|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ПОГОДА КЛИМАТ ВОДА | **Всемирная метеорологическая организация**  **КОМИССИЯ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ, ИНФРАСТРУКТУРЕ И ИНФОРМАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ**  **Вторая сессия** 24—28 октября 2022 г., Женева | **INFCOM-2/INF. 4.2** |
| Представлен: сопредседателями  ИГ-ПГ  20.X.2022 |

*[Этот документ был переведен для вашего удобства с использованием технологий машинного перевода без постредактирования. Не дается никаких гарантий какого-либо рода, явных или подразумеваемых, в отношении его точности, надежности или правильности. Любые расхождения или различия, которые могли возникнуть при переводе содержания оригинального документа на русский язык, не являются обязательными и не имеют юридической силы для соблюдения, исполнения или любой другой цели. Некоторые материалы (например, изображения) могут быть не переведены из-за технических ограничений системы. В случае возникновения вопросов, связанных с точностью информации, содержащейся в переведенном документе, просим обращаться к английскому оригиналу, который является официальной версией документа.]*

## ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА МОНИТОРИНГА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ, КООРДИНИРУЕМАЯ ВМО

*Концептуальная записка*

*Рабочий проект, 18 октября 2022 г.*

*Совместная исследовательская группа ВМО по мониторингу парниковых газов*

### Фон

На три наиболее важных парниковых газа (ПГ), подверженных влиянию деятельности человека, относятся двуокись углерода (CO2), метан (CH4) и закись азота (N2O). Увеличение содержания этих газов в окружающей среде является причиной наблюдаемого изменения климата и других воздействий в соответствии с межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК, ссылка ОД6, РГ1). Недавнее (‑постиндустриализация) увеличение концентрации CO2, CH4 и N2O было задокументировано как обусловленное деятельностью человека. Парижское соглашение, принятое 196 Сторонами на Конференции Сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИКООН) в 2015 г., определяет конкретные задачи по максимальному повышению глобальной средней температуры и указывает на средства достижения этой цели посредством сокращения выбросов ПГ.

На 26-й Конференции Сторон (Глазго, ноябрь 2021 года) Стороны признали, что «{...} Ограничение глобального потепления 1,5 °C к 2100 году требует быстрого, глубокого и устойчивого сокращения глобальных выбросов парниковых газов, в том числе сокращения глобальных выбросов двуокиси углерода на 45 процентов к 2030 году по сравнению с уровнем 2010 года и чистого нуля примерно в середине века, а также глубокого сокращения других ПГ {...}" (решение 1/КМУ3). Наличие информации об уровнях и бюджетах ПГ имеет решающее значение для оказания помощи странам в руководстве их обязательствами и отслеживании прогресса в достижении целей по сокращению выбросов.

### Потребность в более совершенных количественных знаниях о циклах парниковых газов

Парижское соглашение (статья 13) просит Стороны регулярно предоставлять (...): «a) национальный доклад о кадастрах антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, подготовленный с использованием методологий передовой практики, принятых МГЭИК и согласованный Конференцией Сторон, выступающих в качестве совещания Сторон настоящего Соглашения»; "b) информация, необходимая для отслеживания прогресса, достигнутого в осуществлении и достижении определяемого на национальном уровне вклада в соответствии со статьей 4;"

В соответствии со статьей 14 Парижского соглашения Стороны будут использовать эти данные для проведения глобального подведения итогов каждые пять лет для мониторинга количественного прогресса в достижении целей и цели Соглашения, и они будут делать это «в свете {...} наилучшие имеющиеся научные данные». Первый глобальный подвести итоги должен быть завершен к ноябрю 2023 года. Сообщаемые антропогенные выбросы будут основаны на руководящих принципах МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов, включая методы различных уровней сложности и сложности (в настоящее время классифицируемые МГЭИК в качестве методов уровня 1, 2 и 3).

Как упоминалось выше, самая большая часть антропогенного воздействия на климатическую систему обусловлена изменением концентрации долгоживущими парниковыми газами в атмосфере. Таким образом, глобальный мониторинг этих газов имеет первостепенное значение. Однако эти концентрации не определяются только антропогенными выбросами. Концентрации ПГ сильно зависят также от естественных циклов, которые, в свою очередь, подвержены влиянию климата и других изменений окружающей среды. Изменения природных выбросов и поглощение ПГ могут взаимодействовать с усилиями по смягчению воздействий на изменение климата либо для повышения, либо уменьшения их эффективности. Наши количественные знания о некоторых источниках и поглотителях ПГ имеют большие неопределенности как по мере их эксплуатации, так и в той степени, в которой они будут меняться в будущем в ответ, например, на изменение климата.

В настоящее время большая часть измерений парниковых газов (ПГ) в окружающей среде, а обработка этих данных наблюдений, необходимых для поддержки мер по смягчению воздействий, в первую очередь зависит от исследовательской деятельности и финансирования. Ограниченный по времени характер финансирования научных исследований и неопределенность в его распределении приводят к неизбежной хрупкости системы мониторинга ПГ, которую трудно согласовать с ее критически важным и возрастающим значением как движущей силы политики.

Устойчивая, регулярная инфраструктура мониторинга концентраций и потоков ПГ, используя стандартные протоколы и методы, сходные с методами, используемыми для мониторинга погоды и климата, обеспечит большое количество количественных данных для содействия улучшению нашего понимания циклов ПГ. Она обеспечит непрерывные по времени глобальные поля численности ПГ в атмосфере, обеспечивая беспрецедентное представление о географических и сезонных распределениях ПГ, что будет способствовать предоставлению оценок месячного суммарного потока, например при разрешении 1x1° (примерно 100—100 км). Эти количественные величины составят основную выходную продукцию предлагаемого оперативного мониторинга ПГ. Кроме того, в настоящее время предпринимаются усилия по развитию возможностей для разделения этих чистых потоков на выбросы, распределенные по источникам, что может привести к дополнительной оперативной продукции в будущем. В рамках политики ВМО в области данных данные будут предоставляться всем заинтересованным пользователям на свободной и неограниченной основе.

Информационная продукция будет генерироваться с использованием методологий, уже разработанных научно-исследовательским и оперативным сообществами, Глобальная служба атмосферы (ГСА) ВМО, например, 50-летний опыт разработки руководящих принципов измерений ПГМЛ (методы измерения парниковых газов), которые осуществляются, например, в оперативных сетях Европы (ИКОС) и США (Национальное управление по исследованию океанов и атмосферы (НУОА)). Продукция потока, основанная на наблюдениях, будет дополнять существующие оценки антропогенных выбросов. Эта продукция может помочь Сторонам в оценке их индивидуальных усилий по сокращению выбросов и глобальному прогрессу в достижении целей Парижского соглашения по смягчению воздействий.

Ввиду необходимости устойчивого регулярного предоставления высококачественной информационной продукции, охватывающей весь глобальный домен в поддержку смягчения воздействий, в данной записке изложена возможность разработки скоординированной на международном уровне устойчивой, регулярной глобальной инфраструктуры мониторинга ПГ, которая будет предоставлять такие данные научному сообществу и Сторонам на более регулярной и устойчивой основе. Инфраструктура будет развиваться в рамках сотрудничества между различными организациями, которые уже участвуют в мониторинге окружающей среды ПГ.

### Скоординированная глобальная инфраструктура мониторинга парниковых газов

В своей первоначальной конфигурации регулярная глобальная система мониторинга ПГ будет состоять из четырех основных компонентов:

* 1. "всеобъемлющего устойчивого глобального набора наземных и спутниковых наблюдений за концентрацией CO2, CH4 и N2O, общего содержания в столбе воздуха, частичного содержания, вертикальных профилей и потоков, а также поддержки метеорологических, океанических и наземных переменных, подлежащих международному обмену в режиме времени, близком к реальному;"
  2. Предварительные оценки выбросов ПГ;
  3. Набор глобальных моделей высокого разрешения, представляющих концентрации, источники и поглотители ПГ;
  4. В сочетании с этими моделями системы ассимиляции данных, которые оптимально объединяют данные наблюдений с фоновой моделью для производства продукции с большей точностью.

Содержание CO2, CH4 и N2O можно измерять in situ в атмосфере и водной среде с высокой точностью (порядка 0,1 % и лучше), что позволяет определять потоки. Измерения in situ на поверхности и с бортовых платформ широко используются в течение многих десятилетий, обеспечивая высокоточные данные во многих местах по всему миру. За последнее десятилетие или два десятилетия возможности космических измерений, особенно для CO2 и CH4, значительно продвинулись, хотя точность таких наблюдений ниже точности наблюдений in situ, но спутниковые платформы позволяют обеспечить глобальный охват.

Атмосферный компонент этой инфраструктуры будет опираться на различные ранее существующие элементы инфраструктуры для наблюдений и моделирования парниковых газов при поддержке ВМО с 1975 г. и на других соответствующих инициативах на национальном, региональном и глобальном уровнях.

Компонент наблюдений за океаном в рамках инфраструктуры будет опираться на инфраструктуру научных исследований и мониторинга, координируемую Глобальной системой наблюдений за океаном (ГСНО). Это включает биологические, физические, химические и геологические компоненты цикла углерода и азота, которые непосредственно участвуют в биогеохимических процессах, влияющих на ПГ.

Существующие знания об антропогенных выбросах документируются в виде кадастров, подготовленных в масштабах от локального до глобального. Кадастры основаны на входе различных социально-экономических данных, таких как потребление ископаемого топлива, а также на факторах выбросов для различных типов источников. Эти кадастры готовятся как академическим сектором (например, широко используемой базой данных по выбросам для глобальных исследований атмосферы (ЭДГАР) и кадастрами ODIAC), так и государственными органами для выполнения ими своих национальных и субнациональных обязательств по отчетности. Кадастры будут оставаться ключевыми в качестве части инфраструктуры мониторинга ПГ, поскольку это необходимо для систем моделирования и ассимиляции данных.

Компонент моделирования будет далее использовать инфраструктуру и методологии, используемые в течение более 50 лет для оперативного прогнозирования погоды. За последнее десятилетие эта инфраструктура эволюционировала, с тем чтобы использовать подход на основе системы Земля. В настоящее время все в большей степени учитываются подробные моделирование растительности, океана, состава атмосферы и криосферы. Это обеспечивает отличную основу для использования в представлении циклов ключевых парниковых газов. Прямое сопряжение с моделями биосферы суши и океана поможет в дальнейшем улучшить наше понимание циклов ПГ, их изменения и эффективность различных стратегий смягчения воздействий.

Ключевыми предлагаемыми выходными данными, предоставляемыми инфраструктурой мониторинга ПГ, будут:

* Регулярные своевременные глобальные поля концентраций ПГ;
* Регулярные своевременные глобальные ежемесячные оценки чистых потоков ПГ с высоким горизонтальным разрешением (например, при температуре 1x1°).

В зависимости от потребностей пользователей и развивающихся потребностей в обслуживании, связанном с ПГ, будет возможна дополнительная продукция на основе данных (например, оценки антропогенных выбросов и природных потоков суши и океана). Примеры потенциальной продукции и применений, которые могут быть построены на выходе системы, приведены в разделе 5.

Как и в случае оперативного численного прогнозирования погоды, потребуется мощный научно-исследовательский компонент параллельно с оперативной деятельностью для постоянного совершенствования методов измерений, понимания процессов ПГ и систем моделирования и усвоения данных. Без таких устойчивых научно-исследовательских усилий инфраструктура вряд ли будет предоставлять информацию, которая может удовлетворять меняющиеся потребности пользователей.

### Существующие и планируемые возможности и инициативы в области мониторинга ПГ

В течение многих лет ведется работа по количественному мониторингу ПГ на основе одного или нескольких компонентов системы, описанных выше.

С 1989 года программа ГСА ВМО координировала сбор данных измерений, менеджмента качества, развития потенциала и производства продукции и обслуживания, связанных с составом атмосферы, включая ПГ. ГСА обеспечивает международную рамочную основу для наблюдений ПГ in situ, организуя их со станций ГСА на глобальном и локальном уровнях. Рамочная основа также включает в себя содействующие сети наблюдений за ПГ, эксплуатируемые многими другими организациями. Например, ТККОН используется для верификации наблюдений за ПГ из космоса. Управление данными осуществляется централизованно Мировым центром данных по парниковым газам при поддержке Японии для обеспечения согласованности и высокого качества за счет существенной задержки во времени предоставления данных. Предпринимались попытки расширить возможности в области наблюдений для ПГ за счет мало охваченных территорий. Однако на большей части земного шара горизонтальная плотность сети приземных наблюдений остается недостаточной для эффективного мониторинга, хотя региональные сети с более высокой плотностью находятся в Европе (Интегрированная система наблюдений за углеродом (ИКОС)), Китае, Северной Америке и в нескольких других местах. Открытый обмен данными по-прежнему остается проблемой в некоторых регионах.

На спутниковой стороне Лаборатория реактивного движения НАСА впервые создала возможность измерять первый CO2 и затем CH4 из космоса. Начиная со спутника для наблюдений за парниковыми газами (GOSAT) в 2009 г. через спутник GOSAT-2, за которым следует GOSAT-GW, Япония неуклонно развивается и совершенствует свои возможности в области космического мониторинга CO2 и CH4. Китай обладает возможностями мониторинга СО2 и CH4 на его полярно-орбитальной орбите «FY-3D» на его специализированной программе TanSat и на GaoFen-5 с дополнительными возможностями космического базирования в трубопроводе. В Европе было введено в действие наблюдение СН4 с прибором SCIAMACHY и в настоящее время эксплуатирует спутник Sentinel-5/Tropomi, и планируется запуск серии программ CO2, начиная с микрокарба и после чего в 2026 году планируется запуск программы ЕС «Коперник CO2M» (CO2M). Международная координация этих усилий осуществляется, в первую очередь, через Комитет по спутниковым наблюдениям за Землей (КЕОС) (виртуальные группировки спутников, Рабочая группа КЕОС по калибровке/валидности) и в некоторой степени через КГМС.

На стороне моделирования и усвоения одним из самых передовых усилий является Программа Европейской комиссии по программе «Коперник». Служба атмосферного мониторинга программы «Коперник» (СМКА) разделяет многие из целей, перечисленных в предыдущем разделе, касающихся количественного мониторинга CO2 и CH4. Существуют планы по дальнейшему расширению системы и по разработке нового глобального мониторинга и поддержки верификации потенциала в области антропогенных выбросов CO2 и CH4 (CO2MVS), используя взаимодополняемость наблюдений и компьютерных моделей. Аналогичные усилия по моделирования и усвоению данных наблюдений СО2 предпринимаются также в США, при этом Как Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА), так и НУОА, имеющие возможности в этой области, особенно с carbonTracker, в то время как Япония продвигает свои усилия, включая наблюдения, измерения с судов и самолетов, и Китай также планирует развивать свои собственные возможности в ближайшие годы. Усилия по моделированию основаны на долгосрочном опыте и новаторской работе сообщества ТРАНСКОМ, многие из которых все еще участвуют в упомянутых инициативах по моделированию.

Помимо усилий, перечисленных здесь, появляются несколько других инициатив, связанных с ПГ, что отражает широкое признание потребности в усовершенствованной информации о ПГ. Учитывая огромные политические и экономические последствия мониторинга ПГ, дополнительные усилия, вероятно, возникнут в ближайшие годы. Для поддержания надежной информационной основы для мер по смягчению последствий изменения климата крайне важно, чтобы была расширена координация этих усилий в полной прозрачности для всех Сторон.

### Потенциальные применения в нижнем бьефах

Выходная продукция предлагаемой инфраструктуры мониторинга ПГ будет доступна для общественности, наблюдения ПГ (наземные и космические), смоделированные глобальные поля концентраций ПГ с разрешением 1х1° и смоделированные приземные потоки с разрешением 1x1° в глобальном масштабе. Первоначальный перечень потенциального применения включает:

* Интерпретация глобальной продукции в контексте Парижского соглашения требует глобального подведения итогов, включая:
  + Глобальное и/или региональное объединение источников и поглотителей выбросов.
  + Методологии разделения глобального потока на секторы, газы, регионы.
  + Неопределенности, связанные с агрегированной продукцией.
* Агрегирование информации о потоке 1x1° в региональном масштабе для интерпретации потоков выбросов в региональном масштабе:
  + Для оценки океанических потоков, не представленных в национальных кадастрах, и в настоящее время отсутствует в глобальном подведения итогов. Отметим, что эти данные также придадут дополнительную пользу отчетности о морской кислотности в сопоставлении с Целью устойчивого развития (ЦУР 14.3.1).
  + Для оценки потоков углерода в региональном масштабе на суше, которые частично включены в национальную отчетность о кадастрах. Мониторинг межгодовой изменчивости (например, в ответ на засуху) будет иметь решающее значение.
  + Антропогенные выбросы агрегированы в национальном масштабе для стран, которые в настоящее время имеют мало инфраструктуры или вообще не имеют инфраструктуры для определения выбросов на основе данных о деятельности, обеспечивая отправную точку для разработки улучшенной информации о выбросах; может быть особенно актуальным для источников выбросов, не связанных с CO2.
  + Анализ неопределенностей в этой совокупной продукции.
* Предоставление граничных условий для региональных, национальных и субнационных исследований. Обычно в этом случае используются поля концентрации ПГ, а не результаты потоков. Это позволит субъектам разрабатывать более мелкомасштабную информацию о выбросах для интересующей их области.
  + Анализ неопределенности для производных граничных условий.
  + Руководящие указания по проведению таких усилий по уменьшению масштаба (использование других механизмов, таких как надлежащая практика ИГИСПГ).

### Роль ВМО

Существуют две основные причины, по которым ВМО занимает важное место в координации глобальной инфраструктуры мониторинга ПГ.

Во-первых, ВМО имеет текущую деятельность и опыт в трех из четырех основных областей, перечисленных в разделе 3: Приземные и космические наблюдения как основных метеорологических переменных, так и незначительных составляющих атмосферы, международный обмен данными, соответствующие усилия по моделированию и усвоению данных, а также исследования. Посредством Глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК) и ее сотрудничества с Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) ВМО осуществляет некоторые виды деятельности в области наблюдений за поверхностью суши, а также через ГСНО и сотрудничество с Межправительственной океанографической комиссией (МОК), значительными видами деятельности в области наблюдений за океаном и моделирования океана.

Во-вторых, как межправительственная организация, ВМО обладает десятилетиями опыта в координации международных усилий, создании международных систем и установлении стандартов и передовых практик в тесно связанных с ними областях, таких как наблюдения за погодой и климатом (Интегрированная глобальная система наблюдений ВМО (ИГСНВ), ГСНК, ГСНО), численное прогнозирование погоды (Всемирная программа метеорологических исследований (ВПМИ) и Глобальная система обработки данных и прогнозирования (ГСОДП)) измерения и моделирования концентраций малых атмосферных составляющих (ГСА).

Кроме того, Всемирная служба погоды (ВСП) является полезной парадигмой для инфраструктуры, предусмотренной здесь, поскольку она охватывает наблюдения, обмен данными, моделирование и ассимиляцию данных, а также общие методы проверки. Это отдельные Члены ВМО, которые производят наблюдения, используют модели и предоставляют данные пользователям. ВСП устанавливает рамочную основу для сотрудничества для этих стран («инфраструктура» в терминологии ВМО), в рамках которой ее Члены эксплуатируют различные компоненты системы таким образом, чтобы позволить им дополнять и максимально эффективно использовать друг друга. Под эгидой Конвенции ВМО Страны – члены ВМО (страны и территории) устанавливают требования к системам наблюдений, международному обмену данными, усилиям по глобальному моделированию и усвоению данных, а также распространению и проверке глобальных модельных полей. Сами системы эксплуатируются Членами ВМО либо индивидуально, либо как группы Членов ВМО. Эта парадигма должна быть расширена, с тем чтобы охватить многие другие учреждения и стороны в странах-членах и на международном уровне, чтобы обеспечить полноценное осуществление намеченной инфраструктуры.

По аналогии с ролью, которую ВСП играет ВСП в численном прогнозировании погоды (ЧПП), роль общей инфраструктуры мониторинга ПГ будет заключаться в учреждении:

* "потребности в интегрированной наземной, самолетной и спутниковой системах наблюдений;"
* "разработку всеобъемлющей наземной системы наблюдений и национальных потребностей в наблюдениях в соответствии с Глобальной опорной сетью наблюдений ВМО (ГОСН), сопровождаемую механизмом финансирования осуществления и функционирования в развивающихся странах в соответствии с Фондом финансирования систематических наблюдений (ФФСН);"
* "усовершенствованный и своевременный обмен всеми спутниковыми, самолетными и наземными наблюдениями ПГ, включая скоординированное планирование будущих спутниковых систем наблюдений;"
* Сотрудничество в области общих методологий и практик моделирования ПГ и ассимиляции данных;
* Общие форматы файлов и практики обмена полями моделей;
* Общие методы верификации и валидации.
* Общие руководящие указания по методам постпроцессинга и потокового вещания приложений.

ВСП не выпускает или не распространяет прогнозы погоды, и аналогичным образом не будет роль инфраструктуры мониторинга ПГ ВМО для непосредственного предоставления оценок или верификации антропогенных выбросов. Это касается компетенции отдельных Сторон Парижского соглашения при содействии, когда это необходимо, целевых систем, таких как ИГИСПГ или разработанных в рамках программы «Коперник».

### Последующие шаги

На данный момент (сентябрь 2022 года) Исполнительный совет ВМО приступил к всестороннему исследованию, направленному на продвижение этой координируемой ВМО глобальной инфраструктуры мониторинга ПГ. Перед широкой междисциплинарной совместной исследовательской группой было поручено разработать свою концепцию и представить предложенную архитектуру восемнадцатому Всемирному метеорологическому конгрессу в мае 2023 года.

В то же время ВМО работает с более широким сообществом по мониторингу ПГ для обеспечения того, чтобы эта разработка была поддержана различными структурами, которые уже активно разрабатывают свои основные компоненты (см. раздел 4).

С дополнительной информацией и достижениями, связанными с развитием этой Глобальной инфраструктуры мониторинга ПГ, можно ознакомиться на [веб-сайте](https://public.wmo.int/en/our-mandate/focus-areas/environment/greenhouse-gases/global-greenhouse-gas-monitoring-infrastructure).

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_