H.; Evan, S.; Tully, M. Water Vapor Injection into the Stratosphere by Hunga Tonga-Hunga Ha’apai. *Science* **2022**, 377 (6613), 1 444–1 447. <https://doi.org/10.1126/science.abq2299>.
- Wang, X.; Randel, W.; Zhu, Y. et al. Stratospheric Climate Anomalies and Ozone Loss Caused by the Hunga Tonga Volcanic Eruption. *Earth and Space Science Open Archive* **2022**. <https://doi.org/10.1002/essoar.10512922.1>.