

**Монреальский протокол
по веществам, разрушающим
озоновый слой**

Distr.: General
8 June 2023

Russian
Original: English

Тридцать пятое Совещание Сторон
Монреальского протокола по веществам,
разрушающим озоновый слой
Найроби, 23–27 октября 2023 года
Пункт 3 предварительной повестки дня сегмента
высокого уровня*

Доклады групп по оценке об обобщении ими
доклада о четырехгодичной оценке (2022 год)

**Обобщение докладов об оценке за 2022 год, подготовленных
Группой по научной оценке, Группой по оценке
экологических последствий и Группой по техническому
обзору и экономической оценке**

Записка секретариата

1. В приложении к настоящей записке содержится обобщающий доклад, в котором освещаются основные выводы трех следующих четырехгодичных докладов об оценке (2022 год), подготовленных во исполнение статьи 6 Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой:

- a) Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022 («Научная оценка истощения озонового слоя, 2022 год»), подготовленная Группой по научной оценке;
- b) Environmental Effects of Stratospheric Ozone Depletion, UV Radiation, and Interactions with Climate Change: 2022 Assessment Report («Экологические последствия разрушения стратосферного озона, УФ-излучения и взаимодействий с изменением климата: доклад об оценке за 2022 год»), подготовленный Группой по оценке экологических последствий;
- c) Technology and Economic Assessment Panel: 2022 Assessment Report («Группа по техническому обзору и экономической оценке: доклад об оценке за 2022 год»), подготовленный Группой по техническому обзору и экономической оценке.

2. Обобщающий доклад подготовлен сопредседателями групп по оценке. Отдельные доклады об оценке размещены на порталах соответствующих групп на веб-сайте секретариата по озону¹ и на веб-портале сорок пятого совещания Рабочей группы открытого состава Сторон Монреальского протокола² для рассмотрения Сторонами. Секретариат выражает свою искреннюю признательность трем группам по оценке за осуществленную ими работу.

* UNEP/OzL.Pro.35/1.

¹ <https://ozone.unep.org/science/assessment/sap>; <https://ozone.unep.org/science/assessment/eeap>; <https://ozone.unep.org/science/assessment/teap>.

² <https://ozone.unep.org/meetings/45th-meeting-open-ended-working-group-parties/pre-session-documents>.

Приложение

Обобщение докладов об оценке за 2022 год, подготовленных Группой по научной оценке, Группой по оценке экологических последствий и Группой по техническому обзору и экономической оценке

Сопредседатели групп по оценке

Группа по научной оценке

Дэвид В. Фейхи, Национальное управление по исследованию океанов и атмосферы, Научно-исследовательская лаборатория по земным системам, Отдел химических наук, Соединенные Штаты Америки

Пол А. Ньюман, Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства, Центр космических полетов им. Годдарда, Соединенные Штаты Америки

Джон А. Пайл, Кембриджский университет, Национальный центр атмосферных наук, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии

Бонфис Сафари, Университет Руанды, Колледж науки и техники, Руанда

Группа по оценке экологических последствий

Пол Барнс, Университет Лойолы, Новый Орлеан, Соединенные Штаты Америки

Джанет Ф. Борнман, Центр научных исследований в области сельского хозяйства, устойчивого к изменениям климата, кафедры образования и профессиональной подготовки Института продовольствия будущего при Университете им. Мердока

Кришна К. Пандей, Институт науки и технологии древесины, Индия

Группа по техническому обзору и экономической оценке

Белла А. Маранион, Агентство по охране окружающей среды, Соединенные Штаты Америки

Марта Писано, независимый эксперт, Колумбия

Эшли Вудкок, Трастовый фонд Манчестерского университета национальной службы здравоохранения, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии

I. Введение

1. Группа по научной оценке, Группа по оценке экологических последствий и Группа по техническому обзору и экономической оценке обязаны предоставлять периодические оценки в рамках своих сфер компетенции Сторонам Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой. В настоящем докладе приводится обобщение высокого уровня докладов об оценке за 2022 год, подготовленных этими тремя группами. Научно-технические вопросы, связанные с Монреальским протоколом, а также климатические и экологические преимущества Протокола освещены в настоящем документе и подробно рассмотрены в отдельных докладах об оценке этих групп:

Группа по научной оценке

(<https://ozone.unep.org/science/assessment/sap>)

Группа по оценке экологических последствий

(<https://ozone.unep.org/science/assessment/eeap>)

Группа по техническому обзору и экономической оценке

(<https://ozone.unep.org/science/assessment/teap>).

2. В настоящем докладе представлена обновленная информация об успехах Монреальского протокола в ограничении роста содержания озоноразрушающих веществ (ОРВ) и гидрофторуглеродов (ГФУ) в атмосфере, что позволило сократить разрушение стратосферного озона, избежать дополнительного вклада в изменение климата и защитить окружающую среду. Признаки того, что эти действия приводят к восстановлению озонового слоя, становятся все более очевидными, особенно в отношении озона в верхних слоях

стратосферы и над Антарктическим регионом. Благодаря осуществлению Кигалийской поправки к Монреальскому протоколу 2016 года, предусматривающей поэтапное сокращение ГФУ, удастся избежать значительного потепления климата в будущем, что дополнит эффект от сокращения производства и потребления ОРВ в рамках Протокола.

3. Благодаря Монреальскому протоколу удалось избежать значительных последствий для здоровья человека и окружающей среды, вызванных разрушением стратосферного озона и связанным с этим повышением уровня ультрафиолетового (УФ) излучения. Поскольку полное восстановление озонового слоя займет несколько десятилетий, по-прежнему необходим долгосрочный мониторинг ОРВ, ГФУ, озона и УФ-излучения.

II. Основные выводы

A. Благодаря мерам, принимаемым в рамках Монреальского протокола, продолжает снижаться содержание регулируемых озоноразрушающих веществ в атмосфере и восстанавливаться стратосферный озоновый слой

4. После проведения четырехгодичной оценки (2018 год) общее содержание в тропосфере хлора и брома, поступающих из долгоживущих ОРВ, снизилось. Отмечаемые темпы снижения содержания тропосферного хлора и тропосферного брома в веществах, регулируемых в рамках Монреальского протокола, составили $15,4 \pm 4,1$ ч/трлн хлора год⁻¹ и $0,18 \pm 0,05$ ч/трлн брома год⁻¹, соответственно, что близко к базовому сценарию оценки 2018 года. Содержание тропосферного хлора от очень короткоживущих газов, источники которых в основном являются антропогенными и которые не регулируются Монреальским протоколом, увеличилось на $2,1 \pm 0,6$ ч/трлн хлора год⁻¹.

5. По-прежнему наблюдается прогресс в поэтапном выводе из обращения ОРВ в каждом потребительском, коммерческом, промышленном, сельскохозяйственном, медицинском и военном секторах, при этом во всем мире уже происходит поэтапный отказ от использования озоноразрушающих веществ во многих областях применения:

- поэтапный отказ от потребления и производства гидрохлорфторуглерода (ГХФУ)-22 практически завершен в Сторонах, не действующих в рамках статьи 5, и продолжается в Сторонах, действующих в рамках статьи 5;
- были достигнуты значительные успехи в части поэтапного отказа от ГХФУ в секторе пеноматериалов. В настоящее время существуют альтернативные пенообразователи, которые используются сегодня в коммерческих целях практически во всех секторах применения пеноматериалов;
- поэтапная ликвидация регулируемых видов применения бромистого метила практически завершена, однако остаются значительные объемы бромистого метила, используемого для карантинной обработки и обработки перед транспортировкой (КООТ), поскольку в настоящее время они исключены из сферы действия Монреальского протокола. Тем не менее, для значительной части этих видов применения были найдены альтернативы, которые используются в некоторых странах;
- поэтапная ликвидация использования регулируемых веществ при стерилизации считается завершенной. Технически и экономически осуществимые альтернативы регулируемым веществам доступны на рынке для всех аэрозолей, хотя не все альтернативы подходят для всех видов применения аэрозолей во всех местах;
- альтернативные хладагенты с низким потенциалом глобального потепления (ПГП) доступны для всех областей применения холодильного оборудования, систем кондиционирования воздуха и тепловых насосов (ХОКВТН), на долю которых приходится большая часть всех выбросов ГХФУ и ГФУ. Эти альтернативы широко применяются в некоторых областях и регионах, однако их доступность по-прежнему является серьезным препятствием для широкомасштабного внедрения хладагентов с более низким ПГП и достижения целей, намеченных в графиках поэтапного сокращения согласно Кигалийской поправке.

6. Были получены дополнительные свидетельства восстановления озонового слоя, согласующиеся с уменьшением содержания ОРВ:

- общее содержание озона в атмосферном столбе (ОСОАС) в Антарктике продолжает восстанавливаться, несмотря на значительную изменчивость площади, стойкости и продолжительности существования озоновой дыры в разные годы, обусловленную межгодовой изменчивостью метеорологических условий;
- за пределами Антарктического региона (от 90° северной широты до 60° южной широты) ограниченные свидетельства восстановления ОСОАС с 1996 года характеризуются низкой степенью достоверности;
- ожидается, что ОСОАС восстановится до уровня 1980 года примерно в 2066 году в Антарктике, примерно в 2045 году в Арктике и примерно в 2040 году в среднем почти по всему миру (от 60° северной широты до 60° южной широты).

7. Тенденции изменения стратосферного озона зависят как от высоты над уровнем моря, так и от географического региона:

- за пределами полярных регионов наблюдения и модели подтверждают, что озон в верхних слоях стратосферы продолжает восстанавливаться;
- напротив, озон в нижних слоях стратосферы пока не проявляет признаков восстановления;
- на имитационных моделях отмечается незначительное восстановление нижнестратосферного озона в средних широтах в обоих полушариях, которое не было выявлено в наблюдениях. Устранение этого несоответствия является ключевым условием для обеспечения полного понимания восстановления озона.

8. Пока нет опубликованных данных о том, что режим изоляции, связанный с пандемией коронавирусного заболевания (COVID-19), повлиял на динамику содержания ОРВ в атмосфере или их заменителей, а также в стратосферном озоне. Предполагается, что дефицит предложения альтернатив с низким ППП в некоторых секторах начался в 2020 году из-за связанных с COVID-19 трудностей в части производственно-сбытовых цепочек и логистики, нехватки сырья, производственных проблем и суровых погодных условий, совпавших с ростом глобального спроса. Хотя в настоящее время трудности, связанные с поставками, являются менее серьезными, они требуют тщательного мониторинга, поскольку продолжительный дефицит поставок может замедлить отказ от ГФУ в различных секторах применения.

В. Монреальский протокол способствует обеспечению экологической устойчивости и здоровья и благополучия людей в соответствии со многими целями в области устойчивого развития

9. Монреальский протокол продолжает вносить вклад в реализацию многих целей в области устойчивого развития, обеспечивая защиту стратосферного озонового слоя и способствуя смягчению последствий изменения климата. Соответствующие цели касаются изменения климата, качества воздуха и воды, биоразнообразия и экосистем, устойчивого производства и потребления, продовольственной безопасности, загрязняющих веществ и материалов, а также здоровья человека. Таким образом, Монреальский протокол имеет большое значение для устойчивого развития, защищая здоровье человека и поддерживая здоровье и разнообразные экосистемы на суше и в водной среде.

10. Поверхностные уровни солнечного ультрафиолетового излучения (УФ-В) увеличились бы во всем мире без Монреальского протокола, причем наибольшие изменения произошли бы в полярных регионах (например, индекс УФ-излучения в Антарктике в середине лета увеличился бы с 3 до 33 в период с 1975 по 2065 год). Кроме того, в результате моделирования с использованием экстремального сценария было установлено, что воздействие значительного увеличения УФ-В излучения на наземную растительность в мире без Монреальского протокола привело бы к резкому снижению фотосинтетического поглощения углекислого газа растениями. В свою очередь такое сокращение поглощения углерода привело бы к повышению уровня углекислого газа в атмосфере, что способствовало бы дополнительному повышению средней глобальной температуры поверхности Земли на 0,5–1,0°C к 2100 году.

11. Защищая Землю от экстремального УФ-В излучения, Монреальский протокол играет ключевую роль в охране здоровья человека. В одном из исследований по моделированию

Монреальский протокол с внесенными в него поправками и корректировками сравнивался с экстремальным сценарием, согласно которому нерегулируемые выбросы ОРВ будут расти на 3 процента в год в течение всего XXI века. Согласно проведенному анализу, благодаря Монреальскому протоколу в период с 1890 по 2100 год людям, родившимся в Соединенных Штатах Америки, удалось избежать 11 млн случаев меланомы, 432 млн случаев базально-клеточной и сквамозно-клеточной карциномы (рака кератиноцитов) и 63 млн случаев катаракты (основной причины слепоты во всем мире). Примерно половины этих случаев удастся избежать благодаря поправкам и корректировкам, внесенным в первоначальный текст Монреальского протокола 1987 года. Монреальский протокол также позволил продолжать получать полезные для здоровья эффекты (например, выработку витамина D и улучшение работы иммунной системы) от умеренного воздействия солнечного света при нахождении на открытом воздухе.

12. Солнечное УФ-излучение вызывает фотодеградацию пластмасс, что в конечном итоге приводит к их фрагментации и образованию микро- и нано-частиц пластмасс (частицы диаметром менее 5 мм и 0,1 мкм соответственно). Осуществление Монреальского протокола, вероятно, предотвратило увеличение образования микрочастиц пластмасс в окружающей среде, хотя величина этого сокращения и его биологические последствия остаются неопределенными.

С. Значительное сокращение прогнозируемых выбросов ГФУ, обусловленное положениями Кигалийской поправки, обеспечит существенную защиту климата в будущем

13. ГФУ все чаще используются в качестве альтернативы ОРВ в секторе холодильного оборудования и кондиционирования воздуха, в секторах производства аэрозолей и пеноматериалов, а также в качестве средств пожаротушения. Хотя они не содержат разрушающего озон хлора или брома, они являются парниковыми газами. В Кигалийской поправке, которая была принята в 2016 году и вступила в силу в 2019 году, установлен график поэтапного сокращения глобального производства и потребления конкретных ГФУ. Несмотря на то, что радиационное воздействие ГФУ в настоящее время является небольшим, Кигалийская поправка направлена на то, чтобы избежать неконтролируемого роста выбросов и сопутствующего потепления в результате прогнозируемого увеличения спроса в ближайшие десятилетия.

14. В настоящее время содержание большинства измеряемых ГФУ в атмосфере продолжает расти, как это и прогнозировалось в базовом сценарии оценки 2018 года. Глобальные выбросы ГФУ, источником которых являются как Стороны, действующие в рамках статьи 5, так и Стороны, не действующие в рамках статьи 5, в период с 2016 по 2020 год увеличились на 18 процентов в единицах эквивалента диоксиду углерода (в эквиваленте CO_2).

15. Текущие прогнозируемые выбросы ГФУ ниже, чем те, которые прогнозировались в оценке 2018 года. Совокупные выбросы в 2020–2050 годах согласно обновленному сценарию, являющемуся результатом Кигалийской поправки, в 2022 году на 14–18 Пг в эквиваленте CO_2 ниже, чем по соответствующему сценарию в рамках предыдущей оценки. Новый сценарий учитывает национальные меры контроля за потреблением и производством ГФУ в странах, не действующих в рамках статьи 5, отражает более низкий уровень потребления в Китае, основан на обновленной исторической информации о применении ГФУ в странах, не действующих в рамках статьи 5, использует наблюдаемые коэффициенты смешивания до 2020 года в качестве ограничения и включает предположения о сокращении использования ГФУ в секторе торгового и промышленного холодильного оборудования. Новый сценарий также предполагает, что все страны придерживаются положений Кигалийской поправки.

16. Ожидается, что среднегодовое потепление поверхности Земли от ГФУ составит $0,04^\circ\text{C}$ в 2100 году согласно обновленному сценарию, обусловленному Кигалийской поправкой 2022 года, по сравнению с $0,3\text{--}0,5^\circ\text{C}$ в отсутствие мер контроля. Более быстрое поэтапное сокращение ГФУ по сравнению с тем, которое предусматривает Кигалийская поправка, еще больше ограничило бы изменение климата в результате воздействия ГФУ.

17. Глобальные выбросы ГФУ-23 в объеме $17,2 \pm 0,8$ Кт год⁻¹ в 2019 году, выявленные по данным атмосферных наблюдений, существенно превышают выбросы в объеме 2,2 Кт год⁻¹ в этом же году, полученные на основе оценок активности. Эти оценки на основе активности получены из отчетов о выбросах в соответствии с Рамочной конвенцией Организации Объединенных Наций об изменении климата, информации о производстве и сокращении выбросов, представленной в соответствии с Монреальским протоколом, а также предполагаемого влияния национальных нормативных актов. Уровень содержания ГФУ-23 в

атмосфере не соотносится со значительным ростом сокращения выбросов, о котором было сообщено секретариату Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата.

18. В ближайшие десятилетия ожидается рост выбросов ГФУ-23. ГФУ-23 выделяется в качестве побочного продукта при производстве ГХФУ-22 и других процессов. К таким другим процессам относятся производство ГФУ-32, производство тетрафторэтилена (ТФЭ) и гексафторпропилена (ГФП) из сырья ГХФУ-22, процессы производства других фторуглеродов (например, ГФУ-125, ГФУ-134а и ГФУ-143а) и некоторые этапы производства гидрофторолефинов (ГФО).

19. Запланированное поэтапное сокращение ГФУ в соответствии с Кигалийской поправкой, а также региональные нормативные акты стимулируют промышленность к применению альтернатив ГФУ с низким ППП и инновационных технологий, особенно в секторе холодильного оборудования, систем кондиционирования воздуха и пеноматериалов. Однако ассортимент новых продуктов с более низким ППП создает проблемы, связанные с поиском оптимального решения для каждой области применения с учетом таких факторов, как воспламеняемость, токсичность, наличие, стоимость, доступность и условия эксплуатации.

20. Трифторуксусная кислота (ТФК) является продуктом распада в атмосфере некоторых ГФУ, ГХФУ, ГФО, гидрохлорфторолефинов (ГХФО) и фторкетонов. Образовавшаяся в атмосфере ТФК быстро входит в состав осадков и при попадании на поверхность (почвы или воды) образует соли со щелочными металлами (например, натрием, калием, кальцием). Соли ТФК инертны и долго сохраняются в окружающей среде, но легко выводятся животными и поэтому не биоаккумулируются в трофической цепи. Как и другие минеральные соли, соли ТФК накапливаются в океанах и соленых озерах. В ближайшие десятилетия ожидается увеличение образования ТФК в атмосфере в связи с ростом использования ГФО и ГХФО. Хотя ТФК по-прежнему обнаруживается в окружающей среде, в том числе и в отдаленных регионах, ее концентрации настолько малы, что в настоящее время считается маловероятным ее негативное токсикологическое воздействие на человека и экосистемы. Тем не менее, рекомендуется продолжать мониторинг и оценку в связи с неопределенностью в отношении осаждения ТФК в отдельных районах и ее потенциального воздействия на некоторые неисследованные морские организмы.

D. Повышая энергоэффективность при поэтапном сокращении ГФУ, можно ускорить получение климатических выгод от Кигалийской поправки и сделать их еще более весомыми

21. В мире быстро растет спрос на холодильное оборудование и системы кондиционирования воздуха. Повышение энергоэффективности нового оборудования ХОКВТН в сочетании с поэтапным сокращением ГФУ может способствовать некоторому снижению энергопотребления, что потенциально удваивает климатический эффект от поэтапного сокращения ГФУ. В ближайшем будущем это обстоятельство может стать экономически эффективным вкладом в достижение нулевого уровня выбросов парниковых газов (ПГ). Ранний переход на эффективное оборудование ХОКВТН, содержащее альтернативы с низким ППП, может позволить снизить затраты на электроэнергию и избежать накопления запасов ГФУ с высоким ППП.

22. Развитие технологий идет быстрыми темпами, и оборудование ХОКВТН, использующее хладагенты с низким и средним ППП и обладающее повышенной энергоэффективностью, доступно во всех секторах, но не обязательно во всех странах.

E. Успешные действия Сторон позволили обратить вспять тенденцию к непредвиденному росту выбросов, наблюдавшуюся в период с 2013 по 2017 год

23. Хотя в оценке 2018 года Группа по научной оценке пришла к выводу о непредвиденном росте глобальных выбросов ХФУ-11 в период 2013–2017 годов, в ее оценке за 2022 год был сделан вывод о снижении глобальных выбросов ХФУ-11 после 2018 года. Первоначальное увеличение выбросов ХФУ-11 привело к проведению ряда научных исследований и принятию мер политики. В результате выбросы ХФУ-11 снизились до 45 ± 10 Гг как в 2019, так и в 2020 году. Такое снижение предполагает ликвидацию большей части непредвиденных выбросов, произошедших после 2012 года.

24. Значительная часть непредвиденных выбросов ХФУ-11 пришлась на восточную часть Китая. Этот вывод основан на имеющихся региональных наблюдениях, проведенных на

нескольких объектах в Восточной Азии. На снижение выбросов ХФУ-11 из восточной части Китая с 2018 года приходится 60 ± 30 процентов наблюдаемого глобального снижения выбросов. Несмотря на то, что глобальная сеть станций наблюдения за поверхностью Земли позволяет оценить общий объем выбросов ХФУ-11, для полноценной оценки региональных выбросов эта сеть слишком малочисленна в географическом отношении.

25. Выбросы из фондов ХФУ-11 сами по себе не могут объяснить непредвиденный рост в 2013–2017 годах, что указывает на то, что неучтенное производство и использование ХФУ-11 в этот период, скорее всего, было связано с производством закрытоячеистых пеноматериалов. Неучтенное производство могло иметь место и раньше, в период 2007–2012 годов.

26. Региональные наблюдения позволяют предположить, что некоторые выбросы ХФУ-12 могли быть связаны с неучтенным производством ХФУ-11. Недостаточно достоверные данные о выбросах из фондов, а также пробелы в сети наблюдений слишком велики, чтобы определить, прекратились ли выбросы ХФУ-12.

Ф. Количество тетрахлорметана продолжает снижаться более медленными темпами, чем ожидалось с учетом предыдущих тенденций

27. Содержание тетрахлорметана (CCl_4) в атмосфере продолжало снижаться, но более медленными темпами, чем ожидалось с учетом предыдущих тенденций. Оценки глобальных выбросов CCl_4 на основе атмосферных наблюдений составили в 2016 и 2020 годах в среднем 44 ± 15 Гг год⁻¹.

28. Региональные выбросы CCl_4 в восточной части Китая в период 2013–2019 годов демонстрируют ежегодную изменчивость, вероятно, связанную с производством ХФУ-11. После 2013 года выбросы увеличились, достигнув в 2016 году $11,3 \pm 1,9$ Гг год⁻¹, и снизились до $6,3 \pm 1,1$ Гг год⁻¹ в 2019 году.

29. Производство CCl_4 в последние годы увеличилось, что связано в основном с растущим спросом на сырье для производства ГФУ, ГФО, ГХФО и перхлорэтилена. Увеличение производства CCl_4 , вероятно, продолжится из-за растущего спроса на ГФО и ГХФО. Основная часть выбросов приходится на производство, обработку, цепочку поставок и использование CCl_4 . Дополнительные выбросы CCl_4 , вероятно, возникают при производстве веществ, помимо хлорметана, например, в процессе производства виниловых цепей, который определен как новый потенциальный источник выбросов CCl_4 .

Г. Увеличиваются атмосферные концентрации ряда незначительных озоноразрушающих веществ; в своей совокупности эти вещества могут в итоге оказывать воздействие на стратосферный озон

30. Глобальное содержание незначительных видов ХФУ-13, ХФУ-112а, ХФУ-113а, ХФУ-114а и ХФУ-115 увеличилась с $16,0 \pm 0,3$ ч/трлн в 2016 году до $17,2 \pm 0,3$ ч/трлн хлора в 2020 году. Атмосферные наблюдения подтверждают, что Восточная Азия является крупным регионом-источником. Эти выводы, вероятно, свидетельствуют об увеличении или стабилизации выбросов этих относительно малораспространенных соединений. Некоторые из этих необъяснимых выбросов, вероятно, происходят в результате утечек из сырья или высвобождаются в виде побочных продуктов, в то время как остальные не находят объяснения. Эти виды оказывают незначительное влияние на стратосферную концентрацию хлора и разрушение стратосферного озона.

31. Производство и использование короткоживущих хлорированных растворителей не регулируется Монреальским протоколом, хотя некоторые из них используются в больших количествах. Их воздействие на стратосферный озон и потенциал разрушения озонового слоя (ОРС) зависят от сезона и места выбросов. В будущем выбросы этих веществ могут увеличиться даже при сокращении выбросов долгоживущих ОРВ. Важными примерами короткоживущих химических веществ, используемых в качестве исходного сырья, являются $CHCl_3$ (хлороформ), CH_2Cl_2 (дихлорметан или ДХМ), $CHCl=CCl_2$ (тетрахлорэтилен или ТХЭ) и $CCl_2=CCl_2$ (перхлорэтилен или ПХЭ). Устойчивое увеличение антропогенных выбросов хлорированных очень короткоживущих веществ (ОКЖВ), как это наблюдается в отношении CH_2Cl_2 в течение двух последних десятилетий, приведет к большему разрушению стратосферного озона в будущем.

32. Основным компонентом хлора ОКЖВ является ДХМ (продолжительность существования 180 дней). В период с 2016 по 2020 год его содержание в атмосфере продолжало увеличиваться, но темпы роста были несколько ниже, чем до 2016 года. Это увеличение

обусловлено главным образом ростом выбросов ДХМ в Азии. Учитывая тенденции на рынке производства химических веществ и применения ДХМ, в настоящее время не ожидается значительного увеличения глобального производства и атмосферных концентраций ДХМ в течение следующих десятилетий. ДХМ применяется в основном как растворитель (например, в фармацевтическом производстве, при снятии лакокрасочных покрытий, в производстве клеев) и как вспениватель, а также как исходное сырье при производстве ГФУ-32. В последние годы в одних регионах (например, в Европейском союзе и Соединенных Штатах Америки) наблюдается сокращение использования растворителей, а в других (например, в Южной и Восточной Азии) отмечается значительный рост. Применение ДХМ в качестве исходного сырья для производства ГФУ-32 растет во всем мире. Предсказать будущие глобальные тенденции сложно. Учитывая токсичность ДХМ, использование растворителей общего назначения становится все более регламентированным. Тем не менее, глобальные мощности по производству ДХМ для использования в качестве растворителя и исходного сырья в настоящее время увеличиваются.

33. По оценкам, высвобождение хлора из ОКЖВ в стратосферу в 2020 году увеличилось примерно на 10 ч/трлн по сравнению с предыдущей оценкой и оценивается в 130 ± 30 ч/трлн, что составляет около 4 процентов от общего высвобождения хлора. Бромированные ОКЖВ, имеющие в основном природное происхождение, приносят 5 ± 2 ч/трлн в стратосферный бром и не демонстрируют долгосрочных изменений.

34. Новые данные свидетельствуют о том, что йод из ОКЖВ, в основном из природных источников, переносится в стратосферу, принося в нее 0,3–0,9 ч/трлн йода в виде твердых частиц или газов. Оценок тенденций, основанных на наблюдениях, не существует.

Н. Производство, побочное производство, использование в качестве исходного сырья и промежуточные продукты

35. С 2002 года общий объем зарегистрированного производства ОРВ увеличился на незначительную величину, причем рост производства для использования в качестве исходного сырья компенсировал снижение производства для регулируемых видов применения, приводящих к образованию выбросов. Общий рост использования ОРВ в качестве исходного сырья за последнее десятилетие объяснялся в основном увеличением использования ГХФУ в качестве исходного сырья, особенно ГХФУ-22, в то время как потребление ГФО привело к недавнему росту использования в качестве исходного сырья тетрахлорметана.

36. Выбросы в процессе химического производства образуются в результате использования продуктов, побочных продуктов, исходного сырья или промежуточных продуктов:

- побочное производство регулируемых веществ в производственных процессах происходит из-за чрезмерной или слабой реакции при получении целевого продукта, наличия примесей в процессе реакции и непреднамеренных побочных реакций;
- промежуточные продукты – это химические строительные блоки, через которые проходит сырье при химическом превращении в продукты. Уровень выбросов для промежуточных продуктов значительно ниже, чем для конечного продукта.

37. В ряде производственных процессов образуются побочные продукты и выбросы ГФУ-23, в том числе при производстве ГХФУ-22 и ГФУ-32. Процессы производства других фторуглеродов также могут приводить к побочному производству ГФУ-23, хотя и в меньших объемах (см. также раздел III выше).

38. ГХФУ-22 в основном используется в качестве исходного сырья для производства ТФЭ и ГФП, которые применяются при производстве фторполимеров. Производство ТФЭ и ГФП из исходного сырья ГХФУ-22 приводит к побочному производству и выбросам ГФУ-23 и ПФУ-с-318 (с- C_4F_8), которые имеют очень высокий ППП. Эти суммарные выбросы в эквиваленте CO_2 без учета возможности их снижения превышают расчетные выбросы ГФУ-23 при производстве ГХФУ-22.

39. В настоящее время суммарные взвешенные по ППП выбросы ХФУ плюс ГХФУ сопоставимы с выбросами ГФУ. Сокращение будущих выбросов ХФУ и ГХФУ потребует решения проблемы выбросов из фондов, а также от производства, побочного производства и использования в качестве исходного сырья. Глобальные выбросы долгоживущего ГФУ-23, являющегося в значительной степени побочным продуктом производства ГХФУ-22, скорее всего, будут расти, если не активизируется сокращение выбросов или если не сократится использование ГХФУ-22 в качестве исходного сырья.

I. В то время как концентрация галонов постепенно снижается, сохраняется спрос на галон-1301, который, возможно, не будет удовлетворяться в будущем без нового производства

40. Тропосферный бром, выделяемый галонами, снизился с пикового значения $8,5 \pm 0,1$ ч/трлн в 2006 году до $7,3 \pm 0,1$ ч/трлн в 2020 году. В период между 2016 и 2020 годами продолжали сокращаться концентрации галона-1211, галона-2402 и галона-1202. Скорость изменения галона-1301 оставалась неотличимой от нуля. В 2020 году галон-1301 был самым распространенным галоном в атмосфере.

41. Выбросы галона-1301 от фиксированного фонда веществ, используемых для пожаротушения, по-видимому, выше, чем ожидалось, что позволяет предположить наличие других источников выбросов, например, в результате производства и использования в качестве исходного сырья. Напротив, более высокие выбросы могут быть обусловлены более высоким, чем ожидалось, уровнем выбросов от фонда галона-1301. Если это так, то фонд галона-1301 может быть значительно меньше, чем требуется для удовлетворения текущих потребностей.

42. Сохраняется спрос на использование галонов для пожаротушения, который без внедрения альтернатив в конечном счете превысит имеющиеся в фонде запасы. Галоны по-прежнему используются в долгосрочных видах применения (например, на нефтегазовых объектах, ядерных объектах и военных сооружениях), а в сфере гражданской авиации растет спрос на галон-1301 ввиду отсутствия его замены в системах пожаротушения двигателей и грузовых отсеков новых воздушных судов. Текущий расчетный срок между 2030 и 2049 годами, когда галон-1301 перестанет использоваться, означает, что гражданская авиация (и другие отрасли) должна воспользоваться собственными запасами галона-1301, чтобы избежать запрещения полетов из-за отсутствия надлежащих средств противопожарной защиты. Новые конструкции летательных аппаратов в военном секторе могут использовать исключительно галон-1301 или ГФУ с высоким ПГП для удовлетворения строгих требований к конструкции и безопасности.

43. Положения о поэтапном сокращении ГФУ в Сторонах, не действующих в рамках статьи 5, оказывают большее влияние на стоимость и доступность ГФУ для пожаротушения, чем предполагалось ранее, из-за их высокого ПГП и наличия фторкетона с низким ПГП, подходящего для некоторых видов применения. Поскольку предложение новых произведенных ГФУ для целей противопожарной защиты сокращается в ответ на вводимые требования в отношении поэтапного сокращения, рециркуляция ГФУ будет иметь еще более важное значение для будущего спроса.

J. Количественная оценка фондов ОРВ и ГФУ и временной динамики их дальнейших выбросов важна для определения темпов восстановления озонового слоя и потенциального воздействия на климат

44. Мониторинг фондов регулируемых веществ и оценка их накопления в оборудовании и продуктах важны в связи с потенциальным влиянием их нерегулируемых выбросов на разрушение озонового слоя и климат. Фонд определяется как общее количество регулируемых веществ, содержащихся в имеющемся оборудовании, запасах, пенах и других продуктах и поэтому еще не выброшенных в атмосферу. К их числу относится фонд «доступных» веществ, называемый также «активным» фондом, который включает регулируемые вещества, содержащиеся в единице используемого оборудования или продукте и, таким образом, потенциально достижимые или доступные для регулирования, когда они попадают в поток отходов по окончании срока эксплуатации. Напротив, фонд «недоступных» или «неактивных» веществ означает вещества, которые были захоронены или незаконно выброшены на свалку вместе с оборудованием или продуктом.

45. Эффективное регулирование активных фондов ОРВ и ГФУ направлено на снижение глобального воздействия, связанного с выбросами ОРВ и ГФУ, путем минимизации выбросов и содействия поэтапному сокращению ГФУ путем восстановления ГФУ для рециркуляции, утилизации и повторного использования. Монреальский протокол стимулирует экологически безопасное уничтожение излишков или загрязненных ОРВ и ГФУ по окончании их жизненного цикла, поскольку оно позволяет избежать ненужных выбросов и защитить стратосферный озоновый слой и (или) климат. Фонды ОРВ и ГФУ в Сторонах, действующих в рамках статьи 5, особенно в секторах холодильного оборудования, систем кондиционирования воздуха и пеноматериалов, быстро растут и к началу 2030-х годов будут доминировать в объемах глобальных фондов, что обусловлено сокращением фондов в Сторонах, не действующих в рамках статьи 5, и быстрым внедрением содержащего ГФУ оборудования в Сторонах,

действующих в рамках статьи 5. Для секторов холодильного оборудования, систем кондиционирования воздуха и пеноматериалов в 2022 году в активном фонде содержалось в общей сложности 6000 Кт ОРВ и ГФУ, что соответствует 16 Гт в эквиваленте CO_2 .

К. Атмосферные концентрации бромистого метила не снижаются с 2016 года

46. Средние глобальные концентрации бромистого метила (CH_3Br) в атмосфере в течение 2016–2020 годов ежегодно изменялись в диапазоне от 6,5 до 6,9 ч/трлн, при этом четкой общей тенденции не прослеживалось. В Северном полушарии концентрации примерно на 0,8 ч/трлн выше, чем в Южном полушарии. Сообщается, что поэтапная ликвидация регулируемых, не подлежащих исключениям (т.е. не относящихся к КООТ) видов применения бромистого метила практически завершена. Стороны сообщают, что более 99,8 процента объема базового потребления, а именно 66 428 тонн для этих регулируемых видов применения будет поэтапно выведено из обращения к 1 января 2023 года. Это означает, что в настоящее время бромистый метил используется почти исключительно для применения в целях КООТ, причем его потребление остается в целом стабильным на уровне 10 тыс. тонн в год и сосредоточено примерно в 17 странах-потребителях.

47. Для КООТ имеются экономически и технически осуществимые альтернативы, которые могут заменить около 40 процентов нынешних видов применения. Повторное улавливание и (или) рециркуляция бромистого метила позволяет избежать около 70 процентов выбросов бромистого метила, возникающих при применении для КООТ; однако эта технология является дорогостоящей, и стимулов к ее внедрению мало. Сокращение выбросов при всех оставшихся видах применения бромистого метила для КООТ, а также выявление и прекращение любых незарегистрированных видов применения считаются важными факторами для возвращения концентраций в атмосфере к естественным уровням. В связи с относительно коротким периодом пребывания бромистого метила в атмосфере (0,7 года) применение любых подходящих альтернатив, а в некоторых случаях и повторное улавливание и (или) уничтожение, даст немедленный эффект по снижению его концентрации в атмосфере.

Л. Сроки и масштабы восстановления стратосферного озона зависят от будущих концентраций озоноразрушающих веществ и парниковых газов

48. Имитационные модели показывают, что будущее восстановление озонового слоя за пределами полярных регионов будет в основном зависеть от выбросов парниковых газов при условии дальнейшего соблюдения Монреальского протокола. Широкий диапазон возможных будущих уровней CO_2 , метана (CH_4) и закиси азота (N_2O) является важным ограничением для точных прогнозов в отношении озона в будущем в глобальных масштабах, а также в отношении озоновой дыры и других географических регионов. Общее содержание озона в атмосферном столбе возвращается к значениям 1980 года быстрее при сценариях, предполагающих более крупные выбросы парниковых газов (большее воздействие на климат), чем при сценариях с менее крупными выбросами парниковых газов (меньшее воздействие на климат).

49. Для района от 60° южной широты до 60° северной широты модели показывают, что озон в целом быстрее восстанавливается до уровня 1980 года при сценарии с большим воздействием на климат, поскольку значительное увеличение в будущем содержания как CO_2 , так и CH_4 приводит к увеличению содержания озона. При сценарии с низким уровнем воздействия на климат модели прогнозируют, что к концу текущего столетия содержание озона в районе от 60° южной широты до 60° северной широты может не достичь уровня 1980 года. В этой модели с низким уровнем воздействия на климат будущее снижение общего содержания озона, вызванное ростом N_2O , перевешивает небольшое будущее увеличение содержания озона, вызванное CO_2 и CH_4 . При сценарии умеренного воздействия на климат прогнозируется, что общее содержание озона в районе от 60° южной широты до 60° северной широты вернется к уровню 1980 года примерно в 2040 году.

50. Помимо изменения концентраций ОРВ и ПГ, прогнозы будущих уровней озона зависят и от других факторов, влияющих на химический состав атмосферы:

- будущие коммерческие сверхзвуковые и гиперзвуковые самолеты могут вызвать разрушение стратосферного озона в результате выброса в стратосферу значительного количества водяного пара и оксидов азота (NO_x);

- в настоящее время запуски ракет оказывают незначительное влияние на общее количество стратосферного озона (гораздо меньше 0,1 процента). Однако в будущем существенное влияние могут оказать ракетные системы, использующие новые виды топлива (например, водород и метан) и увеличение частоты запусков. Кроме того, разрушение космической аппаратуры при входе в атмосферу может повлиять на химический состав стратосферы, что приведет к воздействию на озон;
- изменения содержания стратосферного аэрозоля и водяного пара в результате взрывных извержений вулканов приведут к усилению разрушения озона и изменению стратосферной циркуляции. В ближайшие десятилетия озон станет менее чувствительным к вулканическим выбросам по мере снижения концентрации ОРВ;
- преднамеренное рассеивание сульфатных аэрозолей в стратосферу изучается как возможный вариант уменьшения потепления климата и связанных с ним последствий. Имитационные модели показывают, что такое рассеивание способно вызвать изменения в озоне в результате химических и динамических процессов, причем величина и признаки этих изменений в значительной степени зависят от сценария рассеивания и состояния изменения климата в результате антропогенной деятельности.

М. Разрушение стратосферного озона и изменение климата взаимосвязаны

51. Как уже сообщалось в предыдущих оценках, ОРВ являются мощными парниковыми газами, приводящими к потеплению поверхности Земли. Сам озон также является парниковым газом, и его изменения влияют на климат. Увеличение содержания CO_2 и уменьшение содержания озона ведут к охлаждению стратосферы (в то время как будущее увеличение содержания озона будет способствовать потеплению); охлаждение стратосферы вдали от полярных областей замедляет скорость разрушения озона, что приводит к повышению концентрации озона в стратосфере.

52. Расчетная скорость долговременного охлаждения средних и верхних слоев стратосферы земного шара ($0,6 \text{ K десятилетие}^{-1}$), полученная на основе наблюдений, совпадает с предыдущими оценками. Долгосрочные тенденции обусловлены, прежде всего, увеличением содержания CO_2 и стратосферного озона. В будущем увеличение выбросов парниковых газов и последствия восстановления озона будут оказывать противоположное влияние на температуру и циркуляцию в стратосфере.

53. Новые данные свидетельствуют о том, что восстановление озонового слоя вызвало изменения в наблюдаемых тенденциях атмосферной циркуляции в Южном полушарии между периодами разрушения и восстановления озонового слоя. Имитационные модели позволяют объяснить эти изменения восстановлением содержания озона. Полученные результаты свидетельствуют о том, что тенденции циркуляции в Южном полушарии отражают восстановление озонового слоя Антарктики благодаря Монреальскому протоколу.

54. Хотя долгосрочные изменения арктического озонового слоя не оказывают заметного влияния на поверхность, новые данные показывают, что в отдельные годы низкий весенний уровень арктического озона может усиливать существующие аномалии стратосферной циркуляции и их влияние на тропосферную циркуляцию и климат на поверхности.

55. Новые данные подтверждают, что разрушение озонового слоя вряд ли может быть причиной наблюдаемого с 1979 года снижения температуры поверхности моря в высоких широтах и изменения состояния морского льда в Антарктике.

Н. Соблюдение положений Монреальского протокола обеспечивает защиту стратосферного озона и климата

56. Полное соблюдение положений Монреальского протокола способствует восстановлению озонового слоя и защите климата (как отмечалось выше):

- ожидается, что ОСОАС восстановится до уровня 1980 года примерно в 2066 году в Антарктике, примерно в 2045 году в Арктике и примерно в 2040 году в среднем почти по всему миру;
- в 2020 году Монреальский протокол позволил избежать глобального потепления поверхности Земли на $0,17 \pm 0,06^\circ\text{C}$ и потепления поверхности Арктики на

$0,45 \pm 0,23^{\circ}\text{C}$. Прогнозы показывают, что к середине столетия Протокол позволит избежать потепления на $0,79 \pm 0,24^{\circ}\text{C}$ по сравнению со сценарием, предусматривающим нерегулируемые выбросы ОРВ;

- Кигалийская поправка позволит избежать потепления на $0,3\text{--}0,5^{\circ}\text{C}$ к 2100 году.

57. Продуктивное сотрудничество экспертов в рамках групп по оценке в области науки и техники способствовало проведению скоординированных исследований и анализов, позволяющих получить ответы на вопросы об источниках непредвиденных выбросов ХФУ-11, имевших место в период с 2013 по 2017 год. Этот вопрос подчеркнул необходимость сохранения бдительности для обеспечения соблюдения положений, гарантий восстановления озонового слоя и максимального ускорения процесса восстановления.

58. Дополнительные варианты действий для ускорения восстановления озонового слоя и защиты климата включают ликвидацию оставшихся ОРВ и их выбросов, таких как выбросы при использовании в качестве исходного сырья, выбросы побочных продуктов, выбросы бромистого метила при применении для КООТ, выбросы ОКЖВ и выбросы из фондов регулируемых веществ. По отдельности эти действия приведут к получению положительного эффекта на озон от малого до среднего уровня; в совокупности они позволят ускорить восстановление озонового слоя максимум на 16 лет.

О. Научно-технические и экологические соображения

59. Согласно текущим оценкам, если выбросы ОРВ, используемых в качестве исходного сырья, будут устранены в последующие годы, то возвращение фактического объема эквивалентного стратосферного хлора (ФОЭСХ) в средних широтах к уровню 1980 года можно будет ускорить почти на четыре года, в основном за счет сокращения выбросов CCl_4 , и одновременно уменьшить общее воздействие ОРВ на климат. Более глубокое понимание и мониторинг выбросов регулируемых веществ в результате производства, побочного производства и использования в качестве исходного сырья имеет важное значение, учитывая их вклад в общие глобальные выбросы.

60. В 2021 году почти весь зарегистрированный объем производства бромистого метила был предназначен для КООТ, что не является регулируемым видом применения в соответствии с Монреальским протоколом. Существуют альтернативы бромистому метилу, а также технологии повторного улавливания, которые могут привести к уменьшению выбросов. Устранение будущих выбросов бромистого метила в результате его применения для КООТ, разрешенного Монреальским протоколом, ускорит возвращение ФОЭСХ в средних широтах к уровню 1980 года на два года (как отмечалось в предыдущих оценках).

61. Выбросы антропогенных очень короткоживущих хлорсодержащих веществ, среди которых преобладает ДХМ, продолжают расти и вносят вклад в разрушение озонового слоя. Если выбросы ДХМ сохранятся на текущем уровне, они будут продолжать приводить к истощению среднегодового глобального ОСОАС примерно на 1 еД. Устранение таких выбросов быстро обратит вспять этот процесс истощения.

62. Антропогенные выбросы N_2O в настоящее время являются самыми крупными из нерегулируемых выбросов ОРВ, поскольку другие, более крупные источники выбросов (ХФУ-11, ХФУ-12 и ХФУ-113) были поэтапно выведены из обращения. Сокращение антропогенных выбросов N_2O на 3 процента в среднем за период 2023–2070 годов приведет к увеличению среднегодового глобального ОСОАС примерно на 0,5 еД за тот же период и снижению радиационного воздействия примерно на $0,04 \text{ Вт/м}^2$ в среднем за период 2023–2100 годов.

63. В связи с увеличением фондов ОРВ и ГФУ в странах, действующих в рамках статьи 5, особенно в секторах холодильного оборудования, систем кондиционирования воздуха и пеноматериалов, в этих странах ожидается увеличение количества веществ, потенциально доступных для восстановления и регулирования. Сектор ХОКВТН является главным потребителем ГФУ, и, по оценкам, на его долю приходится около 95 процентов потребления в странах, действующих в рамках статьи 5, и 80 процентов во всем мире. Своевременные усилия по созданию и финансированию потенциала в области регулирования веществ по окончании их жизненного цикла в целях предотвращения выбросов ГФУ могут оказать существенное влияние, учитывая прогнозируемый размер и рост фондов ГФУ в более крупных странах, действующих в рамках статьи 5. Устранение препятствий на пути трансграничных перевозок ОРВ и ГФУ по окончании их жизненного цикла будет иметь важное значение для содействия избирательной рекуперации и рециркуляции и экологически безопасного уничтожения ОРВ и ГФУ по окончании их жизненного цикла, тем самым минимизируя их выбросы.

64. В соответствии с Кигалийской поправкой Стороны делают успехи в выполнении национальных норм поэтапного сокращения ГФУ, что стимулирует рыночный спрос на альтернативы с более низким ППП и более эффективное оборудование. Тем не менее, наличие целого ряда новых альтернатив с более низким ППП создает трудности при выборе оптимального решения для каждого конкретного вида применения с учетом таких факторов, как воспламеняемость, токсичность, наличие, стоимость, доступность, условия эксплуатации оборудования и систем:

- альтернативные хладагенты со сверхнизким, низким и средним ППП доступны для всех видов применения в секторе ХОКВТН и широко применяются в некоторых видах ХОКВТН и регионах. Основным препятствием для широкого внедрения по-прежнему является доступность;
- большинство хладагентов со сверхнизким, низким и средним ППП относятся к разным группам воспламеняемости (трудновоспламеняемые, воспламеняемые и легковоспламеняемые). В секторе ХОКВТН продолжается обновление соответствующих стандартов безопасности для обеспечения возможности их использования (например, увеличены допустимые пределы заправки воспламеняемым хладагентом для автономных коммерческих холодильных установок, систем кондиционирования воздуха и тепловых насосов, предназначенных только для отопления);
- решение проблемы активных фондов, содержащих холодильное оборудование и оборудование для кондиционирования воздуха с высоким ППП и низкой энергоэффективностью, может способствовать дальнейшему снижению спроса на энергию и хладагенты с высоким ППП;
- нехватка альтернатив с низким ППП в некоторых секторах уменьшилась благодаря созданию новых производственных мощностей по выпуску альтернатив ГФО и ГХФО, однако дефицит поставок замедлил отказ от ГФУ в различных секторах применения. Необходимо следить за наличием достаточных поставок для удовлетворения растущего спроса в связи с поэтапным сокращением ГФУ, чтобы избежать перебоев в будущем;
- в большинстве Сторон, действующих в рамках статьи 5, но особенно в странах с низким и очень низким объемом потребления, большая часть хладагентов ОРВ и ГФУ используется для обслуживания, поэтому обеспечение поддержки надлежащего обучения персонала и обслуживания позволит сократить прямые выбросы хладагентов ОРВ и ГФУ и снизить потери энергоэффективности оборудования в секторе ХОКВТН в течение всего срока эксплуатации оборудования;
- в конкретных областях применения пеноматериалов сохраняются некоторые проблемы, особенно для небольших предприятий в некоторых Сторонах, действующих в рамках статьи 5, связанные с доступностью, безопасностью и стоимостью некоторых альтернатив с более низким ППП, а также с требованиями к характеристикам продукции;
- хотя мировое потребление ГФУ для производства электроники и магния относительно невелико, в области производства электроники оно растет, а альтернативами ГФУ в настоящее время являются другие фторсодержащие газы, многие из которых имеют более высокий ППП;
- переход от ГФУ с высоким ППП в дозированных ингаляторах под давлением представляет собой масштабную задачу с серьезными потенциальными рисками для здоровья населения в отсутствие надлежащего регулирования.

65. Сети станций атмосферного мониторинга обеспечивают наблюдения за глобальными приземными концентрациями долгоживущих ОРВ и ГФУ в результате антропогенных выбросов. Однако пробелы в региональном мониторинге атмосферы ограничивают возможности научного сообщества по выявлению и количественной оценке выбросов регулируемых веществ из многих регионов-источников.

66. Ряд приборов космического базирования, которые обеспечивают глобальные измерения компонентов атмосферы, связанных с озоном (например, реактивного хлора, водяного пара и долгоживущих индикаторов переноса), в вертикальном столбе, будут выведены из

эксплуатации в течение нескольких лет. Без замены этих приборов возможность мониторинга и интерпретации изменений в стратосферном озоновом слое в будущем будет затруднена.

67. Воздействие на озоновый слой рассеивания аэрозолей в стратосфере, предложенное в качестве возможного варианта компенсации воздействия глобального потепления, было оценено на основе технического задания для доклада Группы по научной оценке за 2022 год. Были выявлены важные потенциальные последствия, такие как углубление антарктической озоновой дыры и замедление восстановления озонового слоя. Многие пробелы в знаниях и факторы неопределенности не позволяют провести более основательную оценку в настоящее время.

68. Повышенную озабоченность озоновым слоем в XXI веке вызывают такие факторы, как:

- дальнейшее увеличение концентраций N_2O , CH_4 и CO_2 ;
- рост темпов использования ОРВ и ГФУ в качестве исходного сырья и образования их выбросов;
- продолжающееся и даже увеличившееся использование бромистого метила для КООТ;
- влияние изменения климата на общее содержание озона в атмосферном столбе в тропиках;
- аномальные лесные пожары и извержения вулканов;
- учащение гражданских пусков ракет и увеличение выбросов, связанных с предлагаемым новым парком сверхзвуковых коммерческих летательных аппаратов.

69. Несмотря на расширение знаний о воздействии УФ-излучения, остается много проблем, связанных с адекватной оценкой интерактивного влияния будущих изменений приземного солнечного УФ-излучения и климата на здоровье человека, продовольственную безопасность, состояние экосистем и биоразнообразие. Эти проблемы отчасти обусловлены неопределенностью того, как последствия постепенного изменения климата и периодических экстремальных климатических явлений скажутся на УФ-облучении поверхности Земли и впоследствии повлияют на адаптацию видов, структуру и функционирование экосистем в быстро меняющейся среде. Таким образом, существует очевидная необходимость включения солнечного УФ-излучения вместе с другими факторами изменения климата в экспериментальные и модельные исследования здоровья человека, водных и наземных экосистем для более надежной оценки экологических последствий изменения УФ-излучения при различных сценариях будущего глобального климата.