

ОХРАНА ОЗОНОВОГО СЛОЯ И ГЛОБАЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Вопросы, связанные с гидрофторуглеродами
и перфторуглеродами

Резюме для лиц, определяющих политику, и Техническое резюме



Межправительственная группа экспертов
по изменению климата
Группа экспертов по техническому обзору
и экономической оценке



Специальный доклад МГЭИК/ТЕАП

**Охрана озонового слоя и глобальной
климатической системы: вопросы, связанные
с гидрофторуглеродами и перфторуглеродами**

Резюме для лиц, определяющих политику

Доклад рабочих групп I и III МГЭИК

и

Техническое резюме

Доклад принят рабочими группами I и III МГЭИК, но не утвержден в деталях

Этот доклад подготовлен Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) и Группой экспертов по техническому обзору и экономической оценке (ТЕАП) в соответствии с предложением Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата и Монреальского протокола

© 2005, Межправительственная группа экспертов по изменению климата

ISBN 92-9169-418-5

Предисловие

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) была учреждена совместно Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО) и Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) в 1988 г. для оценки имеющейся информации по научным аспектам, воздействиям и экономическим факторам, а также вариантам смягчения последствий изменения климата и/или адаптации к нему. Кроме того, МГЭИК предоставляет по запросу научно-технические и социально-экономические рекомендации Конференции Сторон (КС) Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН). МГЭИК выпустила ряд докладов об оценках, специальных докладов, технических документов, методологий и других публикаций, которые стали стандартной справочной документацией и которые широко используются лицами, принимающими политические решения, учеными и другими экспертами.

Специальный доклад об охране озонового слоя и глобальной климатической системы подготовлен в ответ на предложения Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН)¹ и Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой². К МГЭИК и Группе по техническому обзору и экономической оценке (ТЕАП) Монреальского протокола обратились с просьбой подготовить сбалансированный научно-технический и политический Специальный доклад. Эта просьба включала как научную оценку взаимосвязей между озоновым слоем и изменением климата, так и подготовку полезной для пользователей и политически нейтральной информации для оказания помощи всем Сторонам и заинтересованным лицам в принятии основанных на имеющейся информации решений при оценке альтернатив озоноразрушающим веществам.

Обсуждения этих тем имеют длительную историю, включая обсуждения на четвертой Конференции Сторон РКИК ООН (проведенной в 1998 г. в Буэнос-Айресе), которая предложила Сторонам и всем другим соответствующим органам представлять информацию в Секретариат РКИК ООН об имеющихся и потенциальных путях и средствах ограничения выбросов гидрофторуглеродов (ГФУ) и перфторуглеродов (ПФУ) при их использовании в качестве заменителей озоноразрушающих веществ. В 1999 г. было организовано проведение совещания экспертов МГЭИК/ТЕАП³, на котором рассматривался данный вопрос и которое является важной основой для осуществления нынешней деятельности наряду с новой информацией о потребностях в области науки, технологии и политики.

Мишель Жарро
Генеральный секретарь
Всемирная Метеорологическая Организация

Вслед за решением восьмой Конференции Сторон РКИК ООН¹ четырнадцатое совещание Сторон Монреальского протокола (Рим, Италия, 25–29 ноября 2002 г.) приветствовало это решение и поручило ТЕАП работать вместе с МГЭИК при подготовке Специального доклада, а также просило одновременно представить доклад Рабочей группе открытого состава в рамках Монреальского протокола и ВОКНТА РКИК ООН. Сфера охвата, структура и план Специального доклада были утверждены МГЭИК на пленарных совещаниях во время ее двадцатой сессии в Париже, Франция, 19–21 февраля 2003 г.

Как обычно, успех МГЭИК при подготовке настоящего доклада зависел в первую очередь от энтузиазма и сотрудничества экспертов всего мира по многочисленным связанным между собой, но разным дисциплинам. Мы хотели бы выразить нашу признательность всем координирующим ведущим авторам, ведущим авторам, редакторам-рецензентам и экспертам-рецензентам. Они потратили огромное количество времени и приложили колоссальные усилия для выпуска настоящего доклада, и мы весьма благодарны им за их преданность делу МГЭИК.

Мы хотели бы также выразить нашу искреннюю благодарность руководящему комитету этого доклада, в состав которого входили сопредседатели как Группы по техническому обзору и экономической оценке (ТЕАП), так и Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), а именно:

Стивену Андерсену, Ламберту Кейперсу и Хосе Понсу из Группы по техническому обзору и экономической оценке (ТЕАП), и

Сюзан Соломон, Огунладе Дэвидсону и Берту Метцу (председателю руководящего комитета) из Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК).

Мы убеждены, что этот Специальный доклад содержит сбалансированную научно-техническую и политическую оценку, которая окажет помощь всем заинтересованным лицам в принятии решений при рассмотрении альтернатив озоноразрушающим веществам.

Клаус Тепфер
Исполнительный директор
Программа Организации Объединенных Наций
по окружающей среде
и
Генеральный директор
Отделение Организации Объединенных Наций в Найроби

¹ Решение 12/CP.8, FCCC/CP/2002/7/Add.1, с. 44. Восьмая Конференция Сторон РКИК ООН, Нью-Дели, Индия, 23 октября — 1 ноября 2002 г.

² Решение XIV/10 UNEP/OzL.Pro.14/9, с. 154. Четырнадцатое совещание Сторон Монреальского протокола, Рим, Италия, 25–29 ноября 2002 г.

³ Материалы совместного совещания экспертов МГЭИК/ТЕАП по вариантам сокращения выбросов ГФУ и ПФУ, Петтен, Нидерланды, 26–28 мая 1999 г., см. <http://www.ipcc-wg3.org/docs/IPCC-TEAP99/index.html>.

Вступление

Этот *Специальный доклад об охране озонового слоя и глобальной климатической системы* составлен в ответ на предложения Сторон РКИК ООН и Монреальского протокола. В нем содержится информация, касающаяся процесса принятия решений, связанных с охраной озонового слоя и глобальной климатической системы: двух глобальных экологических вопросов, включающих сложные научно-технические соображения. Рамки, структура и план этого Специального доклада были утверждены МГЭИК на ее двадцатой сессии, проведенной в Париже, Франция, 19–21 февраля 2003 г. Обязанность по подготовке доклада была возложена совместно на рабочие группы I и III МГЭИК и Группу по техническому обзору и экономической оценке (ТЕАП) Монреальского протокола. Для руководства подготовкой докладов в соответствии с процедурами МГЭИК был учрежден совместный Руководящий комитет МГЭИК/ТЕАП (см. ниже).

Справочная информация

Научные доказательства наличия связи между хлорфторуглеродами (ХФУ) и другими озоноразрушающими веществами (ОРВ) с глобальным разрушением озона явились причиной проведения первоначального контроля химических веществ в соответствии с Монреальским протоколом 1987 г., а также внесения в него в 1990-е годы поправок и корректив, в которые были включены дополнительные ОРВ, согласованы поэтапные отказы от них и сокращены сроки этих поэтапных отказов. Этот международный процесс привел: (i) к прекращению производства большинства ХФУ, метилхлороформа и галонов; (ii) более широкому использованию существующих гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ); (iii) новому производству широкого диапазона промышленных фторсодержащих химических веществ, включая новые типы ГХФУ, гидрофторуглероды (ГФУ) и перфторуглероды (ПФУ); (iv) использованию негалогенированных химических веществ, таких как углеводороды, двуокись углерода и аммиак; и (v) разработке беспроцентных альтернативных методов, таких как процедуры очистки на основе воды.

Вероятность того, что ХФУ и другие ОРВ также воздействуют на климатическую систему, была впервые установлена в 1970-е годы, и за последние три десятилетия еще более очевидным стало воздействие галоидоуглеводородов на глобальное потепление, включая ГФУ. Например, Научная оценка стратосферного озона 1989 г. включала главу, посвященную потенциалам глобального потепления (ППП) галоидоуглеводородов, а в Технической оценке 1989 г. эти ППП фигурировали в рамках обсуждений важного значения энергетического коэффициента полезного действия изолирующей пены, холодильного оборудования и кондиционирования воздуха. Поскольку в соответствии с Монреальским протоколом были разработаны различные концепции постепенного отказа от ОРВ, было достигнуто понимание того, что некоторые меры, принятые с целью сокращения масштабов будущего разрушения озонового слоя, в частности внедрение ГФУ и ПФУ, могут привести к усилению или уменьшению последствий глобального потепления.

Эта научно-техническая информация позволила Сторонам Монреальского протокола выбирать варианты замены ОРВ, учитывая при этом последствия глобального потепления, и нашла отражение в некоторых инвестиционных решениях в рамках Многостороннего фонда Монреальского протокола. Во время проведения переговоров по Киотскому протоколу в 1997 г. у стран появились новые стимулы для учета того, каким образом выбор заменителей может влиять на цели обоих протоколов. В результате этих соображений появилась необходимость в наличии более всеобъемлющей информации относительно вариантов

замены ОРВ, которые учитывают необходимость охраны озонового слоя, а также глобальной климатической системы. В мае 1999 г. МГЭИК и ТЕАП провели совместное совещание экспертов по вариантам ограничения выбросов ГФУ и ПФУ, а в октябре 1999 г. ТЕАП опубликовала свой доклад «Последствия для Монреальского протокола включения ГФУ и ПФУ в Киотский протокол». Этот Специальный доклад 2005 г. является самым последним совместным мероприятием.

Потенциал каждого заменителя ОРВ с точки зрения влияния на климатическую систему зависит не только от физических и химических свойств самого вещества, но также и от тех факторов, которые влияют на выбросы в атмосферу, таких как меры защиты, рециркуляция, уничтожение и энергетический КПД в конкретных применениях. В докладе рассмотрены именно те газы, применения и сектора, которые имеют отношение к выбросам ХФУ, ГХФУ, ГФУ и ПФУ, а также к альтернативным вариантам использования ГФУ и ПФУ. В докладе не рассматриваются промышленные и другие виды использования этих же химических веществ, не имеющие отношения к указанным выбросам. В докладе охвачены химические вещества и технологии, которые используются в настоящее время или будут, вероятно, использоваться в следующем десятилетии.

Содержание доклада

Доклад содержит научный контекст, необходимый для рассмотрения выбора между альтернативами ОРВ (главы 1 и 2); потенциальные методологии для оценки вариантов (глава 3); и технические вопросы, касающиеся возможностей сокращения выбросов ПГ для каждого из соответствующих секторов, включая холодильное оборудование, кондиционирование воздуха, пены, аэрозоли, противопожарную защиту и растворители (главы 4–10). В докладе рассматривается также вопрос о наличии ГФУ в будущем (глава 11).

В главах 1 и 2 рассматриваются связи между разрушением озона и изменением климата, а также информация, содержащаяся в предыдущих международных научных оценках, особенно в периодических оценках, проведенных под эгидой ВМО, ЮНЕП и МГЭИК (например самая последняя *Научная оценка разрушения озона, 2002 г.*; *Оценка экологических последствий разрушения озона, 2002 г.*; и *Изменение климата: Научная основа, 2001 г.*). Глава 1 охватывает химию и динамику стратосферы и их привязку к изменению климата, а глава 2 — радиационное воздействие каждого из соответствующих газов, а также их значение для химии тропосферы и качества воздуха. В настоящем докладе не ставится цель охватить по широте и глубине более специализированные оценки озона и изменения климата, а скорее изложить в кратком виде соответствующие взаимодействия между двумя экологическими вопросами, с тем чтобы способствовать пониманию и применению остальной части доклада.

Глава 3 содержит резюме имеющихся методологий для характеристики или сравнения технологий (таких как параметр влияния на климат на протяжении жизненного цикла (ВЖЦ)), особенно тех подходов, которые применяются в различных секторах, охваченных в этом докладе.

Затем в главах 4–10 приводятся технические описания и информация для каждого из ключевых секторов использования галоидоуглеводородов: холодильное оборудование (4), бытовое и коммерческое кондиционирование воздуха и отопление (5), мобильное кондиционирование воздуха (6), вспененные материалы (7), медицинские аэрозоли (8), противопожарная защита (9) и немедицинские аэрозоли, растворители и побочные выбросы ГФУ-23 в результате производства ГХФУ-22 (10).

В каждой главе дается обзор ее сектора, соответствующих технологий, информация о поглощении и выбросах соответствующих газов, а также практики и альтернативных технологий для уменьшения выбросов и чистых последствий потепления. Это включает рассмотрение совершенствования процесса в применениях, более эффективных мер защиты, рекуперации и рециркуляции во время функционирования; рекуперации, удаления и уничтожения в связи с окончанием срока службы. Этот выбор из числа вариантов в рамках каждого сектора сопровождается подробным рассмотрением технических факторов, включая эффективность, санитарное состояние окружающей среды и экологическую безопасность, стоимость, наличие альтернатив, а также энергетический КПД и эффективность использования ресурсов.

Глава 11 охватывает вопросы как предложения, так и спроса, касающиеся ГФУ, и содержит сводные оценки выбросов по секторам и регионам. В ней собрана информация о выбросах по различным химическим веществам из разных секторов и рассматривается баланс между предложением ГФУ и спросом на них.

Как и в предыдущих докладах МГЭИК, этот доклад содержит, помимо основных глав, Резюме для лиц, определяющих политику (РП), и Техническое резюме (ТР). В каждом разделе РП и ТР даются ссылки на такой же раздел соответствующей главы, с тем чтобы можно было легко отслеживать в главах более подробным образом материал, содержащийся в РП и ТР. Доклад содержит также приложения со списком авторов и экспертов-рецензентов, глоссарий, список акронимов и сокращений, список единиц и переводных коэффициентов, а также обзор основных химических формул и перечень веществ, которые рассматриваются в этом докладе.

В работе по составлению доклада в период с августа 2003 г. по апрель 2005 г. принимали участие 145 экспертов из 35 стран. Проект доклада был разослан для его обзора экспертами, которые представили ценные предложения по его улучшению. После этого последовал второй обзор, осуществленный как правительствами, так и экспертами. В ходе этих двух раундов обзора было получено около 6 600 замечаний от почти 175 экспертов, правительств и неправительственных организаций. Этот процесс обзора, а также контроль за его осуществлением со стороны редакторов-рецензентов, которые действуют независимо от группы авторов, являются неотъемлемой частью любой оценки МГЭИК, а также важным элементом обеспечения качества и достоверности документа.

Окончательный доклад рассматривался на совместной сессии рабочих групп I и III МГЭИК, проведенной в Аддис-Абебе 6–8 апреля 2005 г., на которой состоялось построчное утверждение РП и принятие МГЭИК основного доклада.

Выражение признательности

Руководящий комитет выражает искреннюю признательность всем координирующим ведущим авторам, ведущим авторам и редакторам-

рецензентам, опыт, усердие и терпение которых обеспечили основу для успешного завершения этого доклада и которые щедро уделили значительное количество своего служебного и личного времени, а также признательность за тот вклад, который внесли многочисленные лица, представившие материалы, и рецензенты благодаря своей ценной и кропотливой работе и преданности делу.

Мы также благодарим Марко Гонсалеза и Мегуми Секи из Секретариата по озону ЮНЕП за их совместное руководство, финансовую поддержку и преданность той работе, результатом которой стал этот доклад.

Мы благодарим правительство Нидерландов, Соединенных Штатов Америки, Японии и Аргентины за то, что они выступили в качестве принимающих сторон четырех совещаний по подготовке доклада, а также правительству Эфиопии и Центру Организации Объединенных Наций в Аддис-Абебе за организацию приема совместной сессии рабочих групп I и III.

Мы также благодарим секретаря МГЭИК Ренату Крист и персонал Секретариата МГЭИК, которые обеспечили материально-техническую поддержку связи с правительствами и поездкам экспертов из развивающихся стран и стран с переходной экономикой.

И наконец, мы хотели бы также поблагодарить персонал рабочих групп I и III, групп технической поддержки за их работу по подготовке доклада, особенно Давида де Йагера (секретарь Руководящего комитета, РГ III ГТП), Мартина Маннинга (глава РГ I ГТП), Лео Мейера (глава РГ III ГТП) за их научную и руководящую поддержку, а также Таля Кестина, Скотта Лонгмора, Мелинду Тигнор (РГ I), Хелен де Конинк, Аниту Мейер, Мартина Медделбурга, Роба Пуюка и Тельму ван ден Бринк (РГ III) за их материально-техническую поддержку. Особая благодарность Кристине Эннис, Дейву Томасу и Пити Томасу за их вклад в редактирование окончательного проекта этого доклада.

Руководящий комитет для этого доклада:

Стивен О. Андерсен, сопредседатель ТЕАП
 Огунладе Дэвидсон, сопредседатель рабочей группы III МГЭИК
 Ламберт Кейперс, сопредседатель ТЕАП
 Берт Метц, сопредседатель рабочей группы III МГЭИК (председатель руководящего комитета)
 Хосе Понс, сопредседатель ТЕАП
 Сюзан Соломон, сопредседатель рабочей группы I МГЭИК

СОДЕРЖАНИЕ

Резюме для лиц, определяющих политику

1. Введение	2
2. Галоидоуглеводороды, разрушение озона и изменение климата	4
2.1 Каково прошлое и нынешнее влияние ОРВ и их заменителей на климат Земли и озоновый слой?	4
2.2 Как прекращение производства ОРВ сказывается на попытках учесть изменение климата и разрушение озона?	5
2.3 Каковы последствия замены ОРВ для качества воздуха и других вопросов окружающей среды, относящихся к химии атмосферы?	6
3. Производство, банки и выбросы	8
3.1 Как производство, банки и выбросы связаны между собой в любом конкретном году?	8
3.2 Что наблюдения за атмосферными концентрациями могут сообщить нам о банках и выбросах?	8
3.3 Каким предполагается развитие оцененных банков и выбросов в период 2002–2015 гг.?	8
4. Варианты прекращения производства ОРВ и сокращения выбросов парниковых газов	11
4.1 Какие имеются крупные возможности для сокращения выбросов парниковых газов и как их можно оценить?	11
4.2 Каковы потенциалы секторального сокращения выбросов в 2015 г. и каковы связанные с ними расходы?	12
4.3 Какие существуют политика, меры и рычаги?	14
4.4 Что можно сказать о наличии ГФУ/ПФУ для использования в развивающихся странах в будущем?	14

Техническое резюме

1. Введение	16
2. Галоидоуглеводороды, разрушение озона и изменение климата	18
2.1 Каким образом ХФУ и их заменители способствуют радиационному воздействию на климатическую систему?	18
2.2 Как долго ХФУ и их заменители остаются в атмосфере после их выброса?	19
2.3 Каким образом меняются атмосферные концентрации и выбросы ХФУ, галонов, ГХФУ, ГФУ и ПФУ?	20
2.4 Насколько газы, содержащие галоидоуглеводороды, и их заменители способствуют позитивному радиационному воздействию на климатическую систему по сравнению с доиндустриальным периодом? Каковы данные сравнения с 1970 г.?	22
2.5 Каким образом стратосферный озон изменился в последние десятилетия и почему?	23
2.6 Каким образом разрушение озона повлияло на радиационное воздействие на климатическую систему?	23
2.7 Какие факторы будут, как ожидается, контролировать озон в предстоящее столетие? «Восстановится» ли он до величин, существовавших до образования озоновой дыры? Началось ли уже это восстановление?	24
2.8 Какова ожидаемая степень воздействия ХФУ, ГХФУ и их возможных заменителей на будущее радиационное воздействие на климатическую систему?	25
2.9 Что представляет собой потенциал глобального потепления и каким образом он используется?	26
2.10 Ожидается ли, что ГХФУ, ГФУ или их заменители будут оказывать иные воздействия на химию окружающей среды в будущем?	28
3. Варианты постепенного отказа от ОРВ и уменьшение выбросов ПГ	29
3.1 Где происходят выбросы ПГ, связанные с использованием ОРВ и их заменителей?	29
3.2 Каково предполагаемое развитие оценочных банков и выбросов в период 2002–2015 гг.?	29
3.3 Какие варианты имеются для сокращения выбросов ПГ?	36
3.4 Какие механизмы оценки могут предоставить информацию о выборе технологий?	36
3.5 Каковы региональные различия?	39
3.6 Какие основные возможности выявлены для сокращения выбросов ПГ, связанных с использованием ОРВ, их заменителей, и соответствующих косвенных выбросов?	39

3.7	Какие политические механизмы имеются для достижения сокращений в выбросах ПГ, рассматриваемых в этом докладе?	46
3.8	Что можно сказать по поводу наличия в будущем ГФУ/ПФУ для использования в развивающихся странах?	46
4.	Важные выводы для секторов, использующих ОРВ и их альтернативы	48
4.1	Каковы наиболее важные выводы для сектора холодильного оборудования?	48
4.2	Каковы наиболее важные выводы в отношении бытового и коммерческого кондиционирования воздуха и отопления?	55
4.3	Каковы наиболее важные выводы в отношении мобильного кондиционирования воздуха?	57
4.4	Каковы наиболее важные выводы в отношении пен?	60
4.5	Каковы наиболее важные выводы в отношении медицинских аэрозолей?	67
4.6	Каковы наиболее важные выводы в отношении противопожарной защиты?	69
4.7	Каковы наиболее важные выводы в отношении немедицинских аэрозолей, растворителей и выбросов ГФУ-23?	74
Приложение I	Глоссарий терминов	81
Приложение II	Основные химические формулы и номенклатура	85

Специальный доклад МГЭИК/ТЕАП

**Охрана озонового слоя и глобальной климатической системы:
вопросы, связанные с гидрофторуглеродами и перфторуглеродами**

**Резюме для лиц,
определяющих политику**

1. Введение

Этот Специальный доклад МГЭИК составлен в ответ на предложение Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН)¹ и Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой,² подготовить сбалансированный научно-технический и политический доклад относительно альтернатив озоноразрушающим веществам (ОРВ), которые влияют на глобальную климатическую систему. Он готовился МГЭИК и Группой по техническому обзору и экономической оценке (ТЕАП) Монреальского протокола.

Поскольку ОРВ вызывают разрушение стратосферного озонового слоя³, их производство и потребление контролируются положениями Монреальского протокола и, следовательно, постепенно прекращаются, причем усилия предпринимаются Сторонами Монреальского

протокола, являющимися как развитыми, так и развивающимися странами. Как ОРВ, так и ряд их заменителей являются парниковыми газами (ПГ), которые способствуют изменению климата (см. рисунок РП-1). Некоторые заменители ОРВ, в частности гидрофторуглероды (ГФУ) и перфторуглероды (ПФУ), охватываются положениями РКИК ООН и ее Киотского протокола. Варианты действий, выбираемые для охраны озонового слоя, могут повлиять на изменение климата. Изменение климата может также косвенно повлиять на озоновый слой.

В настоящем докладе рассматриваются воздействия суммарных выбросов ОРВ и их заменителей на климатическую систему и озоновый слой. В частности, в нем создаются предпосылки для понимания того, как варианты замены могут сказаться на глобальном потеплении.

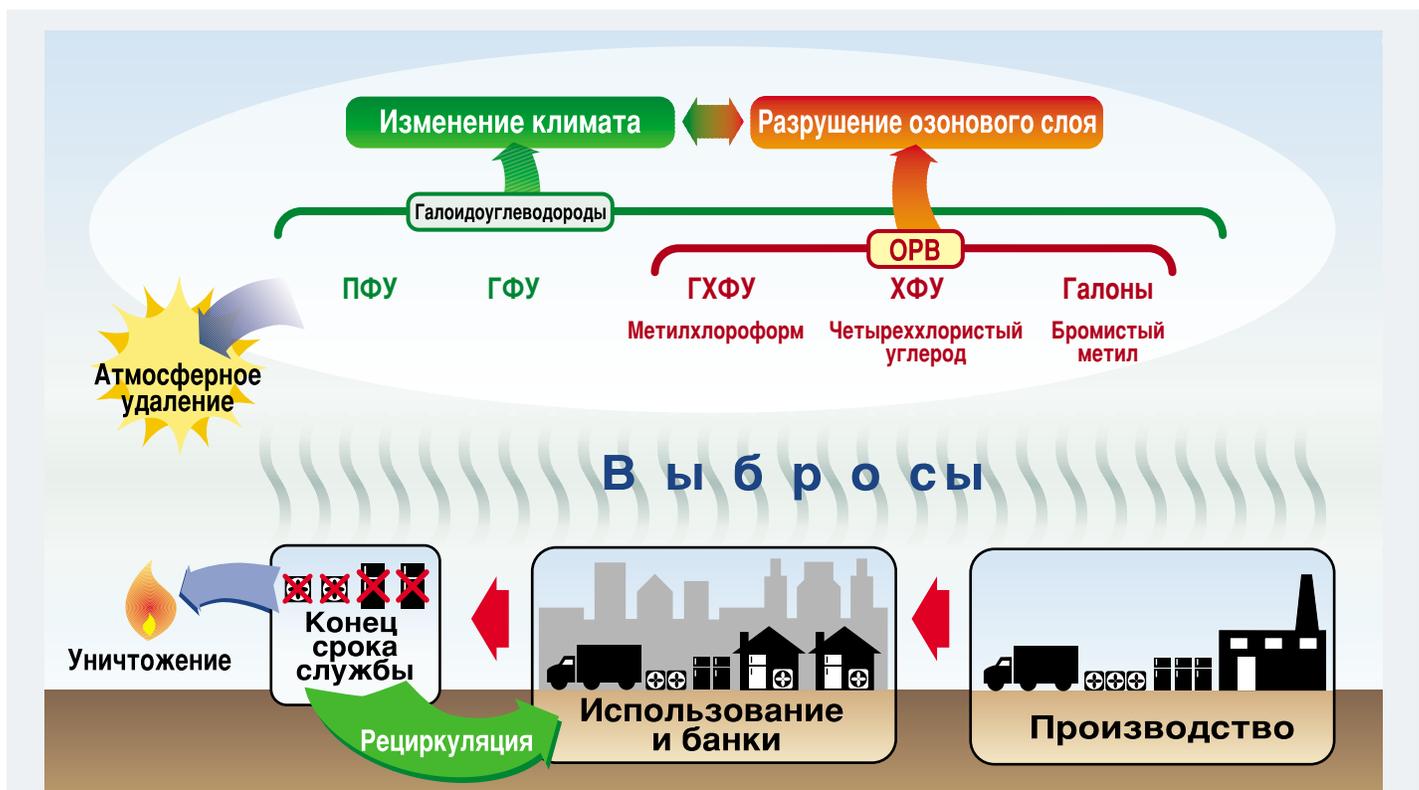


Рисунок РП-1. Схематическая диаграмма основных вопросов, рассматриваемых в настоящем докладе. Хлорфторуглероды (ХФУ), галоны и гидрохлорфторуглероды (ГХФУ) содействуют разрушению озонового слоя и изменению климата, тогда как гидрофторуглероды (ГФУ) и перфторуглероды (ПФУ) содействуют лишь изменению климата и находятся среди возможных не разрушающих озон альтернатив для ОРВ. Красным цветом отмечены газы, включенные в Монреальский протокол, его поправки и коррективы⁴, а зеленым отмечены вещества, включенные в РКИК ООН и ее Киотский протокол. Варианты сокращения выбросов галоидоуглеводородов, рассматриваемые в настоящем докладе, включают: улучшенные меры защиты, рекуперацию, рециркуляцию, уничтожение побочных продуктов и существующих банков⁵ и использование альтернативных процессов или веществ с сокращенным или незначительным потенциалом глобального потепления.

¹ Решение 12/CP.8, FCCC/CP/2002/7/Add.1, с. 44.

² Решение XIV/10 UNEP/OzL.Pro.14/9, с. 154.

³ Озон в данном докладе означает стратосферный озон, если не указано иначе.

⁴ В дальнейшем именуется Монреальским протоколом.

⁵ Банками являются суммарные количества веществ, содержащихся в существующем оборудовании, на химических складах, в вспененных материалах и в другой продукции, еще не выпущенных в атмосферу.

Доклад не претендует на всеобъемлющий охват последствий вариантов замены для озонового слоя.

В разделах доклада рассматриваются варианты сокращения выбросов галоидоуглеводородов, варианты, предусматривающие использование альтернативных веществ и технологий для достижения сокращения выбросов парниковых газов. В нем рассматриваются выбросы ГФУ и ПФУ, постольку поскольку они связаны с заменой ОРВ. Выбросы ГФУ и ПФУ при производстве алюминия и полупроводников или других секторов не рассматриваются.

Основные секторы применения, использующие ОРВ и заменяющие их ГФУ/ПФУ, включают: холодильное оборудование, кондиционирование воздуха, пенные вещества, аэрозоли, противопожарную защиту и

растворители. Выбросы этих веществ происходят при производстве и любых ненамеренных выпусках побочных продуктов, намеренных эмиссионных применениях, испарении и утечке из банков, содержащихся в оборудовании и продукции в ходе использования, испытания и технического обслуживания, а также при снятии с эксплуатации.

В отношении конкретных вариантов сокращения выбросов, доклад, в целом, ограничивается охватом периода до 2015 г., по которому имеется надежная литература о вариантах замен со значительным рыночным потенциалом для вышеуказанных быстро развивающихся секторов. Рассматриваются технические характеристики, потенциальные методологии оценок и косвенные выбросы⁶, относящиеся к использованию энергии, а также вопросы стоимости, здоровья и безопасности человека, последствий для качества воздуха и пригодности в будущем.

⁶ Следует отметить, что в кругах лиц, готовящих отчетность о национальных кадастрах, термин «косвенные выбросы» используется конкретно в отношении тех выбросов парниковых газов, которые происходят в результате распада другого вещества в окружающей среде. Это противоположно использованию этого термина в настоящем докладе, где конкретно имеются в виду выбросы CO₂ в результате использования энергии, связанные с такими подходами к оценке на протяжении жизненного цикла (ОЖЦ), как суммарное эквивалентное воздействие потепления (СЭВП) или влияние на климат на протяжении жизненного цикла (ВКЖЦ).

2. Галоидоуглеводороды, разрушение озона и изменение климата

2.1 Каково прошлое и нынешнее влияние ОРВ и их заменителей на климат Земли и озоновый слой?

Галоидоуглеводороды, и в частности ОРВ, содействовали положительно прямому радиационному воздействию⁷ и связанному с этим повышению глобальной средней приземной температуры (см. рисунок РП-2). Суммарное позитивное прямое радиационное воздействие под влиянием увеличений промышленно производимых ОРВ и не разрушающих озон галоидоуглеводородов с 1750 по 2000 гг. оценивается величиной $0,33 \pm 0,03 \text{ Вт/м}^2$, представляя около 13 % суммарной величины вследствие увеличения выбросов всех хорошо смешанных парниковых газов за этот период. Большая часть увеличения выбросов галоидоуглеводородов имела место за последние десятилетия. Атмосферные концентрации ХФУ были стабильными или уменьшались в период 2001–2003 гг. (от 0 до –3 % в год в зависимости от конкретного газа), тогда как концентрации галонов и заменяющих гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) и ГФУ увеличились (соответственно от +1 до +3 % в год, от +3 до +7 % в год и от +13 до +17 % в год). [1.1, 1.2, 1.5 и 2.3]⁸

Разрушение стратосферного озона, наблюдаемое с 1970 г., вызывается главным образом увеличением концентраций химически активных соединений хлора и брома, которые образуются при разложении антропогенных ОРВ, включая галоны, ХФУ, ГХФУ, метилхлороформ (CH_3CCl_3), четыреххлористый углерод (CCl_4) и бромистый метил (CH_3Br). [1.3 и 1.4]

Разрушение озона создает негативное радиационное воздействие на климат, которое является косвенным охлаждающим воздействием ОРВ (см. рисунок РП-2). В настоящее время считается, что изменение содержания озона вносит вклад в глобальное среднее радиационное воздействие, величиной примерно $-0,15 \pm 0,10 \text{ Вт/м}^2$. Большая неопределенность косвенного радиационного воздействия ОРВ возникает главным образом ввиду неопределенностей детального вертикального распределения разрушения озона. *Весьма вероятно*¹⁰, что это негативное радиационное воздействие составляет меньшую величину, чем позитивное прямое воздействие вследствие одних только ОРВ ($0,32 \pm 0,03 \text{ Вт/м}^2$). [1.1, 1.2 и 1.5]

Потепление вследствие ОРВ и похолодание, связанное с разрушением озона, являются двумя отдельными механизмами воздействия на климат, которые не просто компенсируют друг друга. Пространственное и сезонное распределения эффекта похолодания ввиду разрушения озона отличаются от таких распределений для эффекта потепления. Ограниченное количество моделирований глобального климата и статистических исследований предполагают, что разрушение озона

является одним механизмом, который может повлиять на характер изменчивости климата, что имеет важное значение для тропосферной циркуляции и температур в обоих полушариях. Однако наблюдаемые изменения этих характеристик изменчивости нельзя однозначно объяснить разрушением озона. [1.3 и 1.5]

Каждый тип газа имеет различный эффект парникового потепления и разрушения озона (см. рисунок РП-2), зависящий главным образом от его исторических выбросов, эффективности как парникового газа, срока жизни и количества хлора и/или брома в каждой молекуле. Бромсодержащие газы в настоящее время вносят

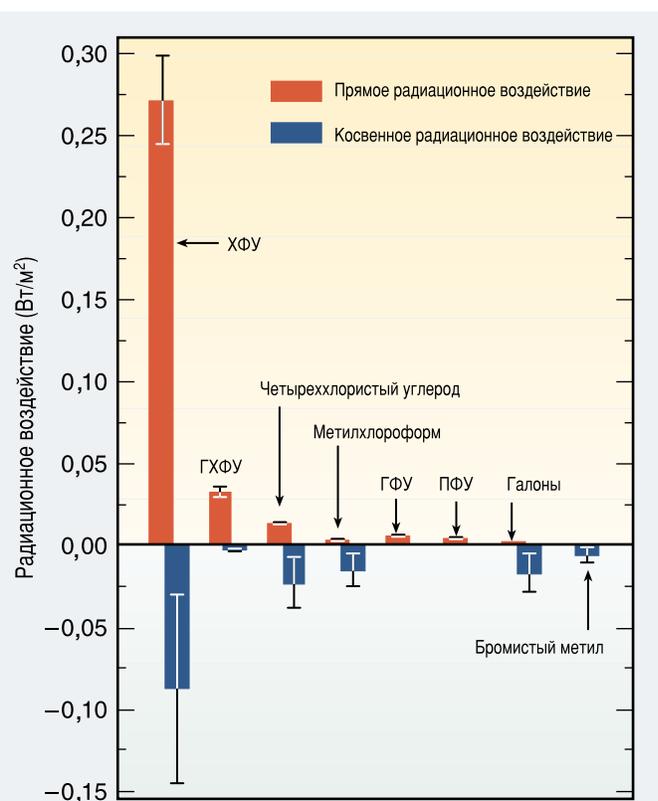


Рисунок РП-2. Прямое и косвенное радиационное воздействие (РВ) вследствие изменений содержания галоидоуглеводородов с 1750 по 2000 гг.⁹ Планки погрешностей означают неопределенности величиной ± 2 среднеквадратических отклонения. [На основе таблицы 1.1]

⁷ Радиационное воздействие является мерой влияния какого-либо фактора на изменение баланса приходящей и уходящей энергии в системе Земля-атмосфера и служит показателем важности этого фактора как потенциального механизма изменения климата. Оно выражается в ваттах на квадратный метр (Вт/м^2). Любой парниковый газ вызывает прямое радиационное воздействие благодаря поглощению и излучению радиации и может вызвать косвенное радиационное воздействие посредством химических взаимодействий, которые влияют на другие парниковые газы или частицы.

⁸ Цифры в квадратных скобках указывают на разделы основного доклада, в которых можно найти базовый материал и ссылки на данный пункт.

⁹ ПФУ, используемые в качестве замен ОРВ, вносят лишь небольшой вклад в суммарное радиационное воздействие ПФУ.

¹⁰ В этом резюме для политиков, там где это уместно, используются следующие слова для указания степени уверенности в суждениях: *весьма вероятно* (90–99 % вероятности); *вероятно* (66–90 % вероятности); *маловероятно* (10–33 % вероятности); и *весьма маловероятно* (1–10 % вероятности).

гораздо больший вклад в похолодание, чем в потепление, тогда как ХФУ и ГХФУ вносят больший вклад в потепление, чем в похолодание. ГФУ и ПФУ содействуют лишь потеплению. [1.5 и 2.5]

2.2 Как прекращение производства ОРВ сказывается на попытках учесть изменение климата и разрушение озона?

Меры, предпринятые согласно Монреальскому протоколу, привели к замене ХФУ на ГХФУ, ГФУ и другие вещества и процессы. Ввиду того, что заменяющие вещества, как правило, имеют более низкие потенциалы глобального потепления¹¹ (ПГП), и ввиду того, что суммарные выбросы галоидоуглеводородов уменьшились, их совокупный эквивалент CO_2 (прямой взвешенный по ПГП) сократился. Совокупный эквивалент CO_2 выбросов ХФУ, ГХФУ и ГФУ, полученный на основе атмосферных наблюдений, сократился примерно с $7,5 \pm 0,4$ Гт CO_2 -экв. в год в течение 1990 г. до $2,5 \pm 0,2$ Гт CO_2 -экв. в год в течение 2000 г., что эквивалентно соответственно 33 и 10 % ежегодных выбросов CO_2 вследствие глобального сжигания ископаемого топлива. Стратосферные уровни хлора приблизительно стабилизировались и, возможно, уже начали уменьшаться. [1.2, 2.3 и 2.5]

Аммиак и те углеводороды (УВ), которые используются в качестве замены галоидоуглеводородов, имеют срок жизни в атмосфере в диапазоне от дней до месяцев, и прямое и косвенное радиационное воздействие, связанное с их использованием в качестве замен, *весьма вероятно, имеет незначительное воздействие на глобальный климат*. Необходимо, видимо, также учесть изменения выбросов, связанных с их использованием в энергетике. (См. раздел 4 в отношении трактовки всесторонней оценки вариантов замены ОРВ.) [2.5]

На основе сценария обычной практики, разработанного в настоящем докладе, оцененное прямое радиационное воздействие ГФУ в 2015 г. составит $0,030 \text{ Вт/м}^2$; на основе сценариев из Специального доклада МГЭИК о сценариях выбросов (СРЕС) радиационное воздействие ПФУ⁹ в 2015 г. составит около $0,006 \text{ Вт/м}^2$. Эти радиационные воздействия ГФУ и ПФУ составляют соответственно примерно 1,0 и 0,2 % оцененных радиационных воздействий всех хорошо смешанных парниковых газов в 2015 г. при доле, приходящейся на ОРВ, составляющей примерно 10 %. Хотя настоящий доклад конкретно сосредоточен на сценариях на период до 2015 г., в нем также рассматриваются, но не подвергаются переоценке сценарии СРЕС МГЭИК на период после 2015 г. Эти сценарии СРЕС предполагают значительный рост радиационного воздействия от ГФУ в течение следующих десятилетий, но такие оценки, видимо, весьма неопределенны вследствие роста неопределенностей в технологической практике и политике. [1.5, 2.5 и 11.5]

Наблюдения и расчеты на моделях приводят к мысли, что глобальная средняя величина разрушения озонового слоя в настоящее время приблизительно стабилизировалась (см., например, рисунок РП-3). Хотя ожидается значительная изменчивость содержания озона от года к году, включая полярные регионы, где разрушения наиболее значительны, озоновый слой, как

ождается, начнет восстанавливаться в предстоящие десятилетия вследствие уменьшения концентраций ОРВ при условии полного выполнения требований Монреальского протокола. [1.2 и 1.4]

В долгосрочном плане предполагается увеличение выбросов других парниковых газов, которые все больше будут влиять на озоновый слой, охлаждая стратосферу и изменяя стратосферную циркуляцию. В результате эффекта похолодания и сокращения концентраций ОРВ содержание озона, *вероятно*, увеличится в большей части стратосферы, но может уменьшиться в некоторых регионах, включая Арктику. Тем не менее, влияние изменений в атмосферной циркуляции, связанных с изменением климата, может быть крупнее, чем эти факторы, и результирующее воздействие на суммарное содержание озона вследствие увеличения атмосферных концентраций парниковых газов в настоящее время не определено как по величине, так и по знаку. На основе действующих в настоящее время моделей арктическая «озоновая дыра», аналогичная той, которая в настоящее время наблюдается над Антарктикой, образуется с *весьма малой вероятностью*. [1.4]

Относительные будущие эффекты потепления и похолодания в результате выбросов ХФУ, ГХФУ, ГФУ, ПФУ и галонов варьируются в зависимости от срока жизни газов, химических свойств и времени выбросов (см. таблицу РП-1). Срок жизни в атмосфере колеблется примерно от одного года до двух десятилетий для большинства ГФУ и ГХФУ, от десятилетий до столетий для некоторых ГФУ и большинства галонов и ХФУ и от 1 000 до 50 000 лет для ПФУ. Прямые ПГП для галоидоуглеводородов имеют диапазон от 5 до более 10 000. Предполагается, что косвенное похолодание под влиянием ОРВ прекратится при восстановлении озонового слоя, поэтому ПГП, связанные с эффектами косвенного похолодания, зависят от года выброса, выполнения требований

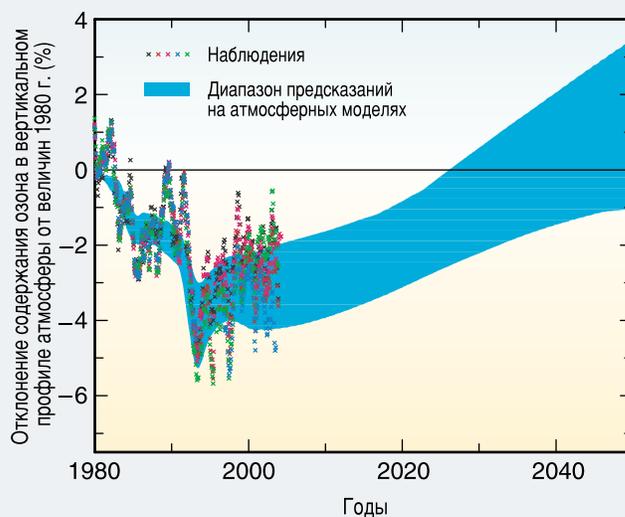


Рисунок РП-3. Наблюдаемые и смоделированные величины содержания озона в вертикальном профиле атмосферы в низких и средних широтах (60° ю. ш. — 60° с. ш.) в виде отклонения в процентах от величины 1980 г. [Блок 1.7]

¹¹ ПГП — это показатель, сравнивающий воздействие на климат импульсного выброса парникового газа по отношению к воздействию выброса того же количества CO_2 , интегрированного за фиксированный временной период.

Монреальского протокола и срока жизни газа. Эти косвенные ППП подвержены гораздо большим неопределенностям, чем прямые ППП. [1.5, 2.2 и 2.5]

2.3 Каковы последствия замены ОРВ для качества воздуха и других вопросов окружающей среды, относящихся к химии атмосферы?

Замена ОРВ в оборудовании кондиционирования воздуха, охлаждения и пенометания на ГФУ, ПФУ и другие газы, например углеводороды, не предполагает значительного воздействия на химию глобальной тропосферы. Малые, но не игнорируемые воздействия на качество воздуха могут произойти вблизи локализованных источников выбросов, и такие воздействия могут вызвать определенную озабоченность, например в районах, которые в настоящее время не удовлетворяют требованиям местных стандартов. [2.4 и 2.6]

Устойчивые продукты распада ГФУ и ГХФУ (такие как трифторуксусная кислота, ТФК) удаляются из атмосферы благодаря процессам осаждения и вымывания. Тем не менее, существующие исследования, посвященные оценке риска и мониторингу окружающей среды, указывают, что не ожидается, что это приведет к концентрациям в окружающей среде, способным вызвать значительный ущерб для экосистем. Измерения ТФК в морской воде показывают, что антропогенные источники ТФК имеют меньшие размеры, чем естественные источники, однако естественные источники не полностью определены. [2.4]

Таблица РП-1. ППП галоидоуглеводородов, сообщаемые в большинстве случаев согласно требованиям Монреальского протокола и РКИК ООН и ее Киотского протокола и оцененные в настоящем докладе по отношению к CO₂ за временной период 100 лет, а также их сроки жизни и ППП, используемые в сообщениях согласно РКИК ООН. Газы, показанные голубым цветом (более темный оттенок), охватываются в рамках Монреальского протокола, а газы, показанные желтым цветом (более светлый оттенок), охватываются в рамках РКИК ООН. [Таблицы 2.6 и 2.7]

Газ	ППП для прямого радиационного воздействия ^a	ППП для косвенного радиационного воздействия (Выбросы в 2005 г. ^b)	Срок жизни (годы)	Сообщение о ППП согласно РКИК ООН ^c
ХФУ				
ХФУ-12	10 720 ± 3 750	-1 920 ± 1 630	100	д. о. ^d
ХФУ-114	9 880 ± 3 460	Данные отсутствуют	300	д. о.
ХФУ-115	7 250 ± 2 540	Данные отсутствуют	1 700	д. о.
ХФУ-113	6 030 ± 2 110	-2 250 ± 1 890	85	д. о.
ХФУ-11	4 680 ± 1 640	-3 420 ± 2 710	45	д. о.
ГХФУ				
ГХФУ-142b	2 270 ± 800	-337 ± 237	17,9	д. о.
ГХФУ-22	1 780 ± 620	-269 ± 183	12	д. о.
ГХФУ-141b	713 ± 250	-631 ± 424	9,3	д. о.
ГХФУ-124	599 ± 210	-114 ± 76	5,8	д. о.
ГХФУ-225cb	586 ± 205	-148 ± 98	5,8	д. о.
ГХФУ-225ca	120 ± 42	-91 ± 60	1,9	д. о.
ГХФУ-123	76 ± 27	-82 ± 55	1,3	д. о.
ГФУ				
ГФУ-23	14 310 ± 5 000	~0	270	11 700
ГФУ-143a	4 400 ± 1 540	~0	52	3 800
ГФУ-125	3 450 ± 1 210	~0	29	2 800
ГФУ-227ea	3 140 ± 1 100	~0	34,2	2 900
ГФУ-43-10mee	1 610 ± 560	~0	15,9	1 300
ГФУ-134a	1 410 ± 490	~0	14	1 300
ГФУ-245fa	1 020 ± 360	~0	7,6	- ^e
ГФУ-365mfc	782 ± 270	~0	8,6	- ^e
ГФУ-32	670 ± 240	~0	4,9	650
ГФУ-152a	122 ± 43	~0	1,4	140
ПФУ				
C ₂ F ₆	12 010 ± 4 200	~0	10 000	9 200
C ₆ F ₁₄	9 140 ± 3 200	~0	3 200	7 400
CF ₄	5 820 ± 2 040	~0	50 000	6 500
Галоны				
Галон-1 301	7 030 ± 2 460	-32 900 ± 27 100	65	д. о.
Галон-1 211	1 860 ± 650	-28 200 ± 19 600	16	д. о.
Галон-2 402	1 620 ± 570	-43 100 ± 30 800	20	д. о.
Другие галоидоуглеводороды				
Четыреххлористый углерод (CCl ₄)	1 380 ± 480	-3 330 ± 2 460	26	д. о.
Метилхлороформ (CH ₃ CCl ₃)	144 ± 50	-610 ± 407	5,0	д. о.
Бромистый метил (CH ₃ Br)	5 ± 2	-1 610 ± 1 070	0,7	д. о.

^a Неопределенности ППП для прямого положительного радиационного воздействия берутся величиной ±35 % (два среднеквадратических отклонения) (МГЭИК, 2001).

^b Неопределенности ППП для косвенного отрицательного радиационного воздействия учитывают оцененную неопределенность во время восстановления озонового слоя, а также неопределенность отрицательного радиационного воздействия вследствие разрушения озона.

^c Руководящие принципы представления отчетности в рамках РКИК ООН используют величины ППП из Второго доклада об оценках МГЭИК (см. FCCC/SBSTA/2004/8, <http://unfccc.int/resource/docs/2004/sbsta/08.pdf>).

^d Д. о. — данные отсутствуют. ОРВ не охватываются положениями РКИК ООН.

^e Второй доклад об оценках МГЭИК не содержит величин ППП для ГФУ-245fa и ГФУ-365mfc. Однако руководящие принципы составления отчетности РКИК ООН содержат положения, относящиеся к отчетности о выбросах всех парниковых газов, для которых существуют величины ППП, оцененные МГЭИК.

3. Производство, банки и выбросы

3.1 Как производство, банки и выбросы связаны между собой в любом конкретном году?

Происходящие в настоящее время выбросы ОРВ и их заменителей в большой степени определяются историческим характером их использования. Для ХФУ и ГХФУ значительный вклад (сейчас и в предстоящие десятилетия) приходится на их соответствующие банки. Не существует обязательств по ограничению выбросов этих ХФУ и ГХФУ, регламентированных Монреальским протоколом либо РКИК ООН и ее Киотским протоколом, хотя некоторые страны применяют для этой цели эффективную национальную политику.

Банки представляют собой суммарные количества веществ, содержащихся в существующем оборудовании, на химических складах, в вспененных материалах и в другой продукции, еще не выпущенных в атмосферу (см. рисунок РП-1). Формирование банков (относительно новых применений ГФУ в отсутствие дополнительных мер по управлению банками будет также в значительной степени определять выбросы после 2015 г.

3.2 Что наблюдения за атмосферными концентрациями могут сообщить нам о банках и выбросах?

Наблюдения за атмосферными концентрациями в сочетании с данными о производстве и характере использования веществ могут указать на значительность банков, но не на их точные размеры.

Наиболее точные оценки выбросов ХФУ-11 и ХФУ-12 получены на основе наблюдений за атмосферными концентрациями. Эти выбросы в настоящее время превышают оцененные выпуски, связанные с текущим производством, указывая на то, что существенная часть этих выбросов происходит из банков, сформировавшихся в результате производства в прошлом. Наблюдения за атмосферными концентрациями показывают, что глобальные выбросы ГФУ-134а в настоящее время меньше сообщаемого производства, что означает, что этот банк увеличивается. Считается, что общее глобальное количество ГФУ-134а, находящееся в настоящее время в атмосфере, приблизительно равно количеству, содержащемуся в банках. [2.5 и 11.3.4]

В случае ХФУ-11 и некоторых других газов отсутствие информации о характере использования затрудняет оценку вклада в наблюдаемые выбросы со стороны текущего производства и использования. Требуется дополнительная работа в этой области для выяснения источников.

3.3 Каким предполагается развитие оцененных банков и выбросов в период 2002–2015 гг.?

Согласно оценке банков ХФУ, ГХФУ, ГФУ и ПФУ они содержат примерно 21 ГтСО₂-экв. в 2002 г.^{12, 13}. В сценарии обычной практики (ОП) предполагается, что банки будут сокращаться до приблизительно 18 ГтСО₂-экв. в 2015 г.¹⁴. [7, 11.3 и 11.5]

В 2002 г. банки ХФУ, ГХФУ и ГФУ содержали соответственно около 16, 4 и 1 ГтСО₂-экв. (прямой взвешенный по ППП) (см. рисунок РП-4). В 2015 г., согласно сценарию ОП, банки будут содержать соответственно около 8, 5 и 5 ГтСО₂-экв. Банки ПФУ, используемых в качестве замены ОРВ, содержали примерно 0,005 ГтСО₂-экв. в 2002 г.

Согласно перспективным оценкам банки ХФУ, связанные с холодильным оборудованием, стационарным кондиционированием воздуха (СКВ) и мобильным кондиционированием воздуха (МКВ)¹⁵, будут уменьшаться примерно от 6 до 1 ГтСО₂-экв. за период 2002–2015 гг., главным образом вследствие выпуска в атмосферу и частично вследствие рекуперации по уничтожению и окончании срока службы. Банки ХФУ в виде пен, согласно перспективным оценкам, будут уменьшаться гораздо медленнее за тот же период (с 10 до 7 ГтСО₂-экв.), отражая значительно более медленный выпуск хранимых в банках пенообразующих веществ из пен по сравнению с аналогичными по размерам банками хладагентов в секторах холодильного оборудования и кондиционирования воздуха.

Банки ГФУ начали формироваться лишь недавно и согласно перспективным оценкам достигнут примерно 5 ГтСО₂-экв. в 2015 г. В этой цифре банки ГФУ в пеноматериалах составят только 0,6 ГтСО₂-экв., но согласно перспективным оценкам будут далее увеличиваться после 2015 г.

Согласно перспективным оценкам по сценарию ОП суммарные прямые выбросы ХФУ, ГХФУ, ГФУ и ПФУ составят около 2,3 ГтСО₂-экв. в год к 2015 г. (в сравнении с около 2,5 ГтСО₂-экв. в год в 2002 г.). Выбросы ХФУ и ГХФУ вместе взятые сократятся с 2,1 (2002 г.) до 1,2 ГтСО₂-экв. в год (2015 г.), а выбросы ГФУ увеличатся с 0,4 (2002 г.) до 1,2 ГтСО₂-экв. в год (2015 г.)¹⁶. Выбросы ПФУ от использования заменителей ОРВ составляют 0,001 ГтСО₂-экв. в год (2002 г.) и согласно перспективным оценкам будут уменьшаться. [11.3 и 11.5]

На рисунке РП-4 показаны относительные доли секторов в глобальных прямых выбросах парниковых газов (ПГ), которые связаны с использованием ОРВ и их заменителей. На применение холодильного оборудования в сумме с СКВ и МКВ приходится основная масса глобальных

¹² Выбросы и банки парниковых газов (ПГ), выраженные в эквивалентах СО₂, используют ППП для прямого радиационного воздействия на 100-летний временной период. Если не указано иначе, используются новейшие научные величины для ППП, как оценено в данном докладе и представлено в таблице РП-1 (колонка «ППП для прямого радиационного воздействия»).

¹³ Галлоны вызывают гораздо более крупное негативное косвенное, чем позитивное прямое радиационное воздействие, и в интересах ясности их воздействия здесь не приводятся.

¹⁴ В перспективных оценках, согласно сценарию ОП, предполагается, что все существующие меры продолжают, включая Монреальский протокол (прекращение производства) и соответствующую национальную политику. Существующие тенденции в практике, внедрение альтернатив и коэффициенты выбросов сохраняются до 2015 г. Предполагается, что эффективность рекуперации по окончании срока службы не увеличится.

¹⁵ В данном резюме для политиков сектор «холодильное оборудование» включает бытовые, коммерческие, промышленные (включая обработку и хранение в замороженном виде пищевых продуктов) и транспортные холодильники. [4] «Стационарное кондиционирование воздуха (СКВ)» включает жилищно-бытовые и коммерческие кондиционеры воздуха и отопители. [5] К «мобильному кондиционированию воздуха (МКВ)» относятся кондиционеры в автомобилях, автобусах и пассажирских кабинах грузовиков.

¹⁶ Для этих величин выбросов используются новейшие научные значения для ППП (см. таблицу РП-1, вторая колонка — «ППП для прямого радиационного воздействия»). Если будут использоваться ППП РКИК ООН (таблица РП-1, последняя колонка — «Сообщение о ППП согласно РКИК ООН»), то сообщаемые выбросы ГФУ (выраженные в тоннах СО₂-экв.) будут ниже примерно на 15 %.

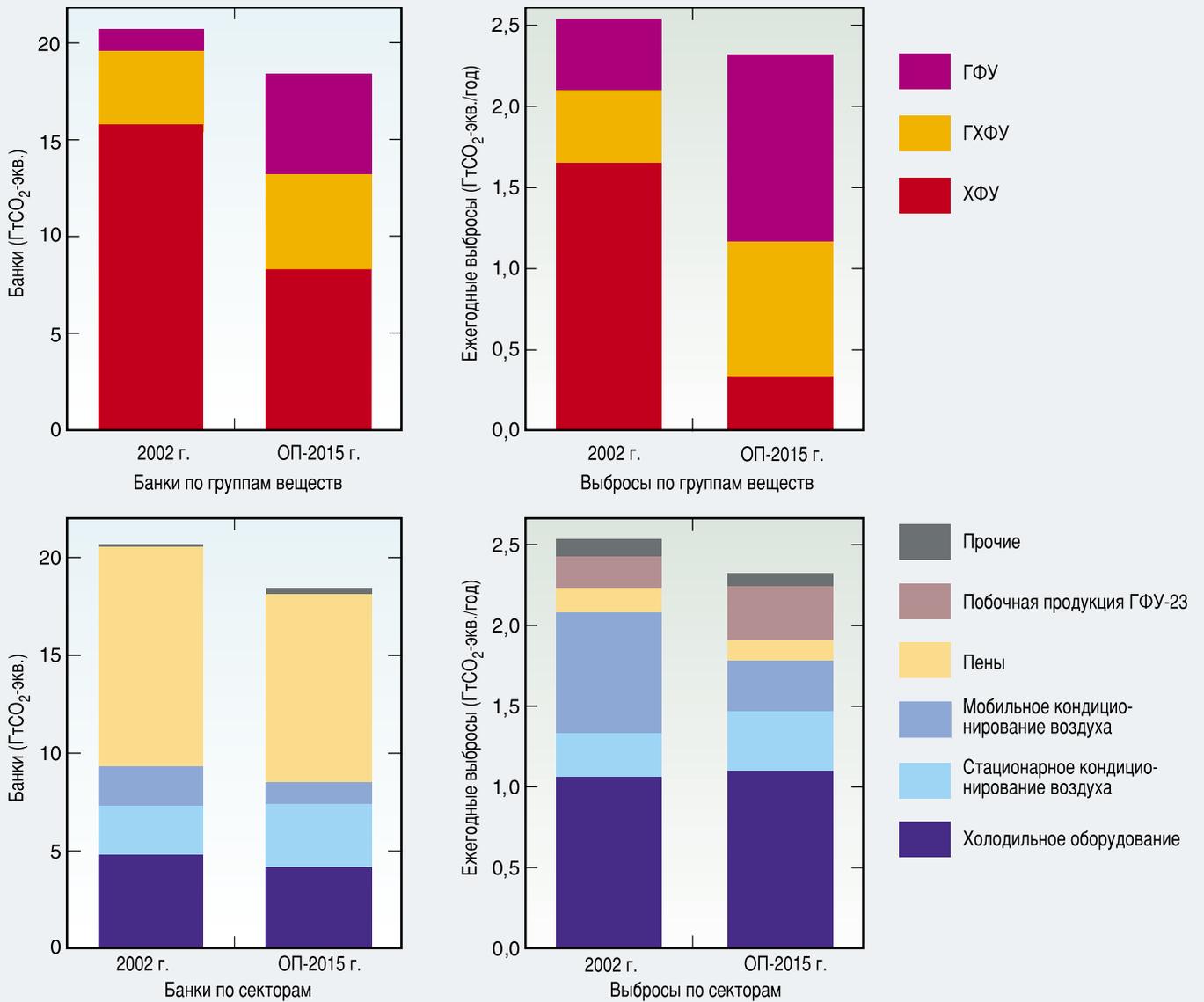


Рисунок РП-4. Исторические данные за 2002 г. и перспективные оценки на 2015 г., согласно сценарию обычной практики (ОП), банков парниковых газов в эквиваленте CO₂ (слева) и прямых ежегодных выбросов (справа) в связи с использованием ХФУ, ГХФУ и ГФУ. Разбивка по группам парниковых газов (вверху) и по секторам выброса (внизу). «Прочие» включают медицинские аэрозоли, противопожарную защиту, немедицинские аэрозоли и растворители. [11.3 и 11.5]

прямых выбросов ПГ, что соответствует более высоким темпам выбросов, связанных с банками хладагентов. Наибольшая часть выбросов ПГ от пенных веществ ожидается после 2015 г. в связи с тем, что большая часть выпуска произойдет в конце срока жизни.

При небольшом новом производстве суммарные банки ХФУ сократятся вследствие выпуска в атмосферу на этапе эксплуатации и удаления. В отсутствие дополнительных мер значительная часть банков ХФУ будет выброшена в атмосферу к 2015 г. Следовательно, ежегодные выбросы ХФУ, согласно перспективным оценкам, сократятся с 1,7 (2002 г.) до 0,3 ГтСО₂-экв. в год (2015 г.).

Выбросы ГХФУ, согласно перспективным оценкам, увеличатся с 0,4 (2002 г.) до 0,8 ГтСО₂-экв. в год (2015 г.) благодаря ожидаемому резкому увеличению их использования в (коммерческом) холодильном оборудовании и в СКВ.

Предполагаемое трехкратное увеличение выбросов ГФУ является результатом увеличившегося применения ГФУ в секторах холодильного оборудования, СКВ и МКВ и вследствие выбросов побочных продуктов ГФУ-23 в результате увеличившегося производства ГХФУ-22 (с 195 МтСО₂-экв. в год в 2002 г. до 330 МтСО₂-экв. в год в 2015 г., ОП).

Неопределенности в перспективных оценках выбросов значительны. Сравнение результатов атмосферных измерений с расчетами кадастров демонстрирует различия по группам веществ, составляющие порядка 10–25 %. Для отдельных газов эти различия могут быть значительно большими. Это вызывается невыявленными эмиссионными применениями некоторых веществ, не учитываемыми в расчетах кадастров, и неопределенностями в комплектах данных географического распределения используемого оборудования. [11.3.4]

Литература не позволяет оценить общие косвенные выбросы⁶ ПГ, связанные с потреблением энергии. По отдельным применениям величина косвенных выбросов ПГ на протяжении срока жизни может иметь диапазон от низкой до высокой, а для некоторых применений может достигать порядка величины, превышающей прямые выбросы ПГ. Это в значительной степени зависит от конкретного сектора и характеристик производства/применения, углеродоемкости потребляемого электричества и топлив в течение всего срока жизни данного применения, мер защиты на этапе использования и обработки в конце срока жизни веществ, хранимых в банке. [3.2, 4 и 5]

4. Варианты прекращения производства ОРВ и сокращения выбросов парниковых газов

4.1 Какие имеются крупные возможности для сокращения выбросов парниковых газов и как их можно оценить?

Сокращения прямых выбросов ПГ возможны для всех секторов, описанных в настоящем докладе, и могут быть достигнуты посредством:

- улучшения мер защиты от утечки веществ;
- уменьшения загрузки веществ в оборудовании;
- рекуперации и рециркуляции или уничтожения веществ по окончании срока жизни;
- повышения использования альтернативных веществ с сокращенным или пренебрежимо малым потенциалом глобального потепления; и
- беспропеллентных технологий¹⁷.

Всесторонняя оценка будет охватывать как прямые выбросы, так и косвенные выбросы, связанные с энергетикой, аспекты полного жизненного цикла, а также здоровья, безопасности и последствий для окружающей среды. Однако, вследствие ограниченности опубликованных данных и сравнительных анализов, таких всесторонних оценок в настоящее время почти не существует.

Методы определения технологических вариантов, которые имеют наивысший потенциал сокращения выбросов ПГ, учитывают как прямые выбросы галоидоуглеводородов или заменителей, так и косвенные выбросы, связанные с энергетикой, на протяжении полного жизненного цикла. Помимо этого, всесторонние методы¹⁸ оценивают широкий круг воздействий на окружающую среду. Существуют другие, более упрощенные, методы¹⁹ для оценки воздействий на протяжении жизненного цикла, которые, как правило, дают полезные показатели выбросов парниковых газов на протяжении жизненного цикла конкретного применения. Опубликовано сравнительно немного результатов транспарентных сравнений, применяющих эти методы. Выводы из этих сравнений во многом зависят от предположений о специфике применения и часто от параметров, определяющих специфику региона и конкретного времени (например ситуация с учетом конкретного участка, господствующего климата, характеристик энергетической системы). [3.5]

Сравнительные экономические анализы имеют важное значение для определения экономически эффективных вариантов сокращения. Однако они требуют единого комплекта методов и предположений (например методология ценообразования, временной период, дисконтная ставка, будущие экономические условия, границы системы). Разработка упрощенных стандартизованных методологий позволит проводить улучшенные сравнения в будущем. [3.3]

Риск воздействия на здоровье и безопасность можно оценить в большинстве случаев, используя стандартные методы. [3.4 и 3.5]

Выбросы ПГ, связанные с потреблением энергии, могут быть значительными на протяжении срока службы оборудования, рассматриваемого в настоящем докладе. Повышение эффективности использования энергии может, таким образом, привести к сокращению косвенных выбросов из этого оборудования в зависимости от используемого источника энергии и других обстоятельств и дает результирующее сокращение расходов, особенно в тех случаях, когда имеется длительный этап использования оборудования (например в холодильном оборудовании и СКВ).

Изученная литература не позволяет провести глобальной оценки этого потенциала сокращения, хотя некоторые типовые исследования на уровне технологии и страны иллюстрируют это положение.

Посредством применения существующей наилучшей практики²⁰ и методов рекуперации существует потенциал уменьшить наполовину (сокращение на 1,2 ГтСО₂-экв. в год) соответствующие сценарию ОП прямые выбросы заменителей ОРВ и их ПГ к 2015 г.²¹ Около 60 % этого потенциала приходится на выбросы ГФУ, 30 % — ГХФУ и 10 % — ХФУ.

Эти оценки основаны на сценарии смягчения последствий²², который применяет регионально-дифференцированные предположения о наилучшей практике при производстве, применении, замене, рекуперации и уничтожении этих веществ. Распределение по секторам показано на рисунке РП-5. [11.5]

¹⁷ Беспропеллентные технологии достигают той же цели продукта, но без использования галоидоуглеводородов, применяя, как правило, альтернативный подход или необычный метод. Среди примеров можно назвать использование твердого или распыляемого воздухом дезодоранта вместо аэрозольных дезодорантов с ХФУ-12; использование минеральной ваты вместо изолирующей пены с ХФУ, ГФУ или ГХФУ; или использование порошковых ингаляторов (ПИ) вместо дозирующих аэрозольных ингаляторов (ДАИ) с ХФУ или ГФУ.

¹⁸ Всесторонние методы, например оценка жизненного цикла (ОЖЦ), охватывают все фазы жизненного цикла для ряда категорий воздействия на окружающую среду. Соответствующие методологии подробно описаны в международных стандартах ИСО, т. е. ИСО 14040:1997, ИСО 14041:1998, ИСО 14042:2000 и ИСО 14043:2000.

¹⁹ Типичные упрощенные методы включают суммарное эквивалентное воздействие потепления (СЭВП), которое оценивает прямые и косвенные выбросы парниковых газов, связанные только лишь с фазой использования и удаления, и влияние на климат на протяжении жизненного цикла (ВКЖЦ), которое также включает прямые и косвенные выбросы парниковых газов в результате производства химически активных веществ.

²⁰ В настоящем докладе наилучшей практикой считается самая низкая достижимая величина выбросов галоидоуглеводородов на определенную дату, используя коммерчески апробированные технологии при производстве, применении, замене, рекуперации и уничтожении галоидоуглеводородов или галоидоуглеводородосодержащей продукции (конкретные цифры см. в таблице ТР-6).

²¹ Для сравнения, выбросы СО₂, связанные со сжиганием ископаемого топлива и производством цемента, составляли в 2000 г. около 24 ГтСО₂ в год.

²² Сценарий смягчения последствий, используемый в настоящем докладе, перспективно оценивает будущее до 2015 г. в отношении сокращения выбросов галоидоуглеводородов, основанных на регионально дифференцированных предположениях о наилучшей практике.

Из выбросов, связанных с банками, которые можно предотвратить в период до 2015 г., большую часть занимают применения в холодильном оборудовании, где темпы выбросов в рассматриваемый период, согласно сценарию ОП, гораздо более значительны, чем из пеноматериалов. При заблаговременных действиях, таких как рекуперация/уничтожение и улучшенные меры защиты, можно будет уловить большую часть выбросов из банков ХФУ.

4.2 Каковы потенциалы секторального сокращения выбросов в 2015 г. и каковы связанные с ними расходы?

В применениях в холодильном оборудовании прямые выбросы ПГ могут быть сокращены на 10–30 %. В целом для сектора холодильного оборудования сценарий смягчения последствий показывает общее сокращение прямых выбросов приблизительно на 490 МтСО₂-экв. в год к 2015 г., причем на коммерческое холодильное оборудование будет приходиться около 400 МтСО₂-экв. в год. Удельные расходы находятся в диапазоне от 10 до 300 долл. США/тСО₂-экв.^{23, 24}. За счет повышения эффективности энергетических систем можно также значительно сократить косвенные выбросы ПГ.

В целом по системам крупного универсального магазина можно добиться снижения до 60 % величин ВКЖЦ¹⁹ путем использования альтернативных хладагентов, улучшения мер защиты, распределенных систем, непрямых систем или каскадных систем. Удельные расходы по борьбе с выбросами хладагентов имеют диапазон для сектора коммерческого холодильного оборудования от 20 до 280 долл. США/тСО₂-экв.

В сфере обработки и холодильного хранения пищевых продуктов и в промышленном холодильном оборудовании прогнозируется увеличение использования аммиака в будущем с заменой ГХФУ-22 и ХФУ на ГФУ. Удельные расходы на сокращение выбросов хладагентов промышленного холодильного оборудования определены в диапазоне от 27 до 37 долл. США/тСО₂-экв. В транспортном холодильном оборудовании на коммерческой основе стали применяться альтернативы с более низким ППП, такие как аммиак, углеводороды или аммиак/двуокись углерода.

Потенциал сокращения выбросов в сфере бытового холодильного оборудования относительно невелик при удельных расходах в диапазоне от 0 до 130 долл. США/тСО₂-экв. Косвенные выбросы систем, использующих либо ГФУ-134а, либо УВ-600а (изобутан), преобладают в суммарных выбросах для различной углеродоемкости при производстве электроэнергии. Различие между ВКЖЦ¹⁹ для ГФУ-134а и системами с применением изобутана невелико, и рекуперация в конце срока службы при некотором увеличении расходов может дополнительно сократить величину этого различия. [4]

Прямые выбросы ПГ из оборудования бытового и коммерческого кондиционирования воздуха и отопления (СКВ) могут быть сокращены на величину около 200 МтСО₂-экв. в год к 2015 г. в соответствии со сценарием ОП. Удельные расходы находятся в диапазоне от -3 до 170 долл. США/тСО₂-экв.²³. В сочетании с повышением эффективности использования энергии этих систем, которое сокращает косвенные выбросы ПГ, во многих случаях извлекается суммарная финансовая выгода. Возможности для сокращения прямых выбросов ПГ (т. е. хладагент) можно изыскать: (i) в более эффективной рекуперации хладагента в конце срока службы (в сценарии смягчения последствий это сокращение

Рисунок РП-5. Потенциалы сокращения по секторам прямых выбросов ХФУ, ГХФУ и ГФУ в 2015 г. по сравнению с перспективными оценками согласно сценарию ОП. Потенциал общего сокращения равен приблизительно половине (1,2 ГтСО₂-экв. в год) прямых выбросов ПГ, соответствующих ОП.



²³ Представленные данные о расходах относятся исключительно к сокращениям прямых выбросов. Принимая во внимание повышение эффективности использования энергии, это может привести даже к суммарным отрицательным удельным расходам (экономия).

²⁴ Расходы в данном докладе даются по курсу доллара США 2002 г., если не указано иначе.

оценивается величиной в 50 и 80 % соответственно для развивающихся и развитых стран); (ii) сокращении загрузки хладагентом (до 20 %); (iii) улучшении мер защиты и (iv) использовании хладагентов с уменьшенными или пренебрежимо малыми ППП в соответствующих применениях.

Улучшение целостности ограждающих конструкций зданий (сокращение притока или потери тепла) может оказать значительное воздействие на косвенные выбросы.

Смеси ГФУ и углеводородов (УВ) (для небольших систем) используются в качестве альтернатив для ГХФУ-22 в развитых странах. Для тех применений, где УВ могут использоваться безопасно, эффективность энергетике сопоставима с хладагентами на основе фторуглеродов. Будущие технические достижения могут сократить загрузку хладагента, расширив применимость УВ. [5]

В сфере мобильного кондиционирования воздуха потенциал сокращения в 180 МтСО₂-экв. в год к 2015 г. может быть достигнут при расходах от 20 до 250 долл. США/тСО₂-экв.²³. Удельные расходы различаются по регионам и в зависимости от принятого решения.

Улучшенные меры защиты и рекуперация в конце срока службы (как ХФУ-12, так и ГФУ-134а) и рециркуляция (ГФУ-134а) могут сократить прямые выбросы ПГ на величину до 50 % и суммарные выбросы ПГ (прямые и косвенные) на единицу МКВ — на 30–40 %, принося финансовую выгоду владельцам автотранспорта. Вероятно, выйдут на рынок новые системы, использующие СО₂ либо ГФУ-152а с эквивалентным ВКЖЦ, что приведет к суммарному сокращению выбросов ПГ от таких систем в размере от 50 до 70 % в 2015 г. при оцениваемых дополнительных удельных расходах в 50–180 долл. США на автомобиль.

Углеводороды и углеводородные смеси, которые использовались в ограниченных масштабах, обладают надлежащими термодинамическими свойствами и позволяют повысить эффективность использования энергии. Однако вопросы безопасности и ответственности, поставленные производителями и поставщиками автомобилей, ограничивают возможное использование углеводородов в новых автомобилях. [6.4.4]

Вследствие длительной продолжительности жизни большинства применений пены к 2015 г. предполагается ограниченное сокращение выбросов в 15–20 МтСО₂-экв. в год при удельных расходах в диапазоне от 10 до 100 долл. США/тСО₂-экв.²³. Потенциал сокращения выбросов будет возрастать в последующие десятилетия.

Некоторые краткосрочные меры по сокращению выбросов, такие как запланированное исключение использования ГФУ в эмиссионных однокомпонентных пенах в Европе, уже действуют и считаются частью сценария ОП. В секторе пенных материалов существуют еще две ключевые области потенциального сокращения выбросов. Первая состоит в потенциальном сокращении использования галоидоуглеводородов во вновь производимых пенных материалах. Однако как расширенное использование смесей, так и будущее прекращение использования фторуглеродов зависят от будущего развития технологии и признания рынком. Меры по сокращению использования ГФУ на 50 % между 2010 и 2015 гг. приведут в результате к сокращению выбросов примерно на 10 МтСО₂-экв. в год при удельных расходах в 15–100 долл. США/тСО₂-экв. с дальнейшим последующим сокращением²³.

Вторую благоприятную возможность для сокращения выбросов можно найти во всемирных банках галоидоуглеводородов, содержащихся в изолирующих пенных материалах в существующих

зданиях и оборудовании (примерно 9 и 1 ГтСО₂-экв. соответственно для ХФУ и ГХФУ в 2002 г.). Хотя эффективность рекуперации еще предстоит доказать и к настоящему времени накоплен небольшой опыт, особенно в секторе строительства, тем не менее коммерческие операции уже рекуперировать галоидоуглеводороды из бытового оборудования при расходах от 10 до 50 долл. США/тСО₂-экв.²³. Сокращения выбросов могут достигнуть 7 МтСО₂-экв. в год в 2015 г. Однако этот потенциал может значительно увеличиться в период между 2030 и 2050 гг., когда будет прекращено применение больших количеств изоляционных пенных материалов в строительстве. [7]

Потенциал сокращения выбросов от медицинских аэрозолей ограничен вследствие медицинских соображений, относительно низкого уровня выбросов и высокой стоимости альтернатив.

Крупным вкладом (14 МтСО₂-экв. в год к 2015 г. по сравнению с выбросами в 40 МтСО₂-экв. в год согласно сценарию ОП) в сокращении выбросов ПГ для дозирующих аэрозольных ингаляторов (ДАИ) будет завершение перехода от ХФУ к ГФУ в ДАИ за пределами того, что уже предполагается согласно сценарию ОП. Здоровье и безопасность пациента имеет первостепенную важность при принятии решений о лечении, и существуют значительные медицинские соображения, ограничивающие использование ГФУ в ДАИ. Если сальбутамол в ДАИ (приблизительно 50 % суммарного наполнения ДАИ) будет заменен на порошковую ингаляцию (что не предполагается в сценарии смягчения последствий), это приведет в результате к ежегодному сокращению выбросов примерно на 10 МтСО₂-экв. в год к 2015 г. с предполагаемыми расходами в диапазоне от 150 до 300 долл. США/тСО₂-экв. [8]

В сфере противопожарной защиты потенциал сокращения к 2015 г. невелик вследствие относительно низкого уровня выбросов, значительного изменения ассортимента изделий в сторону беспропеллентных альтернатив в прошлом и длительных процедур внедрения нового оборудования. Прямые выбросы ПГ для этого сектора оцениваются величиной приблизительно в 5 МтСО₂-экв. в год к 2015 г. (сценарий ОП). Семьдесят пять процентов первоначального применения галонов перешло на агенты, которые не влияют на климат. Четыре процента первоначального применения галонов продолжают использовать галоны. Оставшийся 21 % перешел на использование ГФУ с небольшим количеством применений, перешедших на ГХФУ и ПФУ. ПФУ больше не нужны для новых стационарных систем и ограничены использованием в качестве пропеллента в смесях агентов переносных огнетушителей одной фирмы-изготовителя. Вследствие продолжительного процесса испытаний, утверждения и признания рынком новых типов и агентов противопожарной защиты, никакие дополнительные варианты, вероятно, не окажут ощутимых воздействий к 2015 г. С внедрением в 2002 г. фторкетона (ФК) в этом секторе до 2015 г. возможны дополнительные сокращения при повышенных расходах. В настоящее время эти сокращения оцениваются как небольшие по сравнению с другими секторами. [9]

Для немедицинских аэрозолей и растворителей имеется несколько благоприятных возможностей для сокращения, но потенциалы сокращения, вероятно, будут достаточно небольшими, поскольку большинство остающихся пользователей важным считают эффективность или безопасность. Перспективные оценки выбросов согласно сценарию ОП к 2015 г. в отношении растворителей и аэрозолей составляют около 14 и 23 МтСО₂-экв. в год соответственно. Замена ГФУ-134а на ГФУ-152а в технических распылителях аэрозолей является ведущим вариантом для сокращения выбросов ПГ. Для агентов чистки контактов и освобождения литейных форм пластмасс благоприятную возможность открывает замена ГХФУ на гидрофторэфиры (ГФЭ) и ГФУ с

более низкими ППП. Некоторые страны запретили использование ГФУ в косметических товарах, товарах повседневного спроса и новой аэрозольной продукции, хотя ГФУ-134a продолжает использоваться во многих странах по соображениям безопасности.

Во многих применениях разнообразные органические растворители могут заменить ГФУ, ПФУ и ОРВ. Эти альтернативные жидкости включают соединения с низким ППП, такие как традиционные хлорированные растворители, ГФЭ, УВ и кислородосодержащие растворители. Многие беспропеллентные технологии, включая безочистные процессы и процессы водной очистки, также являются жизнеспособными альтернативами. [10]

Уничтожение побочных выбросов ГФУ-23 от производства ГХФУ-22 имеет потенциал сокращения до 300 МтСО₂-экв. в год к 2015 г. и удельные расходы ниже 0,2 долл. США/тСО₂-экв. согласно двум европейским исследованиям, проведенным в 2000 г. Сокращение производства ГХФУ-22 под влиянием рыночных сил или национальной политики, или усовершенствований в схеме и конструкции аппаратуры также может привести к сокращению выбросов ГФУ-23. [10.4]

4.3 Какие существуют политика, меры и рычаги?

Внедрены различные политика, меры и рычаги для сокращения использования или выбросов ОРВ и их заменителей, таких как ГФУ и ПФУ. Сюда входят, как правило, регламентирование, экономические рычаги, добровольные соглашения и международное сотрудничество. Кроме того, общая политика в отношении энергетики или климата затрагивает косвенные выбросы ПГ от применений ОРВ, их заменителей или беспропеллентных альтернатив.

Настоящий доклад содержит информацию о применяемых в некоторых странах (главным образом развитых) политике и подходах по сокращению использования или выбросов ОРВ и их заменителей. Эти соответствующие политика и подходы включают:

- регламентирование (например стандарты технических характеристик, сертификация, ограничения, утилизация в конце срока службы);
- экономические рычаги (например налогообложение, торговля выбросами, финансовые стимулы и возмещение депозитов);

- добровольные соглашения (например добровольные сокращения использования и выбросов, промышленные партнерства и осуществление руководящих принципов эффективной практики);
- международное сотрудничество (например механизм чистого развития).

Следует отметить, что политические соображения зависят от конкретных применений, национальных условий и других факторов.

4.4 Что можно сказать о наличии ГФУ/ПФУ для использования в развивающихся странах в будущем?

Не имеется никаких опубликованных данных, чтобы перспективно оценить будущие объемы производства этих веществ. Однако, поскольку не существует технических или юридических ограничений для производства ГФУ и ПФУ, можно предположить, что глобальный объем производства в целом будет продолжать удовлетворять или превышать запросы. Поэтому будущее производство оценивается в настоящем докладе посредством суммирования запросов по секторам.

В сценарии ОП предполагается рост глобального объема производства за счет пополнений, происходящих главным образом в развивающихся странах и по линии совместных предприятий. Глобальный объем производства ГФУ и ПФУ чаще всего превышает текущие запросы. Существует ряд предприятий по производству ГФУ-134a в развитых странах и одно предприятие в развивающейся стране, причем планируется создание и других; несколько предприятий по производству иных ГФУ почти исключительно находятся в развитых странах. Предложенное Европейским сообществом прекращение использования ГФУ-134a в мобильных кондиционерах воздуха в новых автомобилях и добровольная программа по сокращению выбросов ГФУ-134a на 50 % в промышленности скажутся на запросах и объемах производства этого вещества и конечной продукции. Быстро разрастающиеся рынки в развивающихся странах, в частности веществ, заменяющих ХФУ, требуют создания новых мощностей по производству фторированных газов, что в настоящее время удовлетворяется посредством увеличения объема производства ГХФУ-22 и 141b. [11]

Специальный доклад МГЭИК/ТЕАП

Охрана озонового слоя и глобальной климатической системы: вопросы, связанные с гидрофторуглеродами и перфторуглеродами

Техническое резюме

Координирующие ведущие авторы

Дэвид де Йагер (Нидерланды), Мартин Маннинг (США), Ламберт Кейперс (Нидерланды)

Ведущие авторы

Стивен О. Андерсен (США), Поль Эшфорд (СК), Поль Аткинс (США), Ник Кэмпбелл (Франция), Дэни Клодик (Франция), Сукумар Девотта (Индия), Дэйв Кодуин (США), Йохан Харниш (Германия), Малькольм Ко (США), Сюзанн Кокчи (США), Саша Мадронич (США), Берт Метц (Нидерланды), Лео Мейер (Нидерланды), Жозе Роберту Морейра (Бразилия), Джон Оуэнс (США), Роберту Пейшото (Бразилия), Хосе Понс (Венесуэла), Джон Пайл (СК), Сэлли Рэнд (США), Раджендра Шенде (Индия), Теодор Шеферд (Канада), Стефан Сикарс (Канада), Сьюзан Соломон (США), Гююс Вельдерс (Нидерланды), Дан Вердоник (США), Роберт Уикхэм (США), Эшли Вудкок (СК), Поль Райт (СК) и Масааки Ямабе (Япония)

Редакторы-рецензенты

Огунладе Дэвидсон (Сьерра-Леоне), Мак Макфарлэнд (США), Полин Мидглей (Германия)

1. Введение

Этот Специальный доклад МГЭИК составлен в ответ на предложение *Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата* (РКИК ООН)¹ и *Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой*², подготовить сбалансированный научно-технический и политический доклад относительно альтернатив **озоноразрушающим веществам**³ (ОРВ), которые влияют на глобальную климатическую систему. Он готовился МГЭИК и Группой по техническому обзору и экономической оценке (ТЕАП) Монреальского протокола.

Поскольку ОРВ вызывают разрушение стратосферного озонового слоя⁴, их производство и потребление контролируются положениями Монреальского протокола и, следовательно, от них постепенно отказываются, при этом усилия предпринимаются как развитыми, так и развивающимися странами-участницами Монреальского протокола. Как ОРВ, так и ряд их заменителей являются **парниковыми газами** (ПГ), которые способствуют **изменению климата** (см. рисунок ТР-1). Некоторые заменители ОРВ, в частности **гидрофторуглероды** (ГФУ) и **перфторуглероды** (ПФУ), охватываются положениями РКИК ООН и ее Киотского протокола. Варианты, выбранные для охраны озонового слоя, могут повлиять на изменение климата. Изменение климата может также косвенно повлиять на озоновый слой.

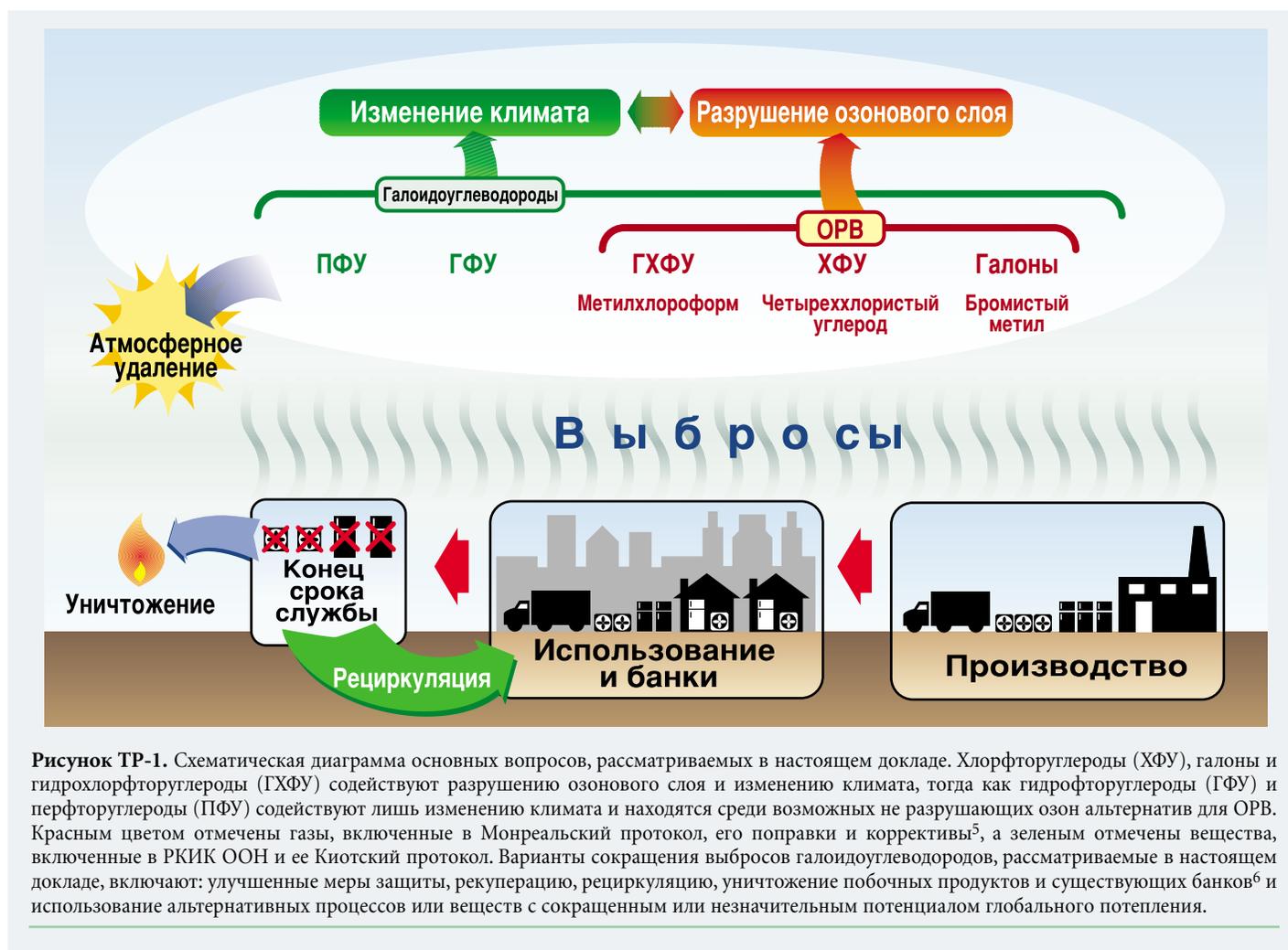


Рисунок ТР-1. Схематическая диаграмма основных вопросов, рассматриваемых в настоящем докладе. Хлорфторуглероды (ХФУ), галоны и гидрохлорфторуглероды (ГХФУ) содействуют разрушению озонового слоя и изменению климата, тогда как гидрофторуглероды (ГФУ) и перфторуглероды (ПФУ) содействуют лишь изменению климата и находятся среди возможных не разрушающих озон альтернатив для ОРВ. Красным цветом отмечены газы, включенные в Монреальский протокол, его поправки и коррективы⁵, а зеленым отмечены вещества, включенные в РКИК ООН и ее Киотский протокол. Варианты сокращения выбросов галоидоуглеводородов, рассматриваемые в настоящем докладе, включают: улучшенные меры защиты, рекуперацию, рециркуляцию, уничтожение побочных продуктов и существующих банков⁶ и использование альтернативных процессов или веществ с сокращенным или незначительным потенциалом глобального потепления.

¹ Решение 12/CP.8, FCCC/CP/2002/7/Add.1, с. 44.

² Решение XIV/10 UNEP/OzL.Pro.14/9, с. 154.

³ Термины, определенные в глоссарии, выделяются цветным шрифтом, когда они первый раз используются в этом Техническом резюме.

⁴ Озон в данном докладе означает стратосферный озон, если не указано иное.

⁵ В дальнейшем именуется Монреальским протоколом.

⁶ Банками являются суммарные количества веществ, содержащихся в существующем оборудовании, на химических складах, в вспененных материалах и в другой продукции, еще не выпущенных в атмосферу.

В этом докладе рассматриваются воздействия суммарных выбросов ОРВ и их заменителей на климатическую систему и озоновый слой. В частности, в нем дается контекст для понимания того, каким образом варианты замены могут сказаться на глобальном потеплении. В докладе не ставится задача всеобъемлющего охвата последствий вариантов замены для озонового слоя.

Для замены **хлорфторуглеродов** (ХФУ) в нескольких применениях использовались **гидрохлорфторуглероды** (ГХФУ), поскольку у них более короткий срок жизни в атмосфере и, соответственно, они в меньшей степени **разрушают озон**. В качестве потенциальных долгосрочных заменителей ОРВ были определены ГФУ и ПФУ, поскольку они не содержат ни брома, ни хлора и не вызывают какого-либо существенного разрушения озона. В то же время, все эти виды также являются ПП и, таким образом, в различных степенях способствуют изменению климата. Дополнительные альтернативы для использования **галоидоуглеводородов** включают аммиак и органические вещества, прямые выбросы которых оказывают весьма небольшое воздействие на климат, хотя косвенные выбросы могут быть значительными.

В докладе рассматриваются, в разбивке по секторам, варианты сокращения выбросов галоидоуглеводородов, варианты, предусматривающие использование альтернативных веществ, а также технологии для достижения сокращения выбросов парниковых газов. В нем рассматриваются выбросы ГФУ и ПФУ, поскольку они связаны с заменой ОРВ. Не рассматриваются выбросы ГФУ и ПФУ при производстве алюминия и полупроводников или в других секторах, не связанных с заменой ОРВ.

Основные сектора применения, использующие ОРВ и заменяющие их ГФУ/ПФУ, включают холодильное оборудование, кондиционирование воздуха, вспененные материалы, **аэрозоли**, противопожарную защиту и **растворители**. Выбросы этих веществ происходят при производстве и при любых ненамеренных выпусках побочных продуктов, намеренных эмиссионных применениях, испарении и утечке из **банков**, содержащихся в оборудовании и продукции, во время использования, испытания и технического обслуживания, а также при операциях по снятию с эксплуатации.

В отношении конкретных вариантов сокращения выбросов, доклад в целом ограничивает свой охват периодом до 2015 г., по которому имеется авторитетная литература о вариантах замены со значительным рыночным потенциалом для этих быстро развивающихся секторов. Рассматриваются технические характеристики, потенциальные методологии оценки и косвенные выбросы⁷, связанные с использованием энергии, а также вопросы стоимости, здоровья и безопасности человека, последствий для качества воздуха и наличия в будущем.

В Техническом резюме (ТР) сводится воедино ключевая информация из основного доклада и в определенной мере повторяется структура доклада, который состоит из трех частей. В первой части описываются научные основы взаимовлияния разрушения стратосферного озона и изменения климата и приводится соответствующая информация о **радиационном воздействии**, наблюдениях за изменениями в воздействующих агентах и выбросах (раздел 2 ТР). В ней рассматривается то, каким образом постепенный отказ от ОРВ сказывается как на стратосферном озоне, так и на изменении климата, а также последствия для качества воздуха и местных экологических проблем. В докладе не ставится задача охватить по ширине и глубине другие специализированные оценки разрушения озона и изменения климата, а скорее дать оценку соответствующих взаимодействий между двумя экологическими вопросами, имеющими отношение к рассмотрению вариантов замены.

Во второй части дается оценка вариантов замены ОРВ, включая вопросы окружающей среды, здоровья, безопасности, наличия и технических характеристик (разделы 3 и 4 ТР). В докладе содержится оценка практики и альтернативных технологий по уменьшению выбросов и чистых последствий для потепления в рамках каждого сектора использования, включая рассмотрение процесса совершенствования в применениях, повышение **эффективности мер защиты**, **рекуперацию** после окончания срока эксплуатации, **рециркуляцию**, удаление и **уничтожение**, а также соответствующую политику и меры.

Третья часть доклада охватывает вопросы предложения и спроса. В докладе сводится воедино имеющаяся информация о выбросах из различных секторов и регионов и рассматривается баланс между предложением и спросом, учитывая те вопросы, которые имеют отношение к развивающимся странам (раздел 3.8 в ТР).

⁷ Следует отметить, что лицами, представляющими информацию для национальных кадастров, термин «косвенные выбросы» используется для конкретной ссылки на те выбросы парниковых газов, которые образуются в результате распада другого вещества в окружающей среде. Это отличается от использования данного термина в настоящем докладе, в котором делается конкретная ссылка на выбросы CO₂ в результате использования энергии, связанные с такими подходами к оценке на протяжении жизненного цикла (ОЖЦ), как суммарное эквивалентное воздействие потепления (СЭВП) или влияние на климат на протяжении жизненного цикла (ВКЖЦ).

2. Галоидоуглеводороды, разрушение озона и изменение климата

2.1 Каким образом ХФУ и их заменители способствуют радиационному воздействию на климатическую систему?

Многие галоидоуглеводороды, включая ХФУ, ПФУ, ГФУ и ГХФУ, являются эффективными ПГ, поскольку они поглощают идущее от Земли инфракрасное излучение в спектральном диапазоне, в котором энергия не забирается CO_2 или водяным паром (иногда именуется *атмосферным окном*, см. рисунок ТР-2). Молекулы галоидоуглеводородов могут быть во много тысяч раз более эффективными с точки зрения поглощения излучаемой энергии, исходящей от Земли, по сравнению с молекулой CO_2 , и малые количества этих газов могут в значительной мере способствовать радиационному воздействию⁸ на климатическую систему. [1.1]⁹

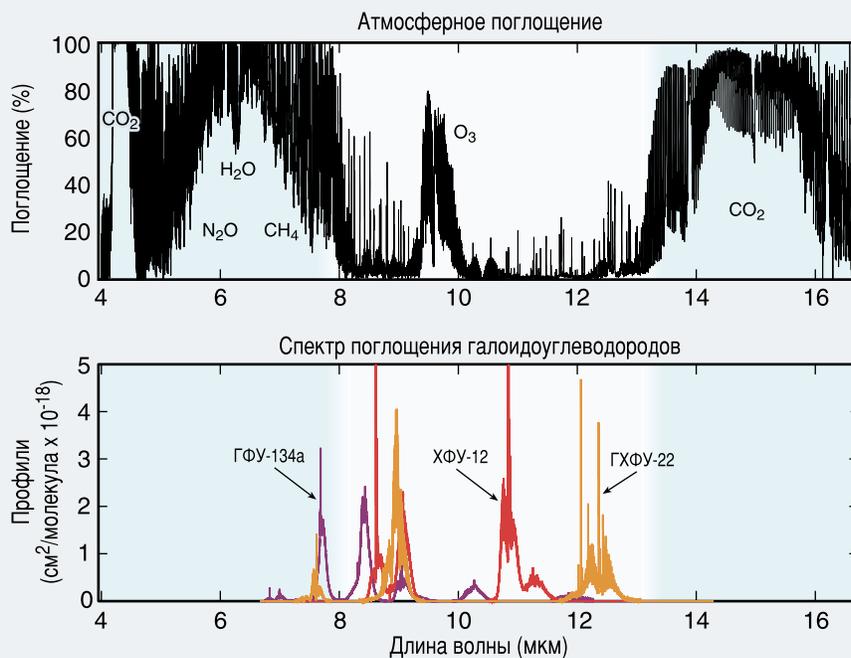
Радиационные КПД ($\text{Вт}/\text{м}^2/\text{ppb}$) для галоидоуглеводородов и других хорошо смешанных ПГ, информация о которых представляется в соответствии с Монреальским и Киотским протоколами, приводится в таблице ТР-1. Для большинства

рассматриваемых в настоящем документе видов величина прямого радиационного воздействия, создаваемого газом, приводится в виде производного его коэффициента смеси (в частях на 1 млрд, ppb) и радиационного КПД. Для более распространенных парниковых газов — CO_2 , метана и закиси азота — существует нелинейное отношение между коэффициентом смеси и радиационным воздействием. [1.1]

Первичное радиационное воздействие CO_2 и водяного пара заключается в потеплении приземного климата при одновременном охлаждении *стратосферы*. В то же время из-за их поглощения в «атмосферном окне» прямое радиационное воздействие галоидоуглеводородов заключается в потеплении как *тропосферы*, так и стратосферы. [1.2 и блок 1.4]

Помимо их прямого воздействия на климат, некоторые газы оказывают косвенное воздействие либо в результате радиационного воздействия, вызванного продуктами их распада, либо в результате их воздействий на химию атмосферы. Галоидоуглеводороды, содержащие хлор и бром, являются ОРВ, а поскольку *озон* — это сильный поглотитель УФ-излучения, они оказывают косвенное охлаждающее воздействие, которое

Рисунок ТР-2. Верхняя часть: инфракрасное атмосферное поглощение (0 показывает отсутствие какого-либо поглощения, а 100 % показывают полное поглощение радиации), определенное при помощи измерений радиации с космического спутника ИМГ/АДЕОС (3 апреля 1997 г., 9,5° з. д., 38,4° с. ш.). Нижняя часть: профили поглощения для галоидоуглеводородов (ГХФУ-22, ХФУ-12, ГФУ-134а) в инфракрасном атмосферном окне, которое располагается между почти непрозрачными районами из-за сильных поглощений, вызванных CO_2 , H_2O , O_3 , CH_4 и N_2O . [Рисунок 2.6]



⁸ Радиационное воздействие является мерой того влияния, которое определенный фактор оказывает на изменение баланса приходящей и уходящей энергии в системе Земля-атмосфера, и служит показателем значения этого фактора как потенциального механизма изменения климата. Оно выражается в ваттах на квадратный метр ($\text{Вт}/\text{м}^2$). Парниковый газ вызывает прямое радиационное воздействие в результате поглощения и излучения радиации и может вызвать косвенное радиационное воздействие в результате химических взаимодействий, которые влияют на другие парниковые газы или частицы.

⁹ Цифры в квадратных скобках указывают разделы в основном докладе, в которых можно найти базовый материал и ссылки на данный пункт.

Таблица ТР-1. Радиационные коэффициенты, сроки жизни и позитивное прямое радиационное воздействие для хорошо смешанных ПГ и галоидоуглеводородов, информация о которых обычно сообщается согласно Монреальскому и Киотскому протоколам, вследствие увеличений их выбросов в периоды 1750–2000 гг. и 1970–2000 гг. Подробности см. в разделе 1.1, особенно таблицу 1.1, и в разделе 2.2, особенно таблицу 2.6.

Вид газа	Радиационный коэффициент (Вт/м ² /ppb)	Срок жизни (годы)	Радиационное воздействие (Вт/м ²)	
			1750–2000 гг.	1970–2000 гг.
CO ₂	1,55 × 10 ⁻⁵ a	_b	1,50	0,67
CH ₄	3,7 × 10 ⁻⁴	12 ^c	0,49	0,13
N ₂ O	3,1 × 10 ⁻³	114 ^c	0,15	0,068
ХФУ-11	0,25	45	0,066	0,053
ХФУ-12	0,32	100	0,173	0,136
ХФУ-113	0,3	85	0,025	0,023
ХФУ-114	0,31	300	0,005	0,003
ХФУ-115	0,18	1 700	0,002	0,002
ГХФУ-22	0,20	12	0,0283	0,0263
ГХФУ-123	0,14	1,3	0,0000	0,0000
ГХФУ-124	0,22	5,8	0,0003	0,0003
ГХФУ-141b	0,14	9,3	0,0018	0,0018
ГХФУ-142b	0,2	17,9	0,0024	0,0024
ГХФУ-225ca	0,2	1,9	0,0000	0,0000
ГХФУ-225cb	0,32	5,8	0,0000	0,0000
ГФУ-23	0,19	270	0,0029	0,0029
ГФУ-32	0,11	4,9	0,0000	0,0000
ГФУ-125	0,23	29	0,0003	0,0003
ГФУ-134a	0,16	14	0,0024	0,0024
ГФУ-152a	0,09	1,4	0,0002	0,0002
ГФУ-227ea	0,26	34,2	0,0000	0,0000
Галон-1211	0,3	16	0,0012	0,0012
Галон-1301	0,32	65	0,0009	0,0009
Галон-2402	0,33	20	0,0001	0,0001
CCl ₄	0,13	26	0,0127	0,0029
CH ₃ Br	0,01	0,7	0,0001	0,0000
CH ₃ CCl ₃	0,06	5	0,0028	0,0018
CF ₄	0,08	50 000	0,0029	0,0029
C ₂ F ₆	0,26	10 000	0,0006	0,0006
C ₃ F ₈	0,26	2 600	0,0001	0,0001
Этан	0,0032	0,21	–	–
Пентан	0,0046	0,010	–	–

ПРИМЕЧАНИЯ:

^a Радиационный коэффициент CO₂ уменьшается по мере увеличения его концентрации.

^b Удаление CO₂ из атмосферы связано со многими разными процессами, и его показатель невозможно точно выразить при помощи единственного срока жизни. В то же время, согласно оценкам моделей цикла углерода, 30–50 % выбросов CO₂ обычно сохраняются в атмосфере в течение более 100 лет.

^c Сроки жизни CH₄ и N₂O включают косвенные воздействия выброса каждого газа на свой собственный срок жизни.

характеризуется значительной величиной по сравнению с их прямым эффектом потепления. Для углеводородов косвенные воздействия, связанные с образованием тропосферного озона, могут быть значительно большими по сравнению с прямыми воздействиями. [1.1, 1.5, блоки 1.3, 2.2 и 2.5]

2.2 Как долго ХФУ и их заменители остаются в атмосфере после их выброса?

Газы с большей продолжительностью срока жизни остаются в атмосфере и соответственно могут влиять на климат в течение более долгого периода времени. Сроки жизни нескольких

галоидоуглеводородов и видов заменителей приводятся в таблице ТР-1. Большинство ХФУ удаляются из атмосферы во временные диапазоны от порядка 50 до 100 лет. За исключением ГФУ-23, время жизни которого составляет 270 лет, ГХФУ и ГФУ эффективно удаляются в тропосфере в результате процессов окисления в химии атмосферы. Вследствие этого время их жизни находится в диапазоне приблизительно от одного года до нескольких десятилетий. ПФУ представляют собой весьма инертные молекулы, и их выбросы способствуют потеплению климатической системы во временных масштабах, которые могут превышать 1 000 лет. [2.2]

Многие газы, состоящие из галоидоуглеводородов, обладают настолько продолжительным временем жизни, что они перемешиваются в атмосфере до их разрушения. Поэтому они обладают почти постоянными коэффициентами смешивания по всей тропосфере. В отличие от них аммиак и органические соединения имеют продолжительность жизни, которая обычно находится в диапазоне от дней до недель, в связи с чем их распределения характеризуются переменными величинами как с точки зрения пространства, так и времени. [2.2]

2.3 Каким образом меняются атмосферные концентрации и выбросы ХФУ, галонов, ГХФУ, ГФУ и ПФУ?

Атмосферные наблюдения, как видно, например, на рисунке ТР-3, показывают, что глобальные концентрации ХФУ значительно увеличились в период с 1970-х по 1990-е годы, и поэтому их вклады в радиационное воздействие увеличились главным

образом в этот период, в то время как в настоящее время происходит увеличение концентраций их заменителей. Наиболее распространенным ГХФУ является ГХФУ-22, концентрация которого в настоящее время составляет 160 ppb. Увеличение его концентрации началось в начале 1970-х годов одновременно с ростом концентрации ХФУ, в то время как концентрации других значимых ГХФУ увеличивались главным образом в 1990-е годы наравне с концентрациями ГФУ. [1.2, 2.3]

Наблюдаемые в настоящее время показатели изменения отличаются среди ОРВ и зависят главным образом от их выбросов и времени жизни в атмосфере (см. таблицу ТР-2). Благодаря Монреальскому протоколу и последующим поправкам к нему произошли значительные сокращения объемов производства и выбросов ОРВ. Концентрации некоторых ХФУ достигли пиковых значений, а других, как ожидается, уменьшатся в будущем. В случае полного отсутствия выбросов концентрации этих газов будут уменьшаться, однако медленными темпами, которые определяются временем их жизни в атмосфере продолжительностью от десятилетий до столетий. Продолжение выбросов явится причиной увеличений концентраций этих газов или замедления темпов их уменьшения. Наблюдения за ежегодными изменениями в атмосферных концентрациях дают наиболее надежные оценки суммарных глобальных выбросов для газов с продолжительным сроком жизни. Например, согласно данным наблюдений, концентрация ХФУ-11 будет уменьшаться темпами, которые будут почти на 60 % ниже тех темпов, которые имели бы место в случае отсутствия выбросов, в то время как концентрация ХФУ-12 все еще незначительно возрастает, что свидетельствует о продолжающихся выбросах обоих видов. Сокращение концентрации ХФУ-113 происходит, однако, темпами, которые близки к тем, которые ожидалось в случае отсутствия выбросов. Таблица ТР-2 показывает наблюдаемые глобальные концентрации, а также рост или уменьшение показателей основных ХФУ, галонов,

Рисунок ТР-3. Оценочные глобальные тропосферные отношения смесей (ppb) для ХФУ-11, ГХФУ-22 и ГФУ-134а показаны отдельно для северного и южного полушарий. Красные и синие символы показывают измерения в рамках сетей АГАГЕ (Новейший глобальный эксперимент с атмосферными газами) и ЛМДК (Лаборатория мониторинга и диагностики климата), а красные и синие линии показывают имитационные концентрации ХФУ-11, полученные на основе оценок выбросов и сроков жизни в атмосфере. Черные линии и затененная зона показывают оценки и диапазоны неопределенности для ХФУ-11 и ГХФУ-22, полученные путем общей инверсии данных измерений газового состава антарктического фирна и атмосферных измерений *in situ* на мысе Грим. Толстая черная горизонтальная линия со стрелкой и величинами ошибок показывает верхнюю предельную оценку концентраций ХФУ-11 до 1940 г., основанных на измерениях газового состава фирна на Южном полюсе. Отметим, что показанные на этом рисунке газы используются в различных применениях и представлены только в иллюстративных целях. [Рисунок 1.8]

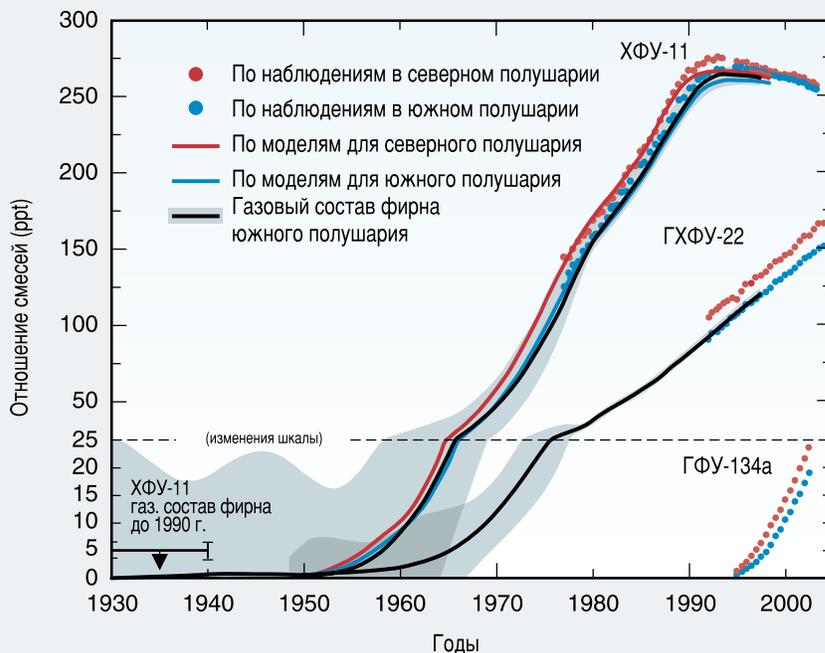


Таблица ТР-2. Наблюдаемые глобальные концентрации и тенденции для некоторых имеющихся в наибольшем количестве ХФУ, ГХФУ, ГФУ и ПФУ приблизительно в 2003 г. наряду с суммарными глобальными выбросами, необходимыми для объяснения этих тенденций. Для сравнения оценочные выбросы показаны за 1990 г. — вскоре после пикового значения суммарных выбросов ОРВ. Подробности см. в разделе 2.3, особенно таблицу 2.1, и на рисунке 2.4.

Вид	Концентрация в 2003 г. ^a (ppt)	Тенденция между 2001 и 2003 гг. ^a (ppt/год)	Тенденция в виде процентной доли концентрации	Оценочные выбросы в 2002 г. ^b		Оценочные выбросы в 1990 г. ^c	
				(кт/год)	(ГтСО ₂ -экв./год) ^d	(кт/год)	(ГтСО ₂ -экв./год) ^d
ХФУ-11	256	-1,9 – -2,7	-0,7 – -1,1	70 – 90	0,33 – 0,42	280 – 300	1,31 – 1,40
ХФУ-12	538	+0,2 – +0,8	+0,04 – +0,16	110 – 130	1,2 – 1,4	400 – 430	4,29 – 4,61
ХФУ-113	80	-0,6 – -0,7	-0,8 – -1,0	5 – 12	0,03 – 0,07	180 – 230	1,09 – 1,39
Итого основных ХФУ				185 – 232	1,54 – 1,89	860 – 960	6,68 – 7,40
ГХФУ-22	157	+4,5 – +5,4	+2,8 – +3,4	240 – 260	0,43 – 0,46	185 – 205	0,33 – 0,36
ГХФУ-123	0,03	0	0	д. о.		0	0
ГХФУ-141b	16	+1,0 – +1,2	+6,3 – +7,5	55 – 58	0,04	0	0
ГХФУ-142b	14	+0,7 – +0,8	+4,3 – +5,7	25	0,06	10 – 20	0,02 – 0,05
Итого основных ГХФУ				320 – 343	0,53 – 0,56	195 – 225	0,35 – 0,41
ГФУ-23	17,5	+0,58	+3,3	13	0,19	6,4	0,09
ГФУ-125	2,7	+0,46	+17	9 – 10	0,03	0	0
ГФУ-134a	26	+3,8 – +4,1	+15 – +16	96 – 98	0,14	0	0
ГФУ-152a	2,6	+0,34	+13	21 – 22	0,003	0	0
Итого основных ГФУ			139 – 143	0,36	6,4	0,09	
Галон-1211	4,3	+0,04 – +0,09	+0,9 – +2,8	7 – 8	0,013 – 0,015	11,5	0,02
Галон-1301	2,9	+0,04 – +0,08	+1,4 – +2,8	1 – 2	0,007 – 0,014	5,1	0,04
ССl ₄	95	-0,9 – -1,0	-1,0 – -1,1	64 – 76	0,09 – 0,10	120 – 130	0,17 – 0,18
СН ₃ ССl ₃	27	-5,6 – -5,8	-21 – -23	15 – 17	0,002	646	0,09
СF ₄	76	д. о. ^e	д. о.				
С ₂ F ₆	2,9	+0,1	+3,4	д. о.			
С ₃ F ₈	0,26	д. о.	д. о.				

ПРИМЕЧАНИЯ:

- ^a Средние тропосферные концентрации и диапазон тенденций из разных сетей мониторинга.
- ^b Оценочное значение на основе существующих концентраций и тенденций.
- ^c Оценочные выбросы за 1990 г. на основе главы 2, рисунок 2.4, кроме ГФУ-23, данные о котором взяты из главы 10.
- ^d Взвешенные по ППП выбросы с использованием прямых ППП из настоящего доклада.
- ^e Д. о. — данные отсутствуют. Недостаточные данные для определения стабильной тенденции или величины выбросов.

ГХФУ, ГФУ и ПФУ наряду с оценочными выбросами в атмосферу, которые необходимы для объяснения отмечаемых в настоящее время тенденций. [2.3, 2.5]

Для сравнения показаны также предыдущие оценки выбросов (ВМО, 2003 г.)¹⁰ за 1990 г., который следует почти сразу после пика в выбросах ОРВ. Выбросы ХФУ-113 и CH_3CCl_3 , которые применяются главным образом в качестве растворителей и не имеют аккумулированных банков, уменьшились более чем в 10 раз в период 1990–2000 гг. Уровни стратосферного хлора почти стабилизировались и, возможно, уже начали уменьшаться. [2.3]

Оценочные текущие выбросы ХФУ-11 и ХФУ-12, показанные в таблице ТР-2, превышают оценочные показатели нового производства, что указывает на то, что значительная доля этих выбросов происходит из банков этих химических веществ, образовавшихся в результате предыдущего производства. Подобные банки включают материал, содержащийся в пенообразующих веществах, кондиционерах, холодильном оборудовании и других применениях. В отличие от этого показатели производства в настоящее время превышают показатели выбросов почти по всем ГХФУ и ГФУ, из чего косвенно предполагается, что банки этих химических веществ в настоящее время увеличиваются и могут способствовать будущему радиационному воздействию. Одной из мер значимости подобных банков является отношение размера банка к количеству, которое уже находится в атмосфере. Например, в случае ГФУ-134а эти количества оцениваются как почти равные. [2.3, 2.5 и 11.3]

Постоянные атмосферные наблюдения за ХФУ и другими ОРВ позволяют провести более точную проверку достоверности оценок временного сдвига между производством и выбросом в атмосферу. Благодаря этому возникает новое понимание общей значимости банков и вариантов окончания срока жизни, которые имеют значение для будущего использования заменителей ГХФУ и ГФУ. [2.5]

Для некоторых газов в настоящее время имеется достаточное количество данных атмосферных наблюдений, для того чтобы ограничивать не только глобальные, но также и региональные выбросы в некоторых районах. Например, данные атмосферных измерений свидетельствуют о резких увеличениях выбросов ГФУ-134а в Европе в период 1995–1998 гг. и ГФУ-152а в период 1996–2000 гг. с определенным последующим их выравниванием в период до 2003 г. [2.3]

2.4 Насколько газы, содержащие галоидоуглеводороды, и их заменители способствуют позитивному радиационному воздействию на климатическую систему по сравнению с доиндустриальным периодом? Каковы данные сравнения с 1970 г.?

Причины усиления прямого радиационного воздействия в связи с увеличениями концентраций галоидоуглеводородов с 1750 г. по 2000 г., а также с 1970 по 2000 гг. кратко изложены в таблице ТР-1 и на рисунке ТР-4. Прямое радиационное воздействие под влиянием этих увеличений с 1750 по 2000 гг. оценивается величиной $0,33 \pm 0,03 \text{ Вт/м}^2$, что представляет около 13 %

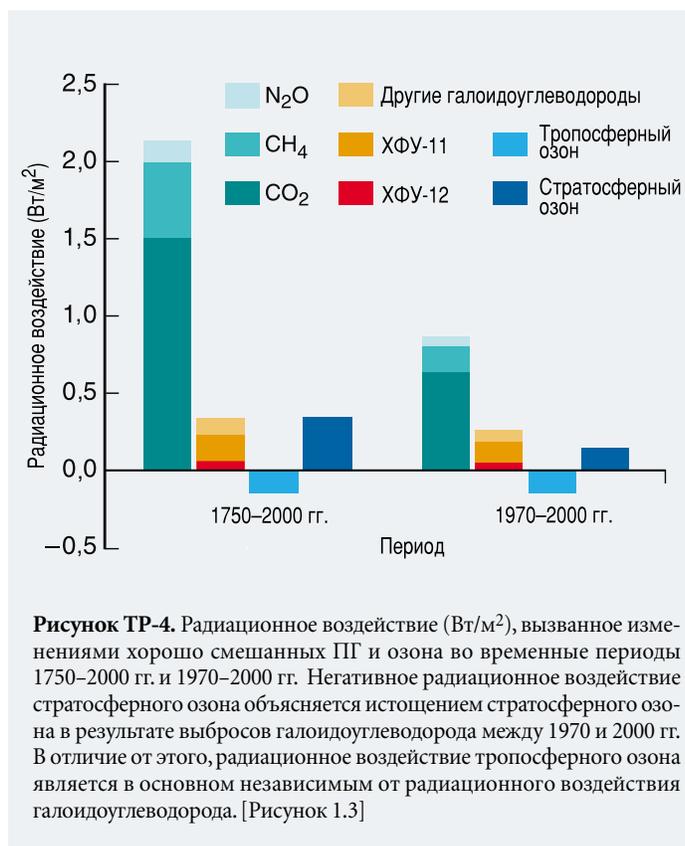


Рисунок ТР-4. Радиационное воздействие (Вт/м^2), вызванное изменениями хорошо смешанных ПГ и озона во временные периоды 1750–2000 гг. и 1970–2000 гг. Негативное радиационное воздействие стратосферного озона объясняется истощением стратосферного озона в результате выбросов галоидоуглеводорода между 1970 и 2000 гг. В отличие от этого, радиационное воздействие тропосферного озона является в основном независимым от радиационного воздействия галоидоуглеводорода. [Рисунок 1.3]

суммарной величины вследствие увеличений объема всех хорошо смешанных ПГ за этот период. Вклады ХФУ, ГХФУ и ГФУ составляют порядка $0,27 \text{ Вт/м}^2$, $0,033 \text{ Вт/м}^2$ и $0,006 \text{ Вт/м}^2$ соответственно. [1.1 и 1.5]

Поскольку увеличения концентраций галоидоуглеводородов происходили главным образом в течение последних трех десятилетий, их относительный вклад в суммарное радиационное воздействие является более значительным в течение этого периода. Прямое радиационное воздействие вследствие увеличений объемов галоидоуглеводородов с 1970 по 2000 гг. составило $0,27 \pm 0,03 \text{ Вт/м}^2$, что составляет около 23 % этой величины в результате увеличений объемов всех хорошо смешанных ПГ. Главной причиной прямого радиационного воздействия под влиянием ГХФУ в настоящее время является ГХФУ-22, а соответствующей причиной, вызванной ГФУ, являются ГФУ-134а и ГФУ-23, при этом последний выбрасывается в основном в виде побочного продукта производства ГХФУ-22. [1.1, 1.5]

¹⁰ WMO, 2003: Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002. (ВМО, 2003 г.: Научная оценка разрушения озона: 2002 г.) Global Ozone Research and Monitoring Project — Report No. 47, World Meteorological Organization, Geneva, 498 pp.

2.5 Каким образом стратосферный озон изменился в последние десятилетия и почему?

Как показано на рисунке TP-5, объем стратосферного озона уменьшился за последние несколько десятилетий, особенно в Антарктике. Самые большие уменьшения с 1980 г. наблюдались над Антарктикой в весенний период (*антарктическая озоновая дыра*), при этом ежемесячное общее **содержание озона в**

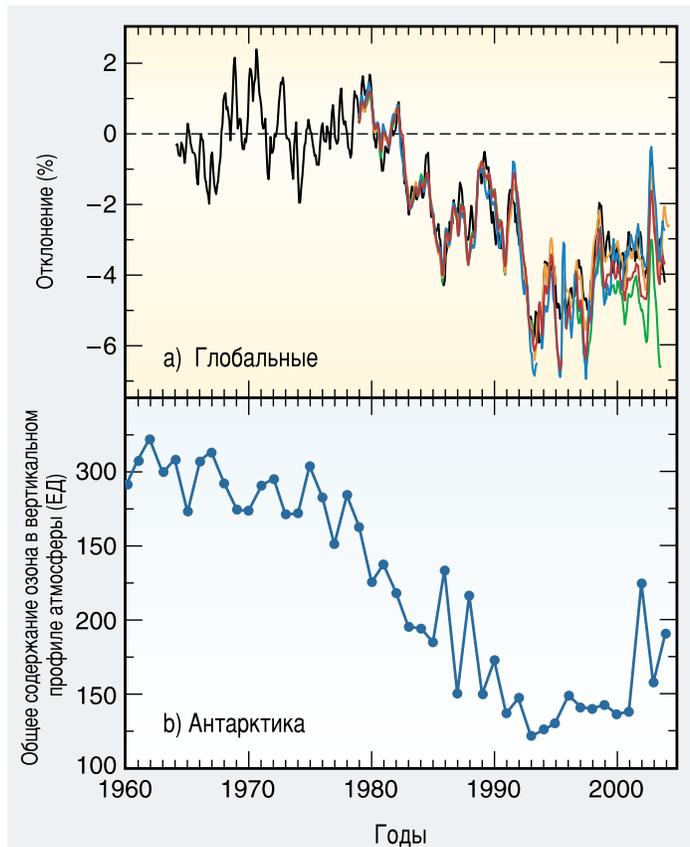


Рисунок TP-5. Вверху: временной ряд внесезонных глобальных средних аномалий в отношении содержания озона в вертикальном профиле атмосферы, оцененных по пяти разным комплектам данных на основе наземных (черная линия) и спутниковых измерений (цветные линии). Аномалии выражены в виде процента среднего времени за период 1964–1980 гг. Внизу: среднее значение за октябрь суммарных измерений содержания озона в вертикальном профиле атмосферы при помощи спектрофотометра Добсона в Халлее, Антарктика (73,5° ю. ш., 26,7° з. д.). [Рисунки 1.4 и 1.5]

вертикальном профиле атмосферы в сентябре и октябре почти на 40–50 % ниже показателей в период до появления озоновой дыры. [1.2, 1.3 и 1.4]

Потеря арктического озона в любой данный год в значительной мере зависит от метеорологических условий. В последние холодные годы химическое разрушение арктического озона достигло почти 30 %, однако потери, наблюдаемые в теплые годы, были весьма незначительными. С 1980 г. глобальный усредненный показатель количества озона уменьшился приблизительно на 3 %. Содержание озона в вертикальном профиле атмосферы уменьшилось почти на 6 % над средними широтами (35°–60°) в южном полушарии и на 3 % — в северном полушарии. Значительных долгосрочных изменений содержания озона в вертикальном профиле атмосферы не наблюдалось в тропиках. Наблюдения и модельные расчеты показывают, что глобальный средний объем разрушения озона в настоящее время почти стабилизировался (см. рисунок TP-5). [1.2]

Наблюдаемые изменения содержания озона вызваны как химическими, так и динамическими факторами, при этом главную роль играют химические факторы. Это разрушение озона вызывается главным образом увеличением концентраций химически активных соединений хлора и брома, которые образуются при разложении антропогенных ОРВ, включая галоны, ХФУ, ГХФУ, метилхлороформ (CH_3CCl_3), четыреххлористый углерод (CCl_4) и бромистый метил (CH_3Br). С 1970 г. в результате деятельности человека почти в пять раз увеличилось содержание хлора в стратосфере по сравнению с оценочными естественными основными уровнями. Главным источником этого изменения являются ХФУ, в то время как доля ГХФУ составляет в настоящее время около 5 % от общего вносимого в стратосферу хлора. [1.2, 1.3 и 1.4]

2.6 Каким образом разрушение озона повлияло на радиационное воздействие на климатическую систему?

Результаты наблюдений и моделирования показывают, что разрушение озона вызвало охлаждение стратосферы, что, в свою очередь, может способствовать охлаждению тропосферы и поверхности. Потепление климата в результате воздействия ОРВ и охлаждение, связанное с разрушением озона, являются двумя отдельными механизмами, которые управляются разными физическими процессами и обратными связями и в отношении которых существуют весьма различные уровни научного понимания. Для целей этого доклада мы следуем концепции МГЭИК (2001 г.)¹¹ и предполагаем, что наблюдаемое разрушение полностью вызвано ОРВ и что радиационное воздействие озона может рассматриваться в качестве косвенного результата, вызываемого ОРВ. Газы, содержащие бром (такие как галоны), являются особенно эффективными разрушителями озона и вносят более значительный вклад в оказание косвенного воздействия на молекулярной основе по сравнению с другими озоноразрушающими газами, такими как ХФУ. [1.1, 1.2, 1.3 и 1.5]

¹¹ IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (МГЭИК, 2001 г.: Изменение климата, 2001 г.: Научная основа. Вклад рабочей группы I в Третий доклад об оценках Межправительственной группы экспертов по изменению климата) [Houghton, J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C. A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 944 pp.

Наилучшее оценочное значение негативного косвенного радиационного воздействия, связанного с разрушением озона в период 1970–2000 гг., составляет $-0,15 \pm 0,10$ Вт/м², где большая неопределенность определяется целым рядом модельных оценок и возрастает главным образом из-за неопределенностей в детальном вертикальном распределении разрушения озона. *Весьма вероятно*¹², что это косвенное воздействие составляет меньшую величину по сравнению с позитивным прямым воздействием, вызываемым только одними ОРВ ($0,32 \pm 0,03$ Вт/м²), понимание которого находится на гораздо более высоком уровне. Если бы определенная доля наблюдаемых глобальных изменений озона не объяснялась воздействием ОРВ, то величина этого косвенного воздействия была бы ниже. [1.5]

Относительные вклады разных типов газа в позитивное прямое и негативное косвенное радиационное воздействие показаны на рисунке ТР-6. В то же время эффекты потепления и похолодания в результате прямого и косвенного радиационного воздействия не просто компенсируют друг друга благодаря тому, что пространственные и сезонные распределения воздействий на климат у поверхности являются различными. [1.2, 1.5 и блок 1.4]

Ограниченное количество моделирований глобального климата и статистических исследований показывает, что разрушение озона является одним механизмом, который может повлиять на модели

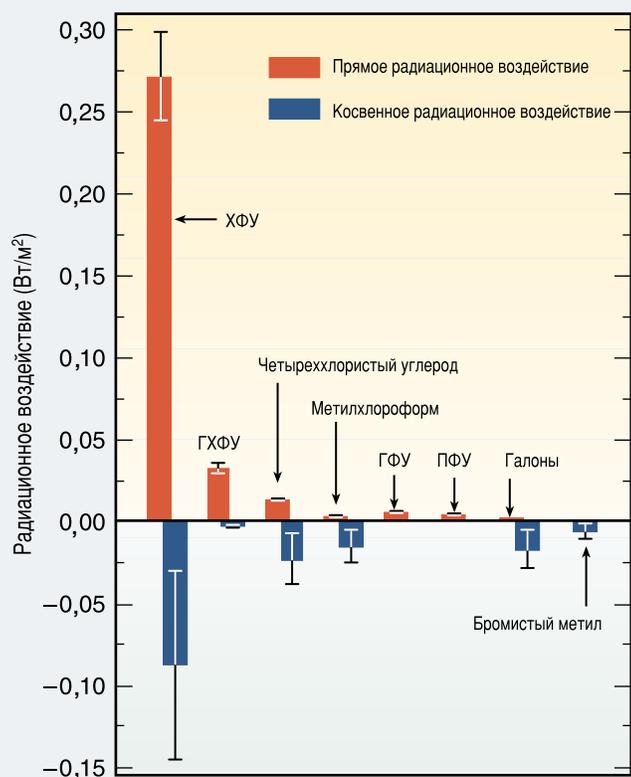


Рисунок ТР-6. Радиационное воздействие, вызванное изменениями в содержании галоидоуглеводородов с 1750 по 2000 гг. [На основе таблицы 1.1]

изменчивости климата, имеющие важное значение для тропосферной циркуляции и температур в обоих полушариях. *Вероятно*, в частности, что значительное разрушение стратосферного озона, происходящее в антарктическом регионе, повлияло на стратосферную циркуляцию и соответственно тропосферу. Имеются свидетельства того, что антарктическая озоновая дыра способствовала охлаждению, отмеченному над антарктическим плато, и потеплению в районе Антарктического полуострова. [1.3]

2.7 Какие факторы будут, как ожидается, контролировать озон в предстоящее столетие? «Восстановится» ли он до величин, существовавших до образования озоновой дыры? Началось ли уже это восстановление?

Ожидается, что глобальное восстановление озона последует после сокращений внесения хлора и брома в стратосферу, поскольку концентрации ОРВ уменьшаются благодаря уменьшениям их выбросов. Хотя предполагается, что это явится доминирующим фактором в процессе восстановления озона, выбросы других ПГ (таких как СО₂, метан и закись азота) могут повлиять как на химию тропосферы и стратосферы, так и климат и окажут определенное воздействие на восстановление озона. [1.3 и 1.4]

На рисунке ТР-7 показан диапазон предсказаний изменений в стратосферном озоне для диапазона широт 60° ю. ш. – 60° с. ш., полученных на основе двухмерных фотохимических моделей наряду с сопоставимыми наземными и спутниковыми измерениями, проведенными в период до 2003 г. Подобные компьютерные имитации показывают глобальное восстановление озона, которое будет происходить постепенно по мере уменьшения выбросов и концентраций галогенных газов. В то же время срок восстановления меняется существенным образом в зависимости от предположений, касающихся будущего климата и будущего состава атмосферы, и поэтому этот срок остается весьма неопределенным. [1.4 и блок 1.7]

Ожидается, что изменения температуры в будущем, связанные с выбросами ПГ, будут способствовать разрушению стратосферного озона в некоторых частях стратосферы и увеличению его содержания в других частях. Ожидается, что увеличения концентрации СО₂ вызовут охлаждение стратосферы, что, как известно, приведет к уменьшению показателей газовой фазы разрушения озона в большей части стратосферы и соответствующему увеличению концентраций озона на высотах более 25 км. В отличие от этого более низкие температуры могут привести к уменьшению концентраций озона на более низких высотах. Хотя ожидается, что последний эффект будет наиболее значительным в Арктике в конце зимы — начале весны, он может оказаться незначительным по сравнению с другими процессами и со временем будет медленно ослабевать по мере уменьшения вносимых объемов хлора и брома. Изменения в стратосферной циркуляции могут также происходить одновременно с увеличением объема ПГ, и это может привести либо к увеличению, либо уменьшению содержания озона в будущем в районе средних широт и полярном регионе. Чистый результат воздействия будущих выбросов ПГ на глобальный озон

¹² В этом докладе, там где это уместно, используются следующие слова для указания степени уверенности в суждениях: *весьма вероятно* (90–99 % вероятности); *вероятно* (66–90 % вероятности); *маловероятно* (10–33 % вероятности); и *весьма маловероятно* (1–10 % вероятности).

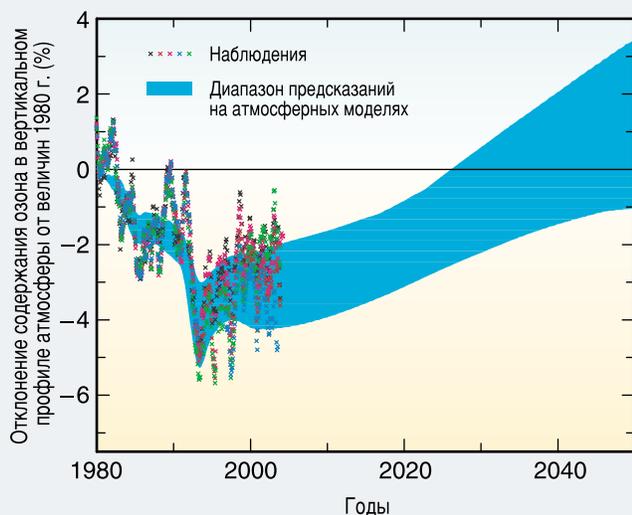


Рисунок ТР-7. Наблюдаемые и смоделированные изменения внесезонного содержания озона в вертикальном профиле атмосферы по сравнению с 1980 г. в низких и средних широтах (60° с. ш. – 60° с. ш.). Черные условные обозначения показывают наземные измерения, а цветные условные обозначения — различные комплекты спутниковых данных. Диапазон модельных прогнозов определяется благодаря использованию нескольких разных двумерных моделей фотохимии, действующих на основе одного и того же сценария галоидоуглеводорода; некоторые модели учитывали также воздействие меняющихся количеств CO_2 на стратосферные температуры. Измерения показывают, что значения содержания озона в вертикальном профиле атмосферы между 60° ю. ш. и 60° с. ш. стали уменьшаться с начала 1980-х годов, и модели вполне четко зафиксировали сроки и масштабы этого уменьшения. Смоделированные газовые концентрации из галоидных источников уменьшаются в начале XXI века вследствие реакции на Монреальский протокол, поэтому смоделированные значения озона увеличиваются и восстанавливаются до значений в период до 1980 г. [Блок 1.7]

будет зависеть от сочетания этих воздействий, а в настоящее время его величина и направление плохо определены в количественном отношении. [1.3 и 1.4]

Как это можно видеть из данных измерений, показанных на рисунке ТР-7, начальный момент восстановления озона трудно выявить из-за высокой изменчивости уровня озона. Эта изменчивость объясняется как метеорологической изменчивостью, так и вносящим путаницу воздействием вулканических выбросов на озоновый слой. В результате этого пока невозможно констатировать, что безусловно определено начало восстановления озона. [1.2, 1.4 и блок 1.7]

Результаты, полученные при помощи моделей, свидетельствуют о том, что минимальные уровни антарктического озона уже, вероятно, восстановились или должны восстановиться в течение

ближайших нескольких лет. Предсказания сроков восстановления минимального уровня арктического озона характеризуются большей степенью неопределенности ввиду гораздо большей степени естественной изменчивости в этом регионе, однако данные моделей показывают, что это должно произойти в течение последующих двух десятилетий. *Весьма маловероятно, что будет иметь место арктическая «озоновая дыра», похожая на ту, которая наблюдается в настоящее время над Антарктикой.* [1.3 и 1.4]

2.8 Какова ожидаемая степень воздействия ХФУ, ГХФУ и их возможных заменителей на будущее радиационное воздействие на климатическую систему?

Согласно сценариям выбросов СРЕС оценочное радиационное воздействие ГФУ в 2015 г. находится в диапазоне $0,022$ – $0,025$ $\text{Вт}/\text{м}^2$, а согласно сценариям главы 11 этого доклада — в диапазоне $0,019$ – $0,030$ $\text{Вт}/\text{м}^2$. Согласно сценариям СРЕС радиационное воздействие ПФУ в 2015 г. составляет порядка $0,006$ $\text{Вт}/\text{м}^2$. Эти радиационные воздействия ГФУ и ПФУ эквивалентны приблизительно 6–10 и 2 % соответственно от суммарного оценочного радиационного воздействия в 2015 г., вызванного ХФУ и ГХФУ (оценивается в $0,297$ $\text{Вт}/\text{м}^2$ для исходного сценария). [2.5 и 11.5]

На рисунке ТР-8 показаны основанные на сценарии оценки будущего радиационного воздействия. Подобные оценки в более продолжительных временных масштабах становятся более неопределенными вследствие усиления влияния неопределенностей, связанных с будущими видами технической практики и политики, однако вклад ГФУ может составлять $0,1$ – $0,25$ $\text{Вт}/\text{м}^2$ к 2100 г. согласно ряду сценариев выбросов СРЕС, в то время как вклад ПФУ может составлять к 2100 г. $0,02$ – $0,04$ $\text{Вт}/\text{м}^2$. [1.5 и 2.5]

На рисунке ТР-8 показаны оценки отдельных вкладов галоидоуглеводородов в будущее радиационное воздействие в результате следующих факторов: прошлые выбросы (т. е. то, что в настоящее время находится в атмосфере); будущие выбросы новой продукции, исходя из предположения об отсутствии каких-либо изменений в текущей практике (на основе сценария Ab ВМО); и выбросы из существующих банков галоидоуглеводородов. Показаны две разные оценки этого последнего компонента; первая основана на Оценке озона (2003 г.) ВМО, а вторая — на последующих разделах этого доклада. Хотя величина существующих банков ОРВ остается неопределенной, ожидается, что их вклад в радиационное воздействие будет сопоставимым с вкладами выбросов ГФУ в атмосферу в следующие несколько десятилетий. Это свидетельствует о том, что выборы вариантов окончания сроков жизни, такие как уничтожение находящегося в настоящее время в банках материала, может принести существенную пользу климатической системе. Практика в области восстановления, рециркуляции и уничтожения после окончания срока использования также может снижать выбросы всех вновь произведенных галоидоуглеводородов и их вклад в радиационное воздействие, показанное на рисунке ТР-8. [1.5]

Помимо уменьшения количества вносимого в атмосферу хлора, благодаря мерам, принятым в соответствии с Монреальским протоколом и его поправками и коррективами, снижены также суммарные выбросы в эквиваленте CO_2 . Это произошло в

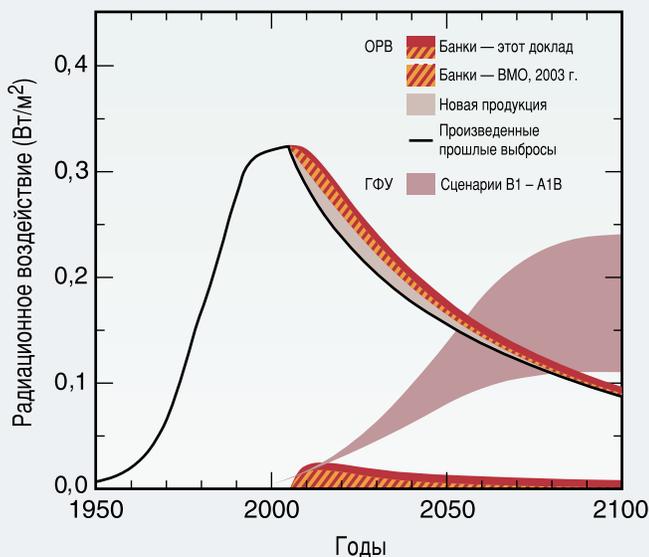


Рисунок ТР-8. Прямое радиационное воздействие всех ОРВ по сравнению с воздействием ГФУ согласно оценкам СРЕС. Прямое радиационное воздействие делится на такие составные элементы, как произведенные прошлые выбросы (сплошная черная линия), выброс разрешенной новой продукции согласно Монреальскому протоколу (серая затемненная зона) и выброс банков ОРВ, существовавших в 2004 г. Две оценки приводятся для этих последних выбросов — см. главу 2. Радиационное воздействие, вызванное ГФУ, показано для сценариев В1 и А1В СРЕС (границы красной затемненной зоны). Вклад в банки, образовавшийся в результате позднего выпуска ОРВ, показан отдельно и сопоставим с вкладом, который прогнозируется в результате выпуска ГФУ в последующие два десятилетия. ОРВ имеют также другие косвенные последствия для радиационного воздействия. [Рисунок 1.19]

результате того, что виды замены, как правило, обладают более низкими **потенциалами глобального потепления** (ПГП), а также из-за уменьшения суммарных выбросов галоидоуглеводородов. Это уменьшение можно увидеть, если сравнить выбросы в 1990 г. и в 2000 г., приведенные в таблице ТР-2, и оно показано в более общем плане на рисунке ТР-9. Таким образом, совокупные выбросы ХФУ, ГХФУ и ГФУ в эквиваленте CO_2 сократились с пикового значения $7,5 \pm 0,4$ Гт CO_2 -экв./год приблизительно в 1990 г. до $2,5 \pm 0,2$ Гт CO_2 -экв./год приблизительно в 2000 г., что эквивалентно почти 10 % ежегодного вклада вследствие глобального сжигания ископаемого топлива в этот год. [2.3 и 2.5]

Аммиак и те углеводороды, которые используются в качестве заменителей галоидоуглеводородов, имеют сроки жизни в атмосфере в диапазоне от дней до месяцев, и прямое и косвенное радиационное воздействие, связанное с их использованием в качестве заменителей, имеет, *весьма вероятно*, ничтожное воздействие на глобальный климат.

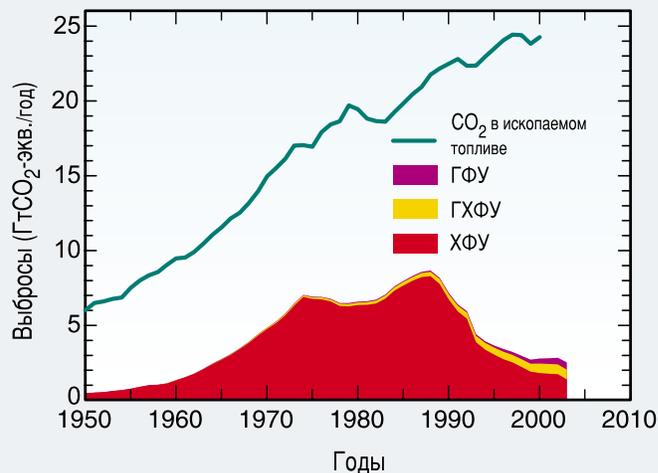


Рисунок ТР-9. Прямые взвешенные по отношению к ПГП выбросы (100-летний срок) для ХФУ, ГХФУ и ГФУ в сравнении с общим объемом выбросов CO_2 в результате сжигания ископаемого топлива и производства цемента. [Рисунок 2.11]

2.9 Что представляет собой потенциал глобального потепления и каким образом он используется?

ПГП — это показатель будущего радиационного воздействия выброса вещества по отношению к выбросу такого же количества CO_2 , интегрированного за избранный временной период. Величина ПГП для определенного вида пропорциональна его радиационному воздействию и увеличивается вместе с его сроком жизни в атмосфере. ПГП являются наиболее полезными в качестве относительных показателей реагирования климата в связи с прямым радиационным воздействием хорошо смешанных парниковых газов, срок жизни которых в атмосфере контролируется аналогичными процессами, которые включают большинство галоидоуглеводородов. [2.5 и блок 2.4]

Выбор временного периода является политическим фактором и итогом компромисса между относительным взвешиванием краткосрочных и долгосрочных воздействий. В рамках текущей практики наиболее часто используются ПГП, рассчитанные за 100-летний временной период. При этом не учитывается полноценное воздействие газов с весьма продолжительным сроком жизни и высокой радиационной эффективностью, таких как ПФУ, которые сохраняются в атмосфере в течение периода, значительно превышающего 100 лет. Кроме того, интегрирование за период более 100 лет уменьшает вклад видов с коротким сроком жизни, который продолжается лишь часть этого периода по сравнению с периодом CO_2 , который продолжает содействовать радиационному воздействию в течение 100-летнего временного периода и после него. [2.5]

Таблица ТР-3. ППП галоидоуглеводородов, сообщаемые обычно согласно требованиям Монреальского протокола и РКИК ООН и ее Киотского протокола и оцененные в настоящем докладе по отношению к CO₂ за временной период 100 лет, а также их сроки жизни и ППП, используемые в сообщениях согласно РКИК ООН. Газы, показанные синим цветом (более темный оттенок), охватываются в рамках Монреальского протокола, а газы, показанные желтым цветом (более светлый оттенок), охватываются в рамках РКИК ООН. [Таблицы 2.6 и 2.7]

Газ	ППП для прямого радиационного воздействия ^a	ППП для косвенного радиационного воздействия (выбросы в 2005 г.) ^b	Срок жизни (годы)	Сообщение о ППП согласно РКИК ООН ^c
ХФУ				
ХФУ-12	10 720 ± 3 750	-1 920 ± 1 630	100	д. о. ^d
ХФУ-114	9 880 ± 3 460	Данные отсутствуют	300	д. о.
ХФУ-115	7 250 ± 2 540	Данные отсутствуют	1 700	д. о.
ХФУ-113	6 030 ± 2 110	-2 250 ± 1 890	85	д. о.
ХФУ-11	4 680 ± 1 640	-3 420 ± 2 710	45	д. о.
ГХФУ				
ГХФУ-142b	2 270 ± 800	-337 ± 237	17,9	д. о.
ГХФУ-22	1 780 ± 620	-269 ± 183	12	д. о.
ГХФУ-141b	713 ± 250	-631 ± 424	9,3	д. о.
ГХФУ-124	599 ± 210	-114 ± 76	5,8	д. о.
ГХФУ-225cb	586 ± 205	-148 ± 98	5,8	д. о.
ГХФУ-225ca	120 ± 42	-91 ± 60	1,9	д. о.
ГХФУ-123	76 ± 27	-82 ± 55	1,3	д. о.
ГФУ				
ГФУ-23	14 310 ± 5 000	~0	270	11 700
ГФУ-143a	4 400 ± 1 540	~0	52	3 800
ГФУ-125	3 450 ± 1 210	~0	29	2 800
ГФУ-227ea	3 140 ± 1 100	~0	34,2	2 900
ГФУ-43-10mee	1 610 ± 560	~0	15,9	1 300
ГФУ-134a	1 410 ± 490	~0	14	1 300
ГФУ-245fa	1 020 ± 360	~0	7,6	- ^e
ГФУ-365mfc	782 ± 270	~0	8,6	- ^e
ГФУ-32	670 ± 240	~0	4,9	650
ГФУ-152a	122 ± 43	~0	1,4	140
ПФУ				
C ₂ F ₆	12 010 ± 4 200	~0	10 000	9 200
C ₆ F ₁₄	9 140 ± 3 200	~0	3 200	7 400
CF ₄	5 820 ± 2 040	~0	50 000	6 500
Галоны				
Галон-1301	7 030 ± 2 460	-32 900 ± 27 100	65	д. о.
Галон-1211	1 860 ± 650	-28 200 ± 19 600	16	д. о.
Галон-2402	1 620 ± 570	-43 100 ± 30 800	20	д. о.
Другие галоидоуглеводороды				
Четыреххлористый углерод (CCl ₄)	1 380 ± 480	-3 330 ± 2 460	26	д. о.
Метилхлороформ (CH ₃ CCl ₃)	144 ± 50	-610 ± 407	5,0	д. о.
Бромистый метил (CH ₃ Br)	5 ± 2	-1 610 ± 1 070	0,7	д. о.

ПРИМЕЧАНИЯ:

^a Неопределенности ППП для прямого положительного радиационного воздействия считаются равными ±35 % (два среднеквадратических отклонения) (МГЭИК, 2001 г.).

^b Неопределенности ППП для косвенного отрицательного радиационного воздействия учитывают оцененную неопределенность во время восстановления озонового слоя, а также неопределенность отрицательного радиационного воздействия вследствие разрушения озона.

^c Руководящие принципы представления отчетности в рамках РКИК ООН используют величины ППП из Второго доклада об оценках МГЭИК (см. FCCC/SBSTA/2004/8, <http://unfccc.int/resource/docs/2004/sbsta/08.pdf>).

^d Д. о. — данные отсутствуют. ОРВ не охватываются положениями РКИК ООН.

^e Второй доклад об оценках МГЭИК не содержит величин ППП для ГФУ-245fa и ГФУ-365mfc. Однако руководящие принципы составления отчетности РКИК ООН содержат положения, относящиеся к отчетности о выбросах всех парниковых газов, для которых существуют величины ППП, оцененные МГЭИК.

Величины прямого ППП приводятся в таблице ТР-3. Они были изменены в Третьем докладе об оценках МГЭИК (МГЭИК, 2001 г.) по сравнению с предыдущими оценками (МГЭИК, 1996 г.)¹³ ввиду пересмотров радиационных эффектов CO_2 и некоторых сроков жизни и радиационных эффектов других видов. Пересмотры величин ППП, приведенных для некоторых видов в этом докладе, объясняются главным образом использованием обновленных сроков жизни, о чем говорится в разделе 2.5.4. [2.5]

Косвенные значения ППП, связанные с разрушением озона, вызванного различными ОРВ, приводятся в таблице ТР-3. Поскольку предполагается, что косвенные эффекты охлаждения в результате воздействия ОРВ прекратятся после восстановления озонового слоя, их срок сохранения зависит не только от срока жизни газа, но также и от срока восстановления озона. Оценки косвенных ППП включают эту последнюю зависимость посредством сведения к нулю всех косвенных эффектов после того момента, когда, согласно оценкам, показатели эквивалентного эффективного стратосферного хлора (ЭЭСХ) вернутся к своим значениям в период до 1980 г. В этой связи косвенные ППП зависят от года выброса и характеризуются значительными неопределенностями, возникающими: из-за неопределенности в радиационном воздействии вследствие разрушения озона; неопределенностей в объеме ЭЭСХ, установленных для каждого из этих видов; и неопределенностью во времени, в которое ЭЭСХ вернется к своим значениям в период до 1980 г. [1.5 и 2.5]

Учитывая весьма различные уровни научного понимания и относительные неопределенности, связанные с прямым и косвенным радиационным воздействием ОРВ, их непрекращающееся воздействие на приземный климат и зависимость косвенных ППП от года выброса, в этом докладе не рассматривается вопрос об использовании чистых ППП, сочетающих прямые и косвенные эффекты. В случае использования прямых ППП в связи с выбросами ОРВ или введения эквивалентных CO_2 величин следует признать, что существуют также косвенные эффекты, которые могут иметь существенное значение в течение нескольких последующих десятилетий. [1.2, 1.5, блок 1.4 и 2.5]

2.10 Ожидается ли, что ГХФУ, ГФУ или их заменители будут оказывать иные воздействия на химию окружающей среды в будущем?

Ожидается, что выбросы органических газов (включая ГХФУ, ГФУ, ПФУ и углеводороды) и аммиака не будут иметь существенных широкомасштабных последствий для качества воздуха благодаря замене ОРВ в холодильном оборудовании и системах кондиционирования воздуха. Воздействие заменителей углеводорода и аммиака в местном масштабе можно оценить посредством сравнения ожидаемых выбросов с местными выбросами из всех источников. Небольшие, но не ничтожные, последствия могут иметь место недалеко от локализованных источников выбросов, и подобные увеличения могут вызывать опасение, например в районах, которые в настоящее время не соответствуют местным стандартам. [2.4 и 2.6]

Устойчивые продукты распада ГФУ и ГХФУ (такие как трифторуксусная кислота, ТФК) удаляются из атмосферы благодаря процессам осаждения и вымывания, а ТФК является токсичной для некоторых видов жизни в водной среде при концентрациях в 1 мг/л. Тем не менее, распад выявленных источников не может являться объяснением наблюдаемых чрезмерных количеств ТФК в океанах, поверхностных водах и атмосфере, что свидетельствует о наличии более крупных естественных источников ТФК. Согласно данным последних наблюдений типичные концентрации в океане составляют порядка 0,2 мкг/л, а концентрации в 40 мкг/л отмечались в Мертвом море и озерах Невады, что говорит о наличии связи с соляной химией. Расчеты, основанные на прогнозируемых выбросах ГХФУ и ГФУ, показывают, что концентрация ТФК в дождевой воде в связи с их распадом ожидается в диапазоне от 0,1 мкг/л до 0,5 мкг/л в 2010 г. Таким образом, текущими исследованиями не подтверждаются повышения токсичных уровней в 1 мг/л в конкретных экосистемах в результате использования галоидоуглеводородов. [2.4]

¹³ IPCC, 1996: Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (МГЭИК, 1996 г.: Изменение климата, 1995 г.: Научные аспекты проблемы изменения климата. Вклад рабочей группы I во Второй доклад об оценках Межправительственной группы экспертов по изменению климата) [Houghton, J. T., L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 572 pp.

3. Варианты постепенного отказа от ОРВ и уменьшение выбросов ПГ

3.1 Где происходят выбросы ПГ, связанные с использованием ОРВ и их заменителей?

Озоноразрушающие вещества (ОРВ) и их заменители используются для целого ряда продуктов и процессов. Многими из этих веществ (или побочными продуктами, образовавшимися во время производства) являются парниковые газы (ПГ), выбросы которых будут способствовать прямому позитивному воздействию на климат. Прямые выбросы ПГ могут происходить во время производства этих веществ, во время их использования в продуктах и процессах, а также в конце жизни этих продуктов (см. рисунок ТР-1). Банки представляют собой суммарное количество веществ, содержащихся в существующем оборудовании, на химических складах, во вспененных материалах и в другой продукции, которое еще не выпущено в атмосферу.

Косвенными выбросами ПГ в виде применений ОРВ и их заменителей являются выбросы ПГ, связанные с потреблением энергии (топливо и электричество) в течение полного жизненного цикла данного применения⁷. Это воздействие отличается от косвенного негативного радиационного воздействия ОРВ, рассмотренного в предыдущих разделах.

В РКИК ООН рассматриваются антропогенные выбросы из источников и абсорбция поглотителями всех парниковых газов, не контролируемых Монреальским протоколом, а ее Киотский протокол регулирует выбросы двуоксида углерода (CO₂), метана (CH₄), закиси азота (N₂O), ГФУ, ПФУ и гексафторида серы (SF₆). Монреальский протокол, с другой стороны, контролирует не выброс, а скорее производство и потребление ОРВ. Таким образом, выбросы, вызванные высвобождением ХФУ и ГХФУ, находящихся в банках (например холодильное оборудование, пены), не охвачены ни Монреальским протоколом или Конвенцией об изменении климата, ни Киотским протоколом. Эти выбросы могут в значительной мере способствовать в будущем глобальному потеплению.

3.2 Каково предполагаемое развитие оценочных банков и выбросов в период 2002–2015 гг.?

Существующие банки и выбросы

Существующие характеристики выброса ОРВ и их заменителей в значительной мере определяются моделями исторического использования, основанными на относительно высоком вкладе (в настоящее время и в ближайшие десятилетия) со стороны ХФУ и ГХФУ, содержащихся в оборудовании и пенах. Ежегодные

выбросы ХФУ, ГХФУ, ГФУ и ПФУ¹⁴ составляли в 2002 г. около 2,5 ГтСО₂-экв./год (см. таблицу ТР-4^{15, 16}). Холодильные применения, наряду со стационарным кондиционированием воздуха (СКВ) и мобильным кондиционированием воздуха (МКВ), дополняют основную массу глобальных прямых выбросов ПГ. Около 80 % выбросов в 2002 г. приходится на долю ХФУ и ГХФУ.

Банки, содержащиеся в оборудовании и пенах, могут дать утечку на этапе использования продукции, частью которой они являются, а также в конце жизненного цикла продукции (если она не подлежит рекуперации или уничтожению). Оборот банков характеризуется значительным разбросом в зависимости от вида применения: от месяцев (например растворители) до нескольких лет (холодильные применения) и до половины столетия (пенопластовая изоляция).

Согласно оценке, банки ХФУ, ГХФУ, ГФУ и ПФУ содержали примерно 21 ГтСО₂-экв. (2002 г.). Доля ХФУ, ГХФУ и ГФУ составляет около 16,4 и 1 ГтСО₂-экв. соответственно (см. таблицу ТР-5), а доля банков ПФУ, используемых в качестве заменителей ОРВ, составляет только около 0,005 ГтСО₂-экв. Нарастивание банков (относительно) новых применений ГФУ будет в значительной мере определять будущее (после 2015 г.) выбросы без принятия дополнительных мер по управлению банками.

Оценки обычной практики до 2015 г.

В главах по секторам подготовлены оценки **обычной практики** (ОП), касающиеся использования и выбросов ХФУ, ГХФУ, галон-ГФУ и некоторых ПФУ (если они используются в качестве заменителей ОРВ). Согласно этим оценкам предполагается, что все существующие меры будут продолжены, включая Монреальский протокол (прекращение) и соответствующие национальные нормы. Показатели обычной практики и выбросов сохраняются неизменными до 2015 г. Предполагается, что эффективность рекуперации по окончании срока службы не увеличится. Обзор ключевых предположений в отношении оценок ОП до 2015 г. дается в таблице ТР-6.

В период с 2002 по 2015 гг. ожидается значительное увеличение объема деятельности, лежащей в основе выбросов **фторуглеродов**. Эта деятельность и услуги (такие как охлаждение, кондиционирование воздуха и изоляция) будут обеспечиваться благодаря ряду технологий и веществ, включая ХФУ и ГХФУ. В промышленно развитых странах использование и выбросы ХФУ и ГХФУ будут сокращаться в соответствии с требованием Монреальского протокола о поэтапном отказе по мере прекращения эксплуатации устаревшего оборудования. В развивающихся странах производство ГХФУ может продолжаться до 2040 г., и ожидается значительное увеличение их производства. Эти изменения и их последствия показаны в данных, содержащихся в таблице ТР-4. [11.6]

¹⁴ Это касается только выбросов ГФУ и ПФУ, которые образуются в результате их использования в качестве заменителей ОРВ. Суммарные выбросы ГФУ, и особенно ПФУ, гораздо выше из-за выбросов из других применений, которые не охвачены этим докладом (например выбросы в результате производства алюминия и деятельности отрасли по выпуску полупроводников).

¹⁵ Выбросы и банки парниковых газов (ПГ), выраженные в эквивалентах СО₂, используют ППП для прямого радиационного воздействия в течение столетнего временного периода. Если не указано иначе, используются новейшие научные величины для ППП, оцененные в этом докладе и представленные в таблице ТР-3.

¹⁶ Галоны вызывают гораздо более значительное негативное косвенное радиационное воздействие, а не позитивное прямое радиационное воздействие, и в интересах ясности их воздействия не включены в оценки суммарных выбросов и банков, выраженных в МтСО₂-эквивалентов.

Таблица ТР-4. Ежегодные выбросы галонов, ХФУ, ГХФУ, а также ГФУ и ПФУ, которые используются в качестве заменителей ОРВ, в эквиваленте CO₂ парниковых газов (взвешенном по ППП): разбивка по группам ПГ и секторам выбросов. Фактические данные за 2002 г. и оценки по сценарию обычной практики (ОП) для выбросов до 2015 г. и выбросов согласно сценарию смягчения последствий (ССП) в 2015 г. Потенциал снижения — это разница между оценками по сценарию ОП на 2015 г. и оценками по сценарию смягчения последствий.

ПРИМЕЧАНИЕ. Прямые ППП на 100-летний период взяты из докладов МГЭИК (2001 г.) и ВМО (2003 г.) (как перечислено в таблице ТР-3). «Итого» может не суммироваться вследствие округления.

2002 г.	Ежегодные выбросы (МтСО ₂ -экв./год)								
	Холодильное оборудование ^a	СКВ ^b	МКВ ^c	Пены	Медицинские аэрозоли	Противопожарная защита	Побочный продукт ГФУ-23	Другие ^d	Итого
Галоны ^e	–	–	–	–	–	[47] ^e	–	–	[47] ^e
ХФУ	726	99	641	117	69	0	–	0	1 651
ГХФУ	232	164	15	32	–	0,1	–	6	447
ГФУ	102	9	93	3	6	1	195	25	434
ПФУ	0	0	0	0	–	0,1	–	1	1
Итого^e	1 060	271	749	152	75	1	195	32	2 534

Сценарий ОП на 2015 г.	Ежегодные выбросы (МтСО ₂ -экв./год)								
	Холодильное оборудование	СКВ	МКВ	Пены	Медицинские аэрозоли	Противопожарная защита	Побочный продукт ГФУ-23	Другие	Итого
Галоны	–	–	–	–	–	[12] ^e	–	–	[12] ^e
ХФУ	136	50	49	85	17	0	–	0	338
ГХФУ	570	210	19	20	–	0,1	–	9	828
ГФУ	391	109	247	18	23	4	332	27	1 153
ПФУ	0	0	0	0	–	0,1	–	0,1	0,2
Итого^e	1 097	370	315	124	40	5	332	37	2 319

Сценарий смягчения последствий 2015 г.	Ежегодные выбросы (МтСО ₂ -экв./год)								
	Холодильное оборудование	СКВ	МКВ	Пены	Медицинские аэрозоли	Противопожарная защита	Побочный продукт ГФУ-23	Другие	Итого
Галоны	–	–	–	–	–	[12] ^e	–	–	[12] ^e
ХФУ	84	24	32	81	0	0	–	0	221
ГХФУ	359	86	12	17	–	0,1	–	9	484
ГФУ	164	60	92	9	26	4	33	27	416
ПФУ	0	0	0	0	–	0,1	–	0,1	0,2
Итого^e	607	170	136	107	26	5	33	37	1 121

Потенциал уменьшения на 2015 г.	Уменьшение выбросов (МтСО ₂ -экв./год)								
	Холодильное оборудование	СКВ	МКВ	Пены	Медицинские аэрозоли	Противопожарная защита	Побочный продукт ГФУ-23	Другие	Итого
Галоны	–	–	–	–	–	о. н. ^f	–	–	–
ХФУ	53	26	17	4	17	–	–	–	117
ГХФУ	210	124	7	3	–	о. н.	–	о. н.	344
ГФУ	227	49	155	10	-3	о. н.	299	о. н.	737
ПФУ	–	–	–	–	–	–	–	–	0
Итого^e	490	200	179	17	14	о. н.	299	о. н.	1 198

ПРИМЕЧАНИЯ:

^a «Холодильное оборудование» включает бытовое, коммерческое, промышленное (в т. ч. обработку пищевых продуктов и холодильное хранение) и транспортное холодильное оборудование.

^b «СКВ» (стационарное кондиционирование воздуха) включает бытовое и коммерческое кондиционирование воздуха и отопление.

^c «МКВ» (мобильное кондиционирование воздуха) применяется в автомобилях, автобусах и пассажирских кабинах грузовиков.

^d «Другие» включают немедицинские аэрозоли и растворители.

^e Галоны вызывают в гораздо большей степени негативное косвенное, нежели позитивное прямое радиационное воздействие, и в интересах ясности их воздействия не включены в итоговые значения и показаны в таблице в скобках.

^f О. н. — объем неизвестен.

Таблица ТР-5. Банки галонов, ХФУ, ГХФУ, а также ГФУ и ПФУ, которые используются в качестве заменителей ОРВ, в эквиваленте CO₂ (взвешенном по ППП) для парниковых газов: разбивка по группам ПГ и секторам выбросов. Фактические данные за 2002 г. и оценки ОП и ССП на 2015 г.

ПРИМЕЧАНИЕ. Прямые ППП на 100-летний период взяты из доклада МГЭИК (2001 г.) и ВМО (2003 г.) (как перечислено в таблице ТР-3). «Итого» может не суммироваться вследствие округления.

2002 г.	Банки (МтСО ₂ -экв./год)							Итого
	Холодильное оборудование ^a	СКВ ^b	МКВ ^c	Пены	Медицинские аэрозоли ^f	Противопожарная защита	Другие ^{d, f}	
Галоны ^e	–	–	–	–	–	[531] ^e	–	[531] ^e
ХФУ	3 423	631	1 600	10 026	69	0	0	15 749
ГХФУ	810	1 755	36	1 229	–	5	6	3 841
ГФУ	518	123	350	16	6	65	25	1 103
ПФУ	0	0	0	0	–	4	1	5
Итого^e	4 751	2 509	1 987	11 270	75	74	32	20 698

Сценарий ОП на 2015 г.	Банки (МтСО ₂ -экв./год)							Итого
	Холодильное оборудование	СКВ	МКВ	Пены	Медицинские аэрозоли	Противопожарная защита	Другие	
Галоны	–	–	–	–	–	[206] ^e	–	[206] ^e
ХФУ	653	208	138	7 286	17	0	0	8 302
ГХФУ	1 582	1 536	42	1 696	–	6	9	4 871
ГФУ	1 922	1 488	896	644	23	226	27	5 227
ПФУ	–	–	–	0	–	4	0,1	4
Итого^e	4 157	3 232	1 076	9 626	40	236	37	18 404

Сценарий смягчения последствий на 2015 г.	Банки (МтСО ₂ -экв./год)							Итого
	Холодильное оборудование	СКВ	МКВ	Пены	Медицинские аэрозоли	Противопожарная защита	Другие	
Галоны	–	–	–	–	–	[206] ^e	–	[206] ^e
ХФУ	627	208	138	7 286	0	0	0	8 258
ГХФУ	1 466	1 134	41	1 696	–	6	9	4 352
ГФУ	1 455	1 586	712	494	26	226	27	4 527
ПФУ	–	–	–	0	–	4	0,1	4
Итого^e	3 548	2 928	891	9 475	26	236	37	17 141

ПРИМЕЧАНИЯ:

^a «Холодильное оборудование» включает бытовое, коммерческое, промышленное (в т. ч. обработка пищевых продуктов и холодильное хранение) и транспортное холодильное оборудование.

^b «СКВ» (стационарное кондиционирование воздуха) включает бытовое и коммерческое кондиционирование воздуха и отопление.

^c «МКВ» (мобильное кондиционирование воздуха) применяется в автомашинах, автобусах и пассажирских кабинах грузовиков.

^d «Другие» включают немедицинские аэрозоли и растворители.

^e Галоны вызывают в гораздо большей степени негативное косвенное, нежели позитивное прямое радиационное воздействие, и в интересах ясности их воздействия не включены в итоговые значения и показаны в таблице в скобках.

^f Предполагается, что эмиссионные применения имеют банки, которые равны ежегодным выбросам.

Таблица ТР-6. Ключевые предположения в сценариях ОП и смягчения последствий.

Сектор	Ежегодный рост рынка в 2002–2015 г. (как в ОП, так и ССП) ^a (%/год)				Предположения наилучшей практики								
					Тип снижения	ЕС		США		Япония		РС ^a	
						ОП	ССП	ОП	ССП	ОП	ССП	ОП	ССП
Бытовое холодильное оборудование	1	2,2	1,6	2–4,8	Вещество	ГФУ-134a/ УВ-600a	УВ-600a	ГФУ-134a	ГФУ-134a/ УВ-600a (50 %)	ГФУ-134a	УВ-600a	ХФУ-12/ ГФУ-134a	Плюс УВ-600a (50 % в 2010 г.)
					Рекуперация	0 %	80 %	0 %	80 %	0 %	80 %	0 %	50 %
Коммерческое холодильное оборудование	1,8	2,7	1,8	2,6–5,2	Вещество	R-404A	R-404A/ R-410A (50 %)	ГХФУ-22/ R-404A	R-404A/ R-410A (50 %)	ГХФУ/ R-404A	R-404A/ R-410A (50 %)	ХФУ/ ГХФУ	R-404A/ R-410A (50 %)
					Рекуперация	50 %	90 %	50 %	90 %	50 %	90 %	25 %	30 %
					Загрузка		-30 %		-30 %		-30 %		-10 %
Промышленное холодильное оборудование	1	1	1	3,6–4	Вещество	ГФУ-NH ₃ (35 %)	ГФУ-NH ₃ (70 %)	ГХФУ/ ГФУ-NH ₃ (60 %)	ГХФУ/ ГФУ-NH ₃ (80 %)	ГХФУ/ ГФУ-NH ₃ (35 %)	ГХФУ/ ГФУ-NH ₃ (70 %)	ХФУ/ ГХФУ-22	NH ₃ (40–70 %)
					Рекуперация	50 %	90 %	50 %	90 %	50 %	90 %	15–25 %	50 %
					Загрузка		-40 %		-40 %		-40 %		-10 %
Транспортное холодильное оборудование	2	3	1	3,3–5,2	Вещество	ГФУ	ГФУ	ГХФУ/ ГФУ	ГХФУ/ ГФУ	ГХФУ/ ГФУ	ГХФУ/ ГФУ	ХФУ/ ГХФУ-22	Плюс ГФУ, до 30 %
					Рекуперация	50 %	80 %	50 %	70 %	50 %	70 %	0 %	20–30 %
Стационарные КВ	3,8	3	1	5,4–6	Вещество	ГФУ	ГФУ	ГХФУ/ ГФУ	ГХФУ/ ГФУ	ГХФУ/ ГФУ	ГХФУ/ ГФУ	ХФУ/ ГХФУ-22	ХФУ/ ГХФУ-22 (30 % ГФУ в некоторых РС)
					Рекуперация	50 %	80 %	30 %	80 %	30 %	80 %	0 %	50 %
					Загрузка				-20 %		-20 %		
Мобильные КВ	4	4	1	6–8	Вещество	ГФУ-134a/ CO ₂ (10 %) на 2008 г.	ГФУ-134a/ CO ₂ (50 %) на 2008 г.	ГФУ-134a	ГФУ-134a / CO ₂ (30 %) на 2008 г.	ГФУ-134a	ГФУ-134a / CO ₂ (30 %) на 2008 г.	ХФУ/ ГФУ-134a	ХФУ/ ГФУ-134a
					Рекуперация	50 %	80 %	0 %	70 %	0 %	70 %	0 %	50 %
					Загрузка	700 г	500 г	900 г	700 г	750 г	500 г	750–900 г	750–900 г

Таблица ТР-6. (продолж.)

Сектор	Ежегодный рост рынка в 2002–2015 гг. (как в ОП, так и ССП) ^a (%/год)	Предположения наилучшей практики	
Пены	Около 2 %/год	ОП ССП	Предположения по использованию веществ (см. главу 7) Снижение потребления ГФУ: линейное уменьшение использования ГФУ в период 2010–2015 гг., ведущее к 50-процентному снижению к 2015 г. Более эффективное производство/монтаж: принятие с 2005 г. стратегий снижения производственных выбросов для всех блоковых пенопластов, а с 2008 г. — в других подсекторах пенопластов. Варианты управления в связи с окончанием срока службы: распространение существующих мер в связи с окончанием срока службы на все применения и облицованные сталью панели к 2010 г. наряду с 20-процентным показателем рекуперации из других используемых в строительстве пенопластов с 2010 г.
Медицинские аэрозоли	1,5–3 %/год	ОП ССП	Частичный поэтапный отказ от ХФУ Полный поэтапный отказ от ХФУ
Противопожарная защита	-4,5 %/год (все вещества) +0,4 %/год (ГХФУ/ГФУ/ПФУ)	ОП ССП	Поэтапный отказ от галонов Объем неизвестен
Побочный продукт ГФУ-23	2,5 %/год	ОП ССП	Выбросы ГФУ-23 из существующего производственного потенциала: 2 % производства ГХФУ-22 (в кт) Выбросы ГФУ-23 из нового производственного потенциала: 4 % производства ГХФУ-22 (в кт) Стопроцентное осуществление вариантов снижения (90-процентное снижение выбросов)
Немедицинские аэрозоли и растворители	Период 16-процентного увеличения суммарных выбросов, взвешенных по CO ₂ , за период 2002–2015 гг.	ОП ССП	См. главу 10 Объем неизвестен

ПРИМЕЧАНИЕ.

^a ОП — обычная практика; ССП — сценарий смягчения последствий; РС — развивающиеся страны.

Снижение уровня выбросов ХФУ не сопровождается аналогичным увеличением выбросов ГФУ вследствие продолжающихся тенденций в направлении использования технологии и заменителей без ГФУ с более низкими ППП. Кроме того, но без включения при этом в сценарий ОП, захват и безопасное удаление веществ, которые были выброшены в прошлом, будут характеризоваться, вероятно, увеличением в отношении ГФУ, поскольку эти вещества контролируются в соответствии с Киотским протоколом. В случае ОП предполагается постоянное применение всех существующих мер, а сценарии смягчения последствий включают усовершенствования, которые могут быть осуществлены исходя из предположения о глобальном применении существующих в области наилучшей практики методов уменьшения выбросов.

В сценарии ОП прогнозируется сокращение банков в 2015 г. до 18 ГтСО₂-экв. Ожидается, что банки ХФУ, связанные с холодильным оборудованием, СКВ¹⁷ и МКВ, уменьшатся с порядка 6 ГтСО₂-экв. в 2002 г. до 1 ГтСО₂-экв. к 2015 г. главным образом вследствие выпуска в атмосферу и частично — вследствие рекуперации и уничтожения после окончания срока службы. Банки ХФУ, содержащиеся в пенах, остаются значительными (уменьшение с 10 до 7 ГтСО₂-экв. за тот же период). Банки ГХФУ увеличатся приблизительно с 4 до 5 ГтСО₂-экв. главным образом вследствие прогнозируемого увеличения использования ГХФУ-22 в коммерческом холодильном оборудовании. Суммарные банки ГФУ начнут возрастать до 5 ГтСО₂-экв. в 2015 г. Банки ГФУ в пенах представляют только 0,6 ГтСО₂-экв., и прогнозируется их дальнейшее увеличение после 2015 г. [11.4 и 11.6]

В сценарии ОП прогнозируется, что суммарные прямые выбросы ХФУ, ГХФУ, ГФУ и ПФУ составят к 2015 г. порядка 2,3 ГтСО₂-экв./год (по сравнению с порядка 2,5 ГтСО₂-экв./год в 2002 г.)¹⁶. Совокупные выбросы ХФУ и ГХФУ уменьшаются с 2,1 (2002 г.) до 1,2 ГтСО₂-экв./год (2015 г.), а выбросы ГФУ увеличиваются с 0,4 (2002 г.) до 1,2 ГтСО₂-экв./год (2015 г.)¹⁸. Выбросы ПФУ в результате использования заменителей ОРВ составляют около 0,001 ГтСО₂-экв./год (2002 г.), и прогнозируется их уменьшение.

В таблице ТР-4 показан относительный вклад секторов в глобальные прямые выбросы ПГ, которые связаны с использованием ОРВ и их заменителей. Холодильные применения, наряду с СКВ и МКВ, являются главным источником (77 % в ОП 2015 г.) глобальных прямых выбросов ПГ, что соответствует более высоким показателям выбросов, ассоциируемых с банками хладагентов. Ожидается, что самая большая часть выбросов ПГ из пен произойдет после 2015 г., поскольку большинство выпусков газов происходит в конце срока службы. Доля выбросов побочных продуктов ГФУ-23 составляет 14 % всех прямых выбросов ПГ (ОП 2015 г.).

Вследствие утечки ХФУ из банков в атмосферу выбросы ХФУ уменьшатся с 1,7 (2002 г.) до 0,3 ГтСО₂-экв. (2015 г.). Прогнозируется увеличение выбросов ГХФУ с 0,4 (2002 г.) до 0,8 ГтСО₂-экв./год (2015 г.) из-за резкого увеличения их использования в (коммерческих) применениях холодильного оборудования и СКВ. Прогнозируемое трехкратное увеличение выбросов ГФУ является результатом возросшего применения ГФУ в секторах холодильного оборудования, СКВ и МКВ, а

также вследствие побочных выбросов ГФУ-23 из-за увеличения объема производства ГХФУ-22. Прогнозируется увеличение производства ГХФУ-22 почти на 40 % в период 2002–2015 гг. [11.4 и 11.6]

Литература не позволяет оценить общие косвенные выбросы ПГ, связанные с потреблением энергии. По отдельным применениям значимость косвенных выбросов ПГ на протяжении цикла жизни может находиться в пределах от низкой до высокой, а для некоторых применений может достигать порядка величины, превышающей прямые выбросы ПГ. Это в значительной степени зависит от конкретного сектора и характеристик продукции/применения, углеводородности потребляемого электричества и топлив в течение всего цикла жизни данного применения, мер защиты на этапе использования и обработки в конце срока жизни веществ, хранимых в банке. В таблице ТР-7 приведены примеры диапазонов, найденных в литературе, в отношении доли прямых выбросов в суммарных выбросах ПГ для применений, использующих ГФУ. Для применений, использующих другие вещества, эти доли могут отличаться существенным образом. Запасы холодильного оборудования с относительно старой датой производства, в котором используются ХФУ, могут явиться, в частности, источником значительной части прямых выбросов. [3.2, 4 и 5]

Перспективные оценки сценария смягчения последствий до 2015 г.

Варианты смягчения последствий определяются и описываются для каждого сектора в главах, посвященных соответствующим секторам. В разделе 4 этого технического резюме приводится более подробная информация по секторальным возможностям уменьшения. На более агрегированном уровне общие потенциалы уменьшения выбросов по секторам определяются для 2015 г. по сравнению со сценарием ОП. Оценки основаны на сценарии смягчения последствий, в котором предполагается глобальное применение **наилучшей практики** в области использования, рекуперации и уничтожения ОРВ и заменителей ОРВ. Содержащиеся в сценарии предположения представлены в таблице ТР-6, а секторальные выбросы ПГ в сценарии смягчения последствий в 2015 г. показаны в таблице ТР-4.

Благодаря глобальному применению методов наилучшей практики и рекуперации по сравнению со сценарием ОП к 2015 г. прямые выбросы ПГ могут быть уменьшены почти на 1,2 ГтСО₂-экв./год. Почти 60 % этого потенциала составляет уменьшение выбросов ГФУ; доля ГХФУ и ХФУ составляет порядка 30 и 10 % соответственно. Почти 75 % потенциала сокращения может быть выявлено в секторах холодильного оборудования, СКВ и МКВ, и порядка 25 % могут быть получены благодаря ликвидации побочных выбросов ГФУ-23, образующихся в результате производства ГХФУ-22. Доля этого последнего варианта составляет около 40 % потенциала сокращения ГФУ. [11.6]

¹⁷ В этом техническом резюме сектор «холодильного оборудования» включает бытовые, коммерческие, промышленные (в т. ч. обработку пищевых продуктов и холодильное хранение) и транспортные холодильники. [4] «Стационарное кондиционирование воздуха (СКВ)» включает бытовое и коммерческое кондиционирование воздуха и отопление. [5] «Мобильное кондиционирование воздуха (МКВ)» относится к автомашинам, автобусам и пассажирским кабинам грузовиков.

¹⁸ Для этих величин выбросов использовались новейшие научные значения для ППП (см. таблицу ТР-3). Если будут использоваться ППП РККИ ООН, то сообщаемые выбросы ГФУ (выраженные в тоннах СО₂-экв.) будут ниже примерно на 15 %.

Таблица ТР-7. Процентная доля прямых выбросов в суммарных выбросах парниковых газов в течение срока жизни в разных применениях (выбросы, связанные с функциональной единицей) — отдельные показательные примеры для применений, использующих ГФУ.

Сектор применения	Применяемый метод	Процентная доля выбросов ГФУ в системе выбросов парниковых газов на протяжении срока жизни (при ППП-100)	Характеристика системы и ключевые предположения
МКВ	СЭВП	40–60 % — современные системы (бензиновый двигатель) 50–70 % — современные системы (дизельный двигатель)	Легковая автомашина; ГФУ-134а Севилья (Испания)
Коммерческое холодильное оборудование	ВКЖЦ	20-50 % — для широкого диапазона испытаний чувствительности применительно к показателю утечки, энергетическому КПД и энергоснабжению	Прямое расширение холодильного агрегата; супермаркет (1 000 м ²); R-404А; Германия
Бытовое холодильное оборудование	СЭВП	2-3 % — не рекупируется при окончании срока службы	Бытовой холодильник европейского стандарта; ГФУ-134а; всемирная усредненная структура электропитания
Изоляционная пена бытовых холодильников	ВКЖЦ	6 % — 90 % рекуперации пенообразующего вещества при утилизации 17 % — 50 % пенообразующего вещества рекупируется при утилизации	ГФУ-24fa; Европа
Изоляционный пенополиуретан в грузовом автомобиле с рефрижераторной установкой	ВКЖЦ	2 % — полная рекуперация ГФУ при утилизации 13 % — без рекуперации ГФУ при утилизации	Дизельный грузовой автомобиль с рефрижераторной установкой; Германия
Распыляемый пенополиуретан в плоской утепленной крыше промышленного назначения	ОЖЦ	13 % — полная рекуперация ГФУ при утилизации 20 % — без рекуперации ГФУ при утилизации	Толщина 4 см; ГФУ-365mfc; Германия
Пенополиуретановые плиты в стенах облегченной кладки частных строений	ОЖЦ	4 % — полная рекуперация ГФУ при утилизации 17 % — без рекуперации ГФУ при утилизации	Толщина 5 см; ГФУ-365mfc; Германия
Пенополиуретановые плиты в утепленной скатной крыше частных строений	ОЖЦ	10 % — полная рекуперация ГФУ при утилизации 33 % — без рекуперации ГФУ при утилизации	Толщина 10 см; ГФУ-365mfc; Германия

Из выбросов, связанных с банками, которые можно предотвратить в период до 2015 г., бóльшую часть занимают применения в холодильном оборудовании, где показатели выбросов за тот же период, согласно сценарию ОП, гораздо более значительны, чем у пеноматериалов. В случае заблаговременных действий можно уловить бóльшую часть выбросов из банков ХФУ.

Большинство косвенных выбросов ПГ, связанных с энергией, происходит на этапе использования применений, и во многих случаях результатом повышения эффективности использования энергии могут стать существенные уменьшения выбросов ПГ, особенно если этап использования является длительным. Повышение энергетического КПД может оказаться выгодным и снизить чистую стоимость вариантов уменьшения выбросов, хотя потенциал уменьшения и в этом случае в значительной мере зависит от конкретных обстоятельств. Хотя проанализированная литература не позволила дать глобальную оценку этого потенциала уменьшения, этот момент иллюстрируется в нескольких тематических исследованиях на техническом и национальном уровнях.

Неопределенности

Неопределенности в перспективных оценках выбросов являются значительными. Сравнение результатов атмосферных измерений с кадастровыми расчетами показывает различия по группам веществ (ХФУ, ГХФУ, ГФУ и ПФУ), составляющие порядка 10–25 %. Для отдельных газов эти различия могут быть значительно бóльшими. Эти различия вызваны невыявленными эмиссионными применениями некоторых веществ (например ХФУ-11, ГХФУ-141b, ГХФУ-142b), которые не учитываются в кадастровых расчетах, и неопределенностями в комплектах данных географического распределения использованного оборудования. [11.3.4]

3.3 Какие варианты имеются для сокращения выбросов ПГ?

В целом технические варианты сокращения прямых выбросов ПГ могут быть обеспечены посредством:

- совершенствования мер защиты веществ;
- уменьшения загрузки веществ в оборудование и продукцию;
- рекуперации и рециркуляции или уничтожения веществ по окончании срока жизни;
- более широкого использования альтернативных веществ с уменьшенным или незначительным потенциалом глобального потепления;
- **беспропеллентных технологий.**

Сокращения косвенных выбросов ПГ могут быть достигнуты посредством повышения энергетического КПД продукции и процессов (и посредством сокращения конкретных выбросов ПГ энергетической системой). Для определения того, какой из технологических вариантов имеет наивысший потенциал сокращения выбросов ПГ, необходимо провести оценку как прямых, так и косвенных выбросов. Сравнение технологических вариантов не является простой операцией, поскольку даже в рамках одного технологического применения могут наблюдаться значительные расхождения между прямыми и косвенными выбросами. На рисунке TP-10 показано распределение прямых выбросов из мобильных кондиционеров воздуха парка легковых автомашин и косвенных, связанных с энергией, выбросов из холодильников супермаркетов. Графики свидетельствуют о том, что даже в пределах единого технологического класса для сокращения прямых и/или косвенных выбросов существуют значительные различия в потенциалах. Исключительно важный первый шаг в оказании содействия сокращению выбросов в кратко- и среднесрочной перспективе будет связан с надлежащим

мониторингом, стандартизацией и пониманием характеристик системы. В то же время для достижения крупных сокращений выбросов в долгосрочной перспективе необходимо будет сделать выборы между различными существующими технологическими вариантами, и, соответственно, существует необходимость получения подготовки и информации при помощи стандартизованных механизмов экологической оценки.

3.4 Какие механизмы оценки могут предоставить информацию о выборе технологий?

Для охраны стратосферного озонового слоя и климата требуется отбор технологий, которые отличаются друг от друга с точки зрения их воздействий на климат, здоровье, безопасность и другие экологические конечные задачи, а также на связанные с ними частные и социальные расходы. Анализы этих различных воздействий могут помочь принимающим решения лицам сделать выбор между конкурирующими технологиями замены. В то же время результаты подобных анализов могут быть различными в зависимости от того, какие из многочисленных факторов, которые не являются существенными для данных технологий, были приняты во внимание; они включают аналитический подход (например принцип «сверху-вниз» по сравнению с принципом «снизу-вверх»), степень оптимизации продукта или процесса, практику обслуживания и удаления, региональные особенности, а также значимость других исходных факторов и предположений. Поэтому для того, чтобы сделать разумные выборы, принимающие решения лица должны быть информированы о чувствительных элементах, неопределенностях и ограничениях, свойственных для каждого типа анализа, а также

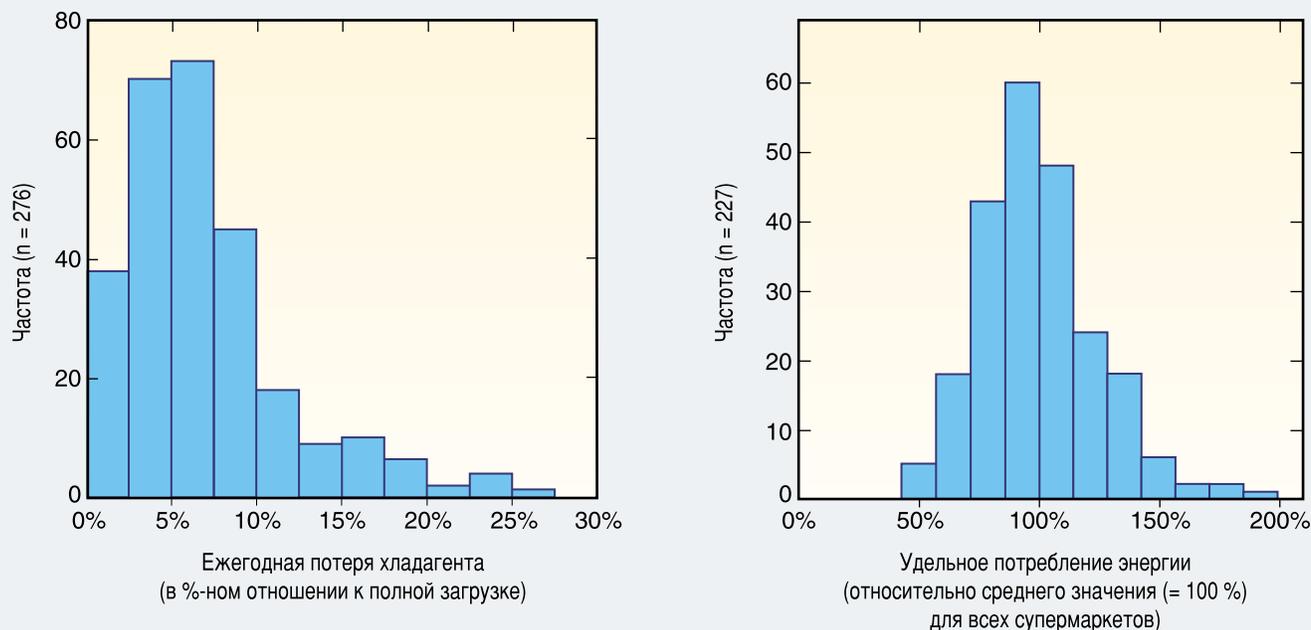


Рисунок TP-10. Различия между прямыми и косвенными выбросами в рамках парков оборудования. Ежегодные показатели утечки в мобильных системах кондиционирования воздуха в парке легковых автомашин (левая секция, n = 276). Удельное потребление энергии, выраженное в виде процентной доли среднего значения для группы единиц холодильного оборудования супермаркетов со стандартной схемой (правая секция, n = 227).

должны быть способны дать оценку того, являются ли подход и предположения, использованные в анализе, целесообразными для регионов и временных периодов, в которых будут применяться конкурирующие технологии.

Для решения подобных проблем требуются хорошо зарекомендовавшие себя и четко описанные методологии. В этом докладе дается обзор различных типов анализов и четкое руководство в отношении методики их оценки и применения. Для каждого типа анализа рассматриваются наиболее важные аналитические подходы и переменные, а также их чувствительные элементы, неопределенности и ограничения.

Любая оценка технических вариантов уменьшения последствий выбросов связана с определением многочисленных факторов. Они включают влияние прямых и косвенных выбросов на радиационное воздействие, последствия каждого применения и соединения для стоимости, здоровья, безопасности и окружающей среды; виды практики в области обслуживания или проектирования, которые могут привести к уменьшению утечки; и эффекты рекуперации и рециркуляции. Эти факторы могут характеризоваться наличием значительных неопределенностей и отличаться в зависимости от того или иного применения или того или иного региона. Необходимо также учитывать факторы нетехнического характера, такие как отличные друг от друга нормативные основы и условия для руководства в разных частях мира, наличие инфраструктуры, инвестиционное финансирование и исторические факторы. Во многих случаях об этих факторах имеется лишь неполная информация, что ограничивает соответственно возможности для всеобъемлющей оценки.

В этом докладе рассматриваются прямые выбросы галоидоуглеводородов, которые связаны с их производством, использованием и прекращением эксплуатации, а также косвенные выбросы, образующиеся в результате энергетических потребностей. Подобные выбросы определяются в количественном выражении, а расходы, связанные с их сокращением, оцениваются в соответствии с представленными в настоящем документе методологиями. Для всеобъемлющей оценки необходимо дать количественное определение не только частных расходов: следует учитывать также внешние расходы, которые не оплачиваются частным сектором, но которые являются бременем для общества.

Цель главы этого доклада, посвященной методологиям (глава 3), заключается в описании процедур для количественного определения выбросов как ОРВ, так и ПГ, и расходов, связанных с сокращением этих выбросов. Существует широкий спектр механизмов оценки — от весьма хорошо зарекомендовавших себя процедур, применяемых на глобальном уровне, до механизмов, не имеющих четкого определения и не применяемых последовательным образом. Таблица ТР-8 содержит обзор методологий, определенных в качестве соответствующих этому докладу.

При оценке последствий для окружающей среды и изменения климата принимающие решения лица предпочитают иметь всеобъемлющее представление о всех соответствующих экологических аспектах. Однако зачастую трудно дать количественное определение информации, отличной от информации о прямых и косвенных выбросах ПГ. Соответственно, **суммарное эквивалентное воздействие потепления** (СЭВП — мера выбросов ПГ в течение этапа использования и удаления) и **влияние на климат на протяжении жизненного цикла** (ВКЖЦ, которое

также включает прямые выбросы ПГ во время производства и косвенные выбросы ПГ, связанные с энергией, хранящейся в вызывающих озабоченность веществах) имеют большую практическую ценность, нежели более всеобъемлющие методологии, такие как **оценка на протяжении жизненного цикла** (ОЖЦ), экологическое бремя и другие. Целесообразно отметить, что не существует никакой научно установленной основы для уменьшения многочисленных результатов воздействия (такого, как ОЖЦ) до единого общего счета или количества.

В прошлом уделялось мало внимания обеспечению сопоставимости результатов разных оценок технологии. Существует широкий диапазон имеющихся результатов по характеристикам ПГ на основе разных оценок, которые нередко являются несопоставимыми. Обработка неопределенностей является часто неполной, а итоговые рекомендации недостаточно четкими для того, чтобы провести их сравнение по разным секторам. С учетом наличия многочисленных предположений и разных методологий важная роль отводится технологическим сравнениям в рамках согласованных условий с использованием общего набора методов и предположений. Рекомендуется разработка простых и прагматичных стандартных методологий и их соответствующих критериев качества. В ходе будущей работы необходимо будет ликвидировать разрыв между применением конкретных сравнений и достаточно четкими результатами, которые могут быть использованы для разработки политики в рамках целых подсекторов.

Анализ секторальных и глобальных выбросов и потенциалов сокращения выбросов основаны на обширных базах данных по паркам оборудования и прочим распределениям продукции, которые охватывают местные данные по выбросам веществ и потреблению энергии. В идеальном варианте эти базы данных должны быть согласованными и совместимыми с национальными кадастрами выбросов ПГ. Необходимо предоставление информации о продажах жидкостей различным сторонам, действующим в данном подсекторе. Повышение качества этих относительно всеобъемлющих комплектов данных для проведения анализа в поддержку четко сформулированной секторальной политики требует наличия значительных ресурсов и результатов по ряду конфиденциальных вопросов, подход к которым требует осторожности. Для обеспечения позитивного приема со стороны различных подсекторов в отношении будущих разработок принимающие решения лица могут рассмотреть вопрос об уделении особого внимания более широкому участию соответствующих заинтересованных лиц, а также принятию дополнительных мер, с тем чтобы повысить прозрачность для внешних пользователей посредством предоставления более обширной документации о методах и предположениях.

Таблица ТР-8. Обзор методологий оценки, рассмотренных в настоящем докладе.

Методология оценки	Обзор
Прямые выбросы	
Производство	1) Определение всех сырьевых потребностей и этапов химической обработки, необходимых для превращения сырья в промежуточную и окончательную продукцию. 2) Учет всех выбросов, происходящих на каждом этапе, посредством измерения и/или моделирования.
Использование	1) Измерения оценочных потерь жидкостей во время срока жизни оборудования, которые являются источником прямых выбросов. 2) Потери при транспортировке и распределении включены в качестве прямых выбросов при использовании.
Прекращение эксплуатации	1) Выбросы учитываются на основе окончательного назначения продукции. 2) В случае нерекуперирования все оставшиеся жидкости считаются прямыми выбросами. 3) В случае рекуперации выбросы также могут происходить во время переработки жидкости.
Косвенные выбросы	
Производство	1) Моделирование и/или измерение затраченной энергии в оборудовании, используемом для получения, предварительной обработки, транспортировки и преобразования сырья в окончательную продукцию на предприятиях. 2) Моделирование и/или измерения суммарного потребления энергии для производства одной единицы конкретной жидкости из сырьевого материала. 3) Сопоставление потребления энергии с выбросом ПГ на основе данных по конкретному региону или стране.
Использование	1) Оценка потребления энергии за срок жизни оборудования. а) Применения холодильного оборудования, кондиционирования воздуха и отопления: моделирование и/или измерение потребления энергии оборудованием. б) Изоляционные пены: b1) моделирование компенсации толщины и/или b2) измерение потребления энергии для исходного применения и применения с пеноизоляцией. 2) Сопоставление потребления энергии с выбросом ПГ на основе данных по конкретному региону или стране.
Прекращение эксплуатации	1) Потребление энергии, необходимое для рециркуляции или уничтожения продукции после окончания срока жизни. 2) Сопоставление потребления энергии с выбросом ПГ на основе данных по конкретному региону или стране.
Расходы	
Частные расходы	Расходы рассчитываются на основе опыта частных компаний. Они включают главным образом капитальные затраты, затраты на рабочую силу, землю, материалы, обслуживание и административные расходы.
Социальные расходы	Расходы, которые обычно возлагаются на общество, такие как загрязнение воздуха и воды, и связаны с производством товаров частными секторами. Эти расходы оцениваются посредством количественного определения пользы и убытков, приносимых конечной продукцией.
Ставки дисконта	Используются для учета различного распределения времени понесенных расходов. Настоящая стоимость или уравниваемая стоимость оценивается с учетом рыночных и социальных ставок дисконта для частных или социальных расходов соответственно.
Устойчивое развитие	Количественное или по меньшей мере качественное определение положительных и отрицательных последствий для благосостояния общества, вызванных изменениями в производстве или использовании жидкостей.
Здоровье и безопасность	
Здоровье и безопасность	1) Уделение главного внимания оценке рисков химических веществ с последующей минимизацией негативных последствий для здоровья и безопасности посредством управления рисками систем. 2) Использование для соответствующих веществ ссылок на существующие базы и источники данных.
Экологические последствия	
СЭВП (суммарное эквивалентное воздействие потепления) — учитывает ПГ в результате прямых выбросов рабочих жидкостей наряду со связанными с энергетикой выбросами CO ₂	$TEWI = \sum(a_i * b_i + a_i * c_i) + d$ a _i = ППП выброшенного газа i; b _i = масса газа i, выпущенного во время рабочего срока жизни системы; c _i = масса газа i, выпущенного при прекращении эксплуатации системы в связи с окончанием срока службы; d = выброс CO ₂ в результате использования энергии для функционирования системы (в течение ее полного срока жизни).
ВКЖЦ (влияние на климат на протяжении жизненного цикла) — учитывает факторы СЭВП плюс неорганизованные выбросы во время производства (только рабочих жидкостей) и CO ₂ , связанных с их энергетическим потенциалом	$ВКЖЦ = СЭВП \text{ (расчетная величина, описанная выше)} + \sum x_i * y_i + z$ x _i = ППП газа i, выброшенного во время производства жидкости; y _i = масса газа i, выпущенного во время производства жидкости; z = энергетический потенциал всех материалов, используемых для производства жидкостей (удельная энергия, используемая для производства массы одной единицы каждого материала, помноженная на суммарную выброшенную массу), выраженный в CO ₂ -экв.
ОЖЦ (оценка на протяжении жизненного цикла) — описывает экологические последствия систем продукции от приобретения сырьевых материалов до конечной ликвидации	1) Описание системы с точки зрения процессов ее единиц и их взаимосвязей. 2) Составление кадастра соответствующих входных и выходных элементов процесса каждой единицы и систем, которые связаны с этими входными и выходными элементами (инвентаризационный анализ жизненного цикла). 3) Оценка потенциальных экологических последствий этих входных и выходных элементов. Наиболее очевидными категориями экологических последствий являются изменение климата и истощение озонового слоя, однако некоторые или все экологические категории могут быть важными.

3.5 Каковы региональные различия?

Различие в экономическом развитии является весьма важным фактором, объясняющим региональные различия в оценках. Ключевые предположения в отношении показателей технических характеристик, таких как срок жизни оборудования и оперативная стоимость оборудования и продукции, являются весьма различными для развитых и развивающихся стран в том, что связано, по-видимому, со стоимостью капитала.

В развивающихся странах традиционные частные расходы, как правило, учитываются, в то время как редко принимаются во внимание другие скрытые частные расходы (например на научные исследования и опытно-конструкторские разработки (НИОКР), подготовку кадров, экологическую ответственность). Внешние расходы, как правило, плохо учитываются, поскольку обычно отсутствуют какие-либо нормы, касающиеся вопросов внешней стороны дела, а информированность населения находится на низком уровне. Действующие на местах нормы в области охраны здоровья и безопасности обычно учитываются благодаря наличию и обеспечению соблюдения трудового законодательства в большинстве развивающихся стран.

Между развитыми и развивающимися странами могут также быть выявлены значительные различия в отношении диапазона неопределенности их оценок выбросов (как прямых, так и косвенных выбросов), которые, в свою очередь, используются в качестве исходных элементов для дальнейшего анализа. В случае прямых выбросов достигнут определенный прогресс в области распространения методологий составления кадастров выбросов благодаря инвестициям в развивающихся странах по линии Многостороннего фонда Монреальского протокола. В то же время как для развитых, так и для развивающихся стран неопределенности в целом являются значительными. Совершенствование количественного определения косвенных выбросов ПГ, которые являются значительными по отношению к суммарным выбросам ПГ, по-прежнему остается проблемой для всех стран. Трудности концентрируются вокруг таких вопросов, как наличие данных о потреблении энергии, определение удельной доли углерода в потребляемой энергии и оценки выбросов ПГ, связанные с энергией, содержащейся в исходных элементах производства. Эти проблемы указывают на необходимость согласованных глобальных усилий, если принимающие решения лица должны быть обеспечены информацией, необходимой для принятия решений, благоприятных для глобального озонового слоя и климатической политики.

Вышеуказанные проблемы усугубляются тем фактом, что каждая технология, которая приводит к прямым или косвенным выбросам, характеризуется уникальными потребностями в данных для определения их последствий для климата и озона. Подобная ситуация порождает вопросы, касающиеся потенциала, стандартов, политики и нормативного регулирования, для которых развитые страны установили более совершенные, хотя не всеобъемлющие рамки, в пределах которых необходимо реагировать. Это подчеркивает необходимость разработки простых стандартных методологий и соответствующих критериев качества в соответствии с рекомендациями, содержащимися в данном докладе. [3.6]

3.6 Какие основные возможности выявлены для сокращения выбросов ПГ, связанных с использованием ОРВ, их заменителей, и соответствующих косвенных выбросов?

Количественное определение основных возможностей для сокращения прямых выбросов в разбивке по секторам и группам веществ содержится в таблице ТР-4. В таблице ТР-9 кратко изложены характеристики секторов и конкретные возможности для смягчения последствий. Более подробно возможности для сокращения выбросов ПГ рассматриваются в разделе 4 этого технического резюме.

Таблица ТР-9. Обзор выводов по конкретным секторам и применениям.

Сектор	Описание и статус сектора	Статус выбросов, тенденции и возможности ОП для снижения выбросов
Бытовое холодильное оборудование	<ul style="list-style-type: none"> Замена ХФУ-12 в сфере производства завершена в развитых странах и осуществляется в развивающихся странах 	<p><u>Статус выбросов и тенденции ОП</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Показатели утечки хладагента, полученные при помощи подхода по принципу «снизу-вверх», свидетельствуют о глобальной ежегодной величине выбросов в 6 % от загрузки системы в результате значительного банка ХФУ в старом оборудовании. Новые системы без ХФУ имеют обычно показатели утечки около 1 %/год. Прогнозируемые выбросы в этом подсекторе к 2015 г. составляют около 65 МтСО₂-экв./год согласно сценарию ОП. <p><u>Возможности для сокращения выбросов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ГФУ-134а и изобутан (УВ-600а) являются основными альтернативными хладагентами вместо используемых ранее ХФУ-12. Каждый из них продемонстрировал возможность массового производства оборудования, предназначенного для безопасного, эффективного, надежного и экономичного использования. Выбор ГФУ-134а или УВ-600а меняется в зависимости от региона и в значительной мере зависит от нормативного законодательства и ответственности. Для обоих хладагентов косвенные выбросы составляют основную часть общих выбросов, хотя при этом не учитывается удельное содержание углерода при производстве электроэнергии. При равных энергетических КПД бытовые холодильники с УВ-600а характеризуются лучшим показателем ВКЖЦ с учетом или без учета рекуперации после окончания срока службы. Различие с ГФУ-134а является незначительным, и его величина может быть еще больше уменьшена благодаря рекуперации после окончания срока службы. Холодильники новейших моделей потребляют энергии как минимум на 50 % меньше по сравнению с холодильниками, выпущенными 20 лет тому назад, которые они, как правило, заменяют.
Коммерческое холодильное оборудование	<ul style="list-style-type: none"> Коммерческое холодильное оборудование включает три основных типа оборудования: автономное оборудование, конденсаторные агрегаты и комплексные системы для супермаркетов. Хладагентами, которые чаще всего используются в этом секторе, являются ГХФУ-22, R-404А и ГФУ-134а. 	<p><u>Статус выбросов и тенденции ОП</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Показатели утечки хладагента, полученные при помощи подхода по принципу «снизу-вверх», говорят о том, что показатель глобальных ежегодных выбросов хранящихся в системах хладагентов составляет 30 %, что означает, что доля выбросов хладагентов, как правило, составляет 60 % от общего объема выбросов ПГ в результате функционирования систем. В соответствии с данными о показателе утечки хладагентов из более чем 1 700 комплексных систем супермаркетов в США и Европе он находился в пределах 3–22 % со средним значением, равным 18 %. В 2002 г. доля всех типов хладагентов, используемых в коммерческом холодильном оборудовании — главным образом оборудовании, содержащем ХФУ, ГХФУ и ГФУ, составляла 606 ктонн от общего количества в 2 691 ктонну для всех систем охлаждения и кондиционирования воздуха (КВ) и всех типов хладагентов, что равно 22,5 % от общего банка холодильного оборудования и КВ. Прогнозируемые выбросы в этом подсекторе к 2015 г. составляют около 902 МтСО₂-экв./год согласно сценарию ОП. <p><u>Возможности для снижения выбросов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Значительные сокращения суммарных выбросов, т. е. улучшенный показатель ВКЖЦ, могут быть достигнуты благодаря использованию таких хладагентов, как ГФУ, углеводороды, аммиак или СО₂, применению меньшей загрузки, более эффективным мерам защиты и общему повышению энергетического КПД за счет новых конструкций систем. Благодаря применению прямых систем с альтернативными хладагентами, более эффективным мерам защиты, распределенным системам, косвенным системам или каскадным системам в комплексных системах супермаркетов могут быть получены показатели ВКЖЦ, которые почти до 60 % ниже соответствующих показателей централизованных прямых систем с традиционной конструкцией. Опубликованные результаты показывают, что альтернативные системы характеризуются первоначальными расходами, которые выше на 0–35 %, и потреблением энергии, которое выше на 0–20 % по сравнению с существующими в настоящее время системами. Стоимость мероприятий по борьбе с выбросами хладагентов находится в пределах 20–280 долл. США/тСО₂-экв. (ставка дисконта 10 %/год). Продолжается работа по созданию новых систем, направленная на снижение стоимости и потребление энергии в этих системах. Это приведет к еще меньшей стоимости мер по снижению выбросов. Учет возможного повышения энергетического КПД может также привести к отрицательным расходам (экономии), связанным с мерами по сокращению выбросов. Для небольших коммерческих единиц оборудования, а именно автономного оборудования и конденсирующих агрегатов (торговые автоматы, морозильные камеры для мороженого, камерные холодильники и т. д.), глобальные компании начали применять для замены ГФУ вещества с низким или нулевым ППП (углеводороды и СО₂) и альтернативные технологии, которые обеспечат в перспективе более низкие прямые и сопоставимые или более низкие косвенные выбросы.

Таблица ТР-9. (продолж.)

Сектор	Описание и статус сектора	Статус выбросов, тенденции и возможности ОП для снижения выбросов
<p>Обработка пищевых продуктов, холодильное хранение и промышленное холодильное оборудование</p>	<ul style="list-style-type: none"> Этот широкий спектр охватывает холодильное оборудование для обработки и хранения пищевых продуктов в охлажденном и замороженном виде, а также промышленные применения в химической, нефтяной и газовой отраслях, сжижение воздуха и изготовление льда для промышленных предприятий и предприятий сферы отдыха. Хладагентами, которые больше всего используются в этом секторе, являются аммиак и ГХФУ-22, а также меньшие объемы ХФУ и ГФУ; углеводороды используются в нефтехимической промышленности. 	<p><u>Статус выбросов и тенденции ОП</u></p> <ul style="list-style-type: none"> В 2002 г. объем всех типов хладагентов, находящихся в банке этого сектора, составил 298 ктонн (35 % аммиак и 43 % ГХФУ-22). Доля ежегодных выбросов хладагентов составила 17 % от загрузки банка системы. Прогнозируемые выбросы в этом подсекторе составляют к 2015 г. 104 МтСО₂-экв./год согласно сценарию ОП. <p><u>Возможности для сокращения выбросов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Прогнозируется увеличение использования аммиака в будущем, при этом ГФУ 404А, 507А, 410А и 134а заменят ГХФУ-22 и ХФУ. Начинается использование СО₂ и каскадных систем аммиак/СО₂ в применениях с температурами испарения –40 °С и ниже. Значительные сокращения общих выбросов могут быть достигнуты путем использования хладагентов с более низким ПГП, уменьшения загрузки систем хладагентами, более эффективных мер защиты, более эффективной рекуперации хладагентов и общего повышения энергетического КПД благодаря новым конструкциям систем. Расчеты ВКЖЦ используются для оптимизации выбора хладагента и конструкции системы для обеспечения самого минимального воздействия на окружающую среду. Стоимость уменьшения выбросов хладагентов из промышленного холодильного оборудования определена в диапазоне 27–37 долл. США (2002 г.) на тСО₂-экв. (ставка дисконта 8 %/год).
<p>Транспортное холодильное оборудование</p>	<ul style="list-style-type: none"> Сектор транспортного холодильного оборудования включает системы для перевозки охлажденных или замороженных товаров автомобильным, железнодорожным, воздушным и морским транспортом. В современных системах используются хладагенты ХФУ-12, R-502 (смесь ХФУ/ГХФУ), ГХФУ-22, ГФУ (ГФУ-134а, R-404А, R-507А, R-410А и R-407С) и в меньшем количестве аммиак, углеводороды и СО₂ в системах с компрессией пара. В этом секторе для охлаждения используются также лед и жидкий или твердый СО₂. Используется несколько типов классификаций холодильного оборудования, таких как судовые системы, контейнеры с отдельными холодильными агрегатами, которые могут перевозиться морским, железнодорожным или автодорожным транспортом, и грузовые автомобили и железнодорожные вагоны с рефрижераторной установкой. При перевозке воздушным транспортом для охлаждения используется в основном лед или твердый СО₂. 	<p><u>Статус выбросов и тенденции ОП</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Относительно суровые условия окружающей среды, такие как незащищенность от внешних высоких или низких температур, высокая влажность, коррозия под воздействием соленой воды, дорожная вибрация и удары при обработке контейнеров, являются причиной того, что показатели утечки хладагентов составляют 25–35 %/г. Прогнозируемые выбросы в этом подсекторе к 2015 г. составляют около 22 МтСО₂-экв./год согласно сценарию ОП. <p><u>Возможности для сокращения выбросов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Более совершенная герметизация хладагентов благодаря улучшению конструкции систем, одним из примеров чего является недавнее применение герметических компрессорных систем с низкой утечкой в холодильном оборудовании для автодорожных и контейнерных перевозок. Снижение потребления энергии благодаря более совершенной изоляции, контроль за частотой работы мотора компрессора для условий с неполной нагрузкой, использование конденсаторов с водяным охлаждением для судовых систем и профилактическое обслуживание для уменьшения засорения теплообменника. Использование хладагентов с более низким ПГП, примерами чего являются системы с применением аммиака или аммиака/СО₂ для судового холодильного оборудования и систем с компрессией пара с применением углеводорода или СО₂ для автодорожного, железнодорожного и контейнерного холодильного оборудования. К числу факторов, определяющих использование этих хладагентов по сравнению с системами с применением фторуглеродов, относятся требования к безопасности, издержки системы по обеспечению энергетического КПД, а также статус коммерциализации. Системы с использованием СО₂ все еще находятся на стадии испытаний и демонстрации.

Таблица ТР-9. (продолж.)

Сектор	Описание и статус сектора	Статус выбросов, тенденции и возможности ОП для снижения выбросов
Стационарное кондиционирование воздуха и тепловые насосы	<ul style="list-style-type: none"> «Стационарное кондиционирование воздуха (СКВ) и тепловые насосы» включают унитарные кондиционеры (монтируемые в стене, отдельные системы), централизованные системы КВ с использованием холодной воды (охладители) и тепловые насосы для нагрева воды. Самым широко используемым хладагентом для систем воздух-воздух является ГХФУ-22. Впервые смеси ГФУ нашли широкое применение в Европе и Японии. В целом, в 90 % выпускаемых кондиционеров до сих пор используется ГХФУ-22. За последние 5 лет Китай стал самым крупным в мире производителем и потребителем кондиционеров. Объем производства в Китае приблизительно равен годовому суммарному производству в остальной части мира. В настоящее время в большинстве продаваемых охладителей центробежного типа используются ГХФУ-123 и ГФУ-134а. В 1993 г. было полностью прекращено производство охладителей (центробежных) с ХФУ, однако почти в 50 % центробежных единиц оборудования до сих пор используется ХФУ-11 и ХФУ-12 вследствие продолжительного срока службы этого оборудования. Коммерческое и бытовое кондиционирование воздуха и отопление характеризуются потреблением значительных количеств электроэнергии, сопровождаемым косвенными выбросами ПГ и графиком использования, который, как правило, совпадает с обычными периодами наибольшего спроса на электроэнергию. На их долю приходится более 50 % энергии, используемой в зданиях в некоторых странах с тропическим климатом. В большинстве случаев косвенные выбросы ПГ, связанные с потреблением энергии, значительно превышают прямые выбросы хладагента. 	<p><u>Статус выбросов и тенденции ОП</u></p> <ul style="list-style-type: none"> В небольших охладителях, использующих компрессоры с позитивным смещением, в качестве хладагента обычно применяется ГХФУ-22. Этот хладагент заменяется в настоящее время ГФУ-134а, смесями ГФУ и углеводородами. Прогнозируемые выбросы в этом секторе составляют к 2015 г. около 370 МтСО₂-экв./год согласно сценарию ОП. <p><u>Возможности для снижения выбросов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Более целостный характер наружной оболочки зданий (уменьшение поступающего или теряемого тепла) может иметь весьма существенное воздействие на косвенные выбросы. В развитых странах в качестве альтернатив ГХФУ-22 используются смеси ГФУ (R-407C и R-410A) и углеводороды (в Европе для небольших систем, главным образом переносных). Для применений, в которых могут безопасно использоваться углеводороды, энергетический КПД сопоставим с ГХФУ-22 и R-410A. Будущие технические разработки могут уменьшить загрузку хладагента, расширяя таким образом сферу применения углеводородов. Пределы применения углеводородов определяются национальными и международными стандартами, правилами и строительными кодексами. Бытовые тепловые насосы открывают значительные возможности для снижения потребления энергии, идущей на обогрев зданий. СО₂ обладает особыми преимуществами при использовании в тепловых насосах для нагрева водопроводной воды, поскольку при его применении используются противоточный теплообменник и высокие рабочие температуры. Высокоэффективное оборудование имеется на рынках, где высокими являются как рыночные объемы реализации кондиционеров/охладителей, так и цены на электроэнергию. Поэтому, по сравнению со средней установленной базой, могут быть достигнуты существенные улучшения: например до 33 % снижения потребления энергии. Удельная стоимость мер по снижению выбросов находится в пределах –3—170 долл. США на тСО₂-экв. Повышение энергетических коэффициентов системы может существенно снизить косвенные выбросы ПГ, обеспечивая в некоторых случаях общие расходы в –75 долл. США на тСО₂-экв.

Таблица ТР-9. (продолж.)

Сектор	Описание и статус сектора	Статус выбросов, тенденции и возможности ОП для снижения выбросов
<p>Мобильное кондиционирование воздуха</p>	<ul style="list-style-type: none"> Системы мобильного кондиционирования воздуха (МКВ) производятся в массовом количестве в США с начала 1960-х годов, а в Японии — с 1970-х годов. Основным хладагентом являются ХФУ-12. В Европе значительное увеличение количества автомобилей с кондиционерами началось позднее, а именно — около 1995 г, когда стал использоваться ГФУ-134а. 	<p><u>Статус выбросов и тенденции ОП</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Прогнозируемые выбросы в этом подсекторе к 2015 г. составляют около 315 МтСО₂-экв./год согласно сценарию ОП. <p><u>Возможности для снижения выбросов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Имеются следующие возможности для снижения прямых воздействий ПГ в результате МКВ: (1) переход к хладагентам с низким ППП; (2) лучшая герметизация ГФУ-134а; (3) повышение эффективности и снижение связанной с охлаждением нагрузки. Двумя основными вариантами для замены ГФУ-134а являются ГФУ-152а и СО₂ (R-744). ГФУ-152а, помимо своей воспламеняемости, в значительной степени аналогичен существующей технологии ГФУ-134а. Системы с СО₂ требуют новых конструктивных компонентов и технологии. Ни один из производителей автомобилей на рассматривает углеводороды в качестве варианта для новых автомобилей, однако углеводороды применяются в качестве сервисных хладагентов в нескольких странах вопреки рекомендациям производителей (и часто против правил). Усовершенствованные системы ГФУ-134а характеризуются снижением прямых выбросов ПГ на 50 %, системы ГФУ-152а — на 92 % и системы СО₂ — почти на 100 % в эквиваленте СО₂ по сравнению с существующими системами ГФУ-134а. Независимо от выбранного хладагента, имеется техническая и экономическая возможности для снижения косвенных выбросов путем повышения энергетического КПД системы и уменьшения тепловой нагрузки. В настоящее время нет никаких существенных различий между технически достижимым ВКЖЦ для систем ГФУ-152а и СО₂. Препятствия на пути к коммерциализации ГФУ-152а и СО₂ требуют решения следующих проблем: <ul style="list-style-type: none"> риск воспламеняемости и обеспечение коммерческой поставки хладагента для ГФУ-152а; риск удушья; остаточные технические и стоимостные проблемы для технологии СО₂. Стандартная стоимость типичной европейской системы ГФУ-134а оценивается приблизительно в 215 долл. США при наличии компрессора внутреннего контроля. Дополнительная стоимость системы СО₂ оценивается в 48–180 долл. США. Добавочная стоимость системы ГФУ-152а при наличии дополнительной системы безопасности оценивается в 48 долл. США.
<p>Пены</p>	<ul style="list-style-type: none"> Пены подразделяются на две основные категории — изоляционные (здания, электроприборы, холодильное хранение и т. д.) и неизоляционные (уплотнения, мебель, упаковочный материал, защитные материалы и т. д.) пены. Беспроеллентные материалы, такие как минеральное волокно, занимают ведущее место на рынке теплоизоляционных материалов в последние 40 лет. В то же время, изоляционные материалы на основе пен заняли свою рыночную нишу в последние 15 лет частично благодаря усилению тенденций, связанных с изготовлением сборных конструкций, в которых важное значение придается характеристикам, определяющим структурную целостность и небольшой вес. Все большее значение приобретает также долговечность тепловых рабочих параметров. В то же время, в силу стоимости капиталовложений и противопожарных характеристик, минеральное волокно по-прежнему является главным компонентом на большистве рынков теплоизоляционных материалов. 	<p><u>Статус выбросов и тенденции ОП</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Соображения, связанные с обеспечением техники безопасности на производстве, являются причиной использования пенообразующих веществ на основе ГФУ в небольших компаниях, в которых инвестиции в обеспечении техники безопасности имеют пропорционально более высокое значение для стоимости производства. Безопасность продукции может привести к выбору ГФУ для определенных применений в зданиях, особенно когда существуют проблемы страхования. Для производства неизоляционных твердых и гибких пенопластов в настоящее время широко используются пенообразующие вещества без галоидоуглеводородов. Технологии на основе углеводородов и СО₂ (как в жидком состоянии, так и с использованием воды в качестве основы) продемонстрировали свою техническую жизнеспособность в разнообразных категориях пен, при этом предполагается весьма незначительное постоянное суммарное потребление галоидоуглеводорода в этой категории. Прогнозируемые выбросы к 2015 г. в этом секторе составляют около 124 МтСО₂-экв./год согласно сценарию ОП. <p><u>Возможности для снижения выбросов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Ожидается, что изоляционные пены внесут значительный вклад в сокращения выбросов СО₂ в зданиях и электроприборах, поскольку требуется повышение энергетического КПД. Выбор пенообразующего вещества может существенным образом сказаться на тепловых рабочих характеристиках. При сравнении типов изоляции помощь могут оказать анализы ВКЖЦ. Расчеты очень сильно зависят, однако, от удельного содержания углерода в используемой энергии, предполагаемого срока жизни продукции, толщины изоляции и степени рекуперации/уничтожения после окончания срока службы. Согласно оценкам, к 2015 г. углеводороды станут основным пенообразующим веществом, используемым в секторе жестких пенопластов, при этом ожидается, что их доля в общем объеме потребления составит приблизительно 60 %. Другими веществами, используемыми в меньшей степени, будут являться ГФУ (24 %) и ГХФУ (16 %). Использование ГХФУ будет ограничено развивающимися странами, в которых они будут использоваться главным образом в электроприборах. Последние оценки использования ГФУ в будущем являются более низкими по сравнению с предыдущими, главным образом из-за высокой стоимости ГФУ. Совместное вспенивание с применением СО₂ стало важным факторов, ограничивающим использование ГФУ в некоторых ключевых применениях. Меры по снижению использования ГФУ на 50 % в период 2010–2015 гг. приведут к сокращению выбросов почти на 10 МтСО₂-экв./год с последующим дальнейшим увеличением этого показателя после этого периода при стоимости в 15–100 долл. США за тСО₂-экв. Хотя еще предстоит доказать эффективность рекуперации, особенно в строительном секторе, коммерческие операции с электроприборами уже обеспечивают рекуперацию при стоимости 10–50 долл. США за тСО₂-экв. Сокращения выбросов в 2015 г. могут составить порядка 7 МтСО₂-экв./год. Этот потенциал может, однако, значительно возрасти в период 2030–2050 гг., когда будет прекращено использование значительных количеств строительных изоляционных пен.

Таблица ТР-9. (продолж.)

Сектор	Описание и статус сектора	Статус выбросов, тенденции и возможности ОП для снижения выбросов
Медицинские аэрозоли	<ul style="list-style-type: none"> Астма и хроническое обструктивное заболевание легких (ХОЗЛ) являются основными болезнями, от которых страдает более 300 млн человек во всем мире. Главным средством лечения являются дозирующие аэрозольные ингаляторы (ДАИ). Порошковые ингаляторы (ПИ), которые не содержат пропеллентов, стали более широко распространенными, однако они подходят не для всех пациентов и являются более дорогостоящими. 	<p><u>Статус выбросов и тенденции ОП</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Прогнозируемые выбросы к 2015 г. в этом секторе составляют 40 МтСО₂-экв./год согласно сценарию ОП. В ближайшие 10–15 лет не ожидается никаких крупных прорывов в области устройств для ингаляции лекарств, учитывая современный уровень развития технологий и сроки, необходимые для проведения разработок. <p><u>Возможности для снижения выбросов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Главным последствием снижения выбросов ПГ в отношении ДАИ является завершение перехода от ДАИ с ХФУ к ДАИ с ГФУ сверх тенденции ОП (17 МтСО₂-экв./год к 2015 г.). Здоровье и безопасность пациента имеют первостепенное значение при принятии решений о лечении и формулировании политики, которая могла бы повлиять на эти решения. Это может ограничить использование ПИ. Если исходить из гипотетической возможности переключения наиболее широко используемого для ингаляции лекарства (сальбутамол) с ДАИ на базе ГФУ на ПИ, что приведет к небольшому сокращению приблизительно на 10 МтСО₂-экв./год, то прогнозируемые повторяющиеся ежегодные расходы будут составлять около 1,7 млрд долл. США при реальной стоимости смягчения последствий в размере 150–300 долл. США за тСО₂-экв.
Противопожарная защита	<ul style="list-style-type: none"> 75 % первоначального объема использования галона заменено веществами, не оказывающими никакого воздействия на климат. Галоны по-прежнему используются в 4 % первоначальных применений на основе галона. Остальные 21 % переключились на ГФУ, а небольшое количество применений переключилось на ПФУ и ГХФУ. ГФУ и инертные газы стали наиболее широко используемыми газобразными веществами и достигли определенной степени равновесия с точки зрения рыночных применений и доли. Новый фторкетон (ФК) с почти нулевым воздействием на климат коммерциализирован, однако отсутствует какая-либо основа для количественного определения его принятия рынком. 	<p><u>Статус выбросов и тенденции ОП</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Прогнозируемые выбросы в этом секторе к 2015 г. составляют около 5 МтСО₂-экв./год согласно сценарию ОП (исключая галоны). Стоимость по-прежнему является главным фактором, ограничивающим готовность рынка принять ГФУ, ГХФУ и ПФУ в переносных огнетушителях по сравнению с альтернативными огнетушителями, в которых используются такие более традиционные огнетушащие вещества, как СО₂, сухие химические вещества и вода. Использование ПФУ сводится в настоящее время к незначительному компоненту в составе одной смеси, содержащей ГХФУ. <p><u>Возможности для снижения выбросов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Галоны и ГФУ являются единственными имеющимися альтернативами в ряде применений в стационарных системах, когда учитываются показатели безопасности, объема и веса, стоимости, скорости огнетушения, а также особые характеристики, такие как характеристики, связанные со способностью функционировать при весьма низких температурах, на борту военных кораблей и транспортных средствах. ПФУ и ГХФУ не обладают какими-либо преимуществами по отношению к другим альтернативам. Новый ФК с низким ППП, который еще не прошел испытания в специализированных применениях, обеспечит дополнительный выбор в будущем, связанный с более низким воздействием на климат при дополнительной стоимости. Ввиду длительного процесса испытаний, утверждения и приема рынком новых типов противопожарного оборудования и веществ никакие дополнительные варианты не будут, вероятно, иметь существенного значения до 2015 г. По мере возможности использование веществ, никоим образом не влияющих на климат, может снизить выбросы ПГ из этого сектора при условии, что их использование экономически эффективным образом соответствует требованиям конкретного применения для пожарной защиты. Управление банками галона, ГФУ, ГХФУ и ПФУ требует особого внимания, с тем чтобы создавались экономические стимулы, обеспечивающие достижение политических целей (например обязательное прекращение эксплуатации). Внедрение практики отказа от использования веществ, обуславливающих выбросы, снизит ежегодные выбросы из банков стационарных систем до 2 ± 1 %, а из банков переносных огнетушителей — до 4 ± 2 %.

Таблица ТР-9. (продолж.)

Сектор	Описание и статус сектора	Статус выбросов, тенденции и возможности ОП для снижения выбросов
Немедицинская аэрозольная продукция	<ul style="list-style-type: none"> Этот сектор включает технические аэрозоли, аэрозоли для обеспечения безопасности, потребительские и новые аэрозоли. В более чем 98 % немедицинских аэрозолей в развитых странах совершен переход от ХФУ к безопасным для озонового слоя и климата альтернативам. Наибольший объем единого использования ГФУ в немедицинской аэрозольной продукции имеет место в «пылеуловителях», в которых находящийся под давлением газ применяется для продува частиц с рабочих поверхностей и устройств. 	<p><u>Статус выбросов и тенденции ОП</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Прогнозируемые выбросы в этом секторе к 2015 г. составляют около 23 МтСО₂-экв./год согласно сценарию ОП. <p><u>Возможности для сокращения выбросов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Потенциал сокращения является неопределенным, однако оценивается как довольно малый. Замена ГФУ-134а на ГФУ-152а в технических аэрозольных пылеуловителях является наилучшим вариантом для снижения выбросов ПП. Для очистителей контактов и веществ для освобождения литейных форм для пластмассы замена ГХФУ на ГФЭ и ГФУ с более низкими ППП дает возможность для снижения выбросов. В аэрозольной продукции для систем безопасности, в которых не могут использоваться огнеопасные пропелленты и ингредиенты, по-прежнему применяется ГФУ-134а, поскольку он не является огнеопасным. В некоторых странах запрещено использование ГФУ в новой аэрозольной продукции. ГФУ-134а по-прежнему используется во многих странах по причинам безопасности.
Растворители	<ul style="list-style-type: none"> До принятия Монреальского протокола ХФУ-113 и метилхлороформ широко использовались в качестве очищающих растворителей для металлов, электронных изделий, прецизионных и арматурных применений. Использование ОРВ в этих применениях прекращено или резко сокращено. В большинстве применений очищающих растворителей в настоящее время используются беспропеллентные заменители. Небольшая доля этих применений перешла или, как ожидается, перейдет на использование ГФУ или ГФЭ. Использование ПФУ сокращается и прекратится, как ожидается, к 2025 г. 	<p><u>Статус выбросов и тенденции ОП</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Прогнозируемые выбросы в этом секторе к 2015 г. составляют около 14 МтСО₂-экв./год согласно сценарию ОП. <p><u>Возможности для сокращения выбросов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Во многих применениях разнообразные органические растворители могут заменить ГФУ, ПФУ и ОРВ. Эти альтернативные жидкости включают соединения с низким ППП, такие как традиционные хлорированные растворители, гидрофторэфиры (ГФЭ) и бромистый n-пропил. Многие беспропеллентные технологии, включая углеводородные и насыщенные кислородом растворители, также являются жизнеспособными альтернативами в некоторых применениях. При выборе растворителей ключевую роль играют соображения безопасности, особенно токсичность. Необходимо проявлять осторожность до принятия любых альтернатив, токсичные характеристики которых полностью не установлены. Растворители с ГФУ используются в первую очередь в технически сложных специальных применениях и при этом только в отдельных странах. Это использование, как правило, сосредоточено на имеющих важное значение применениях, когда отсутствуют какие-либо другие заменители. В будущем потребление может уменьшиться. Использование растворителя на основе ПФУ ограничивается несколькими целевыми применениями из-за неполной растворимости, высокой стоимости и замены растворителями с более низким ППП. Более совершенная герметизация является важной в существующих видах использования, поскольку оптимизированное оборудование может снизить потребление растворителей в некоторых применениях на 80 %. Ввиду их высокой стоимости и простоты очистки во время рециркуляции фторированные растворители могут рекуперироваться и повторно использоваться, что делается во многих случаях.
Побочный продукт ГФУ-23	<ul style="list-style-type: none"> ГФУ-23 является побочным продуктом производства ГХФУ-22. Несмотря на то, что производство ГХФУ-22 для прямого использования прекращается в развитых странах и будет, в конечном итоге, прекращено в развивающихся странах, согласно прогнозам его производство в качестве сырьевого материала будет по-прежнему возрастать. 	<p><u>Статус выбросов и тенденции ОП</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Прогнозируемые выбросы к 2015 г. в этом секторе составляют около 332 МтСО₂-экв./год согласно сценарию ОП. Верхний предел выбросов ГФУ-23 составляет порядка 4 % объема производства ГХФУ-22. Оптимизация процесса может снизить средние выбросы до двух или менее процентов. Однако фактически достигнутое сокращение зависит от конкретного предприятия. <p><u>Возможности для снижения выбросов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Улавливание и уничтожение ГФУ-23 посредством теплового окисления является высокоэффективным вариантом для сокращения выбросов при удельных расходах ниже 0,2 долл. США за тСО₂-экв. Выбросы могут быть сокращены более чем на 90 %.

3.7 Какие политические механизмы имеются для достижения сокращений в выбросах ПГ, рассматриваемых в этом докладе?

Как об этом говорилось в Третьем докладе об оценках МГЭИК, для сокращения выбросов ПГ может быть использован широкий диапазон видов политики, мер и механизмов. Они включают:

- нормативные акты (например обязательные стандарты технологии и функционирования; запреты продукции);
- финансовые стимулы (например налоги на выбросы, продукцию, импорт или потребление; субсидии и прямые государственные расходы и инвестиции; системы возмещения депозитов; разрешения, которыми можно или нельзя торговать);
- добровольные соглашения.

Почти все вышеупомянутые категории политических механизмов рассматривались или осуществлялись с целью сокращения использования или выбросов ОРВ или их заменителей, таких как ГФУ и ПФУ. Кроме того, общая политика в области энергетики и климата влияет на косвенные выбросы ПГ применениями с ОРВ, их заменителями или беспропеллентными альтернативами. Сформулированы также конкретные виды политики для сокращения выбросов ПГ заменителями ОРВ (т. е. ГФУ и ПФУ). Примеры приводятся в таблице ТР-10.

3.8 Что можно сказать по поводу наличия в будущем ГФУ/ПФУ для использования в развивающихся странах?

Нет никаких опубликованных данных, для того чтобы прогнозировать будущий производственный потенциал. Тем не менее, поскольку нет никаких технических или правовых ограничений для производства ГФУ и ПФУ, можно предположить, что глобальный производственный потенциал будет в целом по-прежнему удовлетворять или превышать спрос. В этой связи будущее производство оценивается в этом докладе посредством агрегирования секторального спроса.

Согласно сценарию ОП ожидается, что глобальный производственный потенциал будет расширяться вследствие дополнительных мощностей, возникающих главным образом в развивающихся странах, а также в результате создания совместных предприятий. Чаще всего глобальный производственный потенциал ГФУ и ПФУ превышает существующий спрос. Имеется ряд предприятий по производству ГФУ-134а в развитых странах и одно — в развивающейся стране, где запланировано создание еще ряда других; немногочисленные предприятия для производства других ГФУ почти всегда находятся в развитых странах. Предложенный Европейским сообществом постепенный отказ от использования ГФУ-134а в мобильных кондиционерах воздуха в новых машинах и промышленная добровольная программа по сокращению выбросов ГФУ-134а на 50 % окажут влияние на спрос, производственный потенциал и объем выпускаемой продукции. В результате быстрого расширения рынков в развивающихся странах, в частности для заменителей ХФУ, возникает новый потенциал для фторированных газов, который в настоящее время удовлетворяется посредством расширения производства ГХФУ-22 и 141b. [11]

Таблица TP-10. Политические меры по сокращению выбросов ПГ из заменителей ОРВ.

Тип мер	Конкретные примеры мер
Правила	<p>Обязательные стандарты рабочих характеристик: Стандарты характеристик энергетического КПД и стандарты герметичности действуют в нескольких странах, особенно в отношении холодильного оборудования и охлаждающих применений. Правила, запрещающие удаление газа и требующие рециркуляции, введены в действие во многих странах, однако зачастую трудно обеспечить их соблюдение. Эффективное применение требует дополнительных программ соблюдения и обязательной профессиональной подготовки технических специалистов. Рассматриваются стандарты характеристик выбросов автомобилями (например ограничение объема ПГ, выбрасываемых автомашинами, включая как топливные выбросы, так и выбросы в результате МКВ) (например штатом Калифорния).</p> <p>Обязательство использовать сертифицированные компании для обслуживания установок и оборудования (например программа «СТЕК» в Нидерландах).</p> <p>Запреты и ограничения, касающиеся использования конкретных веществ для определенных применений: в нескольких странах предложены или осуществляются планы поэтапного отказа от ГФУ (например Австралия, Дания, Швейцария). Предложенная Директива ЕС направлена на внесение изменений в действующее законодательство ЕС по утверждению типа транспортных средств, которое введет пороговое значение ППП для ГФУ, используемых для МКВ.</p> <p>Меры по управлению при окончании сроков службы, такие как обязательные рециркуляция и запреты на удаление газа.</p>
Финансовые стимулы и рыночные механизмы	<p>Относительная стоимость ГФУ/ПФУ и других альтернатив ОРВ будет влиять на выбор как пользователей, так и производителей этих веществ. ГФУ и ПФУ являются сложными химическими веществами, и они, как правило, более дорогостоящие по сравнению с теми ОРВ, которые они заменяют, что в еще большей мере поощряет замену на беспроцентные альтернативы. Финансовые стимулы могут в еще большей мере определять это различие в стоимости между веществами и технологиями.</p> <p>Депозиты или налоги, связанные с импортом и производством ГФУ, собираются в нескольких странах. Депозиты и налоги повышают стоимость ГФУ, поощряя защитные меры и повышая привлекательность рециркуляции.</p> <p>Снижения налогов за доставку использованных ГФУ и ПФУ на предприятия по их уничтожению обеспечивают стимулы к минимизации выбросов. В Норвегии скидки составляют 183 норвежские кроны (26 долл. США) за тСО₂-экв.</p> <p>Субсидии: помимо международных грантов от Многостороннего фонда, учрежденного в соответствии с Монреальским протоколом, и, например, Глобального экологического фонда, национальные правительства субсидируют научные исследования и разработки, а также осуществление новых технологий, обуславливающих выбросы с низким содержанием ПГ.</p> <p>Субсидия (50 %) на стоимость сбора и уничтожения галонов и ХФУ была предоставлена в Нидерландах для предотвращения удаления газов непосредственно перед тем, как накопления этих веществ стали незаконными в 2004 г.</p> <p>Сокращение выбросов ГФУ и ПФУ может финансироваться в рамках механизма чистого развития (МЧР) Киотского протокола. Проекты по линии МЧР имеются для Кореи и Китая и разрабатываются для Индии и Мексики.</p> <p>Крупные точечные источники ГФУ могут быть включены в схемы торговли выбросами. В настоящее время эти источники (например выбросы побочного продукта ГФУ-23 при производстве ГХФУ-22) обычно не включались в схемы торговли выбросами, хотя явным исключением является схема СК. Мониторинг использования и выбросов подобных веществ может быть менее практичным для более разбросанных источников выбросов.</p>
Добровольные соглашения	<p>Имеется несколько программ по сокращению выбросов и ответственному использованию, финансируемых промышленностью и правительствами. Строгое соблюдение принципов ответственного использования может привести к сокращениям выбросов ГФУ сверх нынешних оценок. Принципы ответственного использования включают:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использование ГФУ только в применениях, в которых они обеспечивают безопасность, энергетический КПД, экологические или важные экономические преимущества или преимущества с точки зрения общественного здравоохранения; • ограничения выбросов ГФУ до самого низкого практического уровня во время производства, использования и ликвидации оборудования и продукции; • если должны использоваться ГФУ, выбор смеси или системы с меньшим воздействием на климат, который удовлетворяет требованиям применения. <p>Разработаны руководящие принципы по эффективной практике в отношении выбора и эксплуатации оборудования, включая более эффективные меры защиты от веществ и рекуперацию во время обслуживания и при окончании срока службы.</p>

4. Важные выводы для секторов, использующих ОРВ и их альтернативы

4.1 Каковы наиболее важные выводы для сектора холодильного оборудования?

Хладагенты в наибольшей степени способствуют, безусловно, прямым выбросам ПГ. В этом докладе сектор холодильного оборудования делится на следующие подсектора: бытовое холодильное оборудование, коммерческое холодильное оборудование, промышленное холодильное оборудование, обработка пищевых продуктов и холодильное хранение, а также транспортное холодильное оборудование. Сектора бытового и коммерческого кондиционирования воздуха и отопления (СКВ) и мобильного кондиционирования воздуха (МКВ) представлены в отдельных разделах (4.2 и 4.3) этого технического резюме. В таблице ТР-11 дается подробная разбивка банков и прямых выбросов ПГ по всем этим секторам, использующим хладагенты.

Пять общих вариантов сокращения прямых выбросов ПГ для сектора холодильного оборудования могут быть определены следующим образом:

- совершенствование мер защиты: герметичные системы;
- рекуперация, рециркуляция и уничтожение хладагентов во время обслуживания и в конце срока службы оборудования;
- применение систем с меньшей нагрузкой:
 - о меньшая нагрузка хладагента на единицу холодильной мощности;
 - о спрос на холодильное оборудование меньшей мощности;
- использование альтернативных хладагентов с пониженным или незначительным потенциалом глобального потепления (например [углеводороды](#) (УВ), двуокись углерода (CO₂), аммиак и т. д.);
- беспропеллентные технологии.

Эти принципы в равной степени применяются к секторам СКВ и МКВ.

4.1.1 Бытовое холодильное оборудование

Бытовое холодильное оборудование и морозильные камеры используются для хранения продуктов питания в жилых домах и в некоммерческих местах, таких как офисы, во всем мире. Ежегодно производится более 80 млн единиц оборудования с внутренними емкостями от 20 литров до более 850 литров. При среднем расчетном сроке службы в 20 лет это дает суммарное количество установленного оборудования в приблизительно 1,5 млрд единиц. В результате подписания Монреальского протокола производители этого оборудования начали в начале 1990-х годов замену применений с использованием ХФУ в качестве хладагента. Эта замена завершена в развитых странах и достигла значительного прогресса в развивающихся странах. В то же время, характерный для бытовых холодильников срок службы приводит к тому, что единицы оборудования, изготовленные на базе использования ХФУ-12 в качестве хладагента, до сих пор составляют большую часть установленного оборудования. Это, в свою очередь, в значительной мере замедляет темпы уменьшения спроса на хладагент ХФУ-12 в секторе обслуживания.

Основными альтернативными хладагентами, заменяющими ХФУ-12 в новом бытовом холодильном оборудовании, являются изобутан (УВ-600a) и ГФУ-134a (см. таблицу ТР-12). Каждый из этих хладагентов продемонстрировал возможности массового производства оборудования, предназначенного для безопасного, эффективного, надежного и экономичного использования. Применение любого из этих хладагентов характеризуется одинаковой эффективностью продукции. Согласно результатам независимых исследований, конструктивные параметры применения в большей мере являются причиной различия в коэффициенте полезного действия по сравнению с выбором хладагента. Всеобъемлющие критерии выбора хладагентов включают требования к безопасности, а также экологические, функциональные, стоимостные и эксплуатационные требования. На выбор хладагента весьма сильно могут повлиять местные нормативные акты и законодательства в области урегулирования споров. В каждом холодильнике обычно содержится 50–250 г хладагента, заключенного в запаянную на заводе герметическую систему. Ниже следует упрощенное резюме относительных технических соображений по этим двум хладагентам:

- УВ-600a исторически использует знакомое минеральное масло в качестве смазывающего вещества в герметической системе. Производственные процессы и конструктивные разработки должны должным образом учитывать воспламеняющийся характер этого хладагента. Кроме этого необходимо обеспечить наличие надлежащей системы вентиляции на заводе и соответствующего электрооборудования, предотвращение утечки хладагента и доступ к электрическим компонентам, использование запаянных или невоспламеняющихся электрических компонентов при наличии доступа к вытекающему хладагенту, а также использование надлежащей методики пайки или, предпочтительно, неприменения связанных с пайкой операций на загруженных системах. При обслуживании оборудования на местах необходимо также должным образом учитывать возможность воспламенения хладагента.
- ГФУ-134a использует чувствительное к влаге полиэфирное масло в качестве смазывающего вещества в герметической системе. При осуществлении производственных процессов и процедур обслуживания необходимо проявлять осторожность и должным образом поддерживать низкие уровни влажности. Для обеспечения длительной надежности требуются более тщательные меры, исключающие попадание загрязнителей во время производства или обслуживания, по сравнению с любой из практик применения ХФУ-12 или УВ-600a.

Использование [смеси](#) углеводорода с пропаном (УВ-290)/изобутаном (УВ-600a) позволяет обеспечить соответствие емкости ХФУ-12 и избежать финансовых расходов на замену компрессоров. Эти смеси усложняют процесс производства, и требуются применения методов загрузки, подходящих для смесей хладагентов, имеющих компоненты с разными точками кипения. Применение этих смесей в Европе в период 1990-х годов являлось промежуточным шагом в направлении перехода к УВ-600a с использованием модифицированных компрессоров. Соображения безопасности для углеводородных смесей соответствуют соображениям безопасности для УВ-600a.

Таблица ТР-11. Банки хладагентов и прямые выбросы ХФУ, ГХФУ, ГФУ и других веществ (углеводородов, аммиака и двуокиси углерода) в 2002 г., сценарий обычной практики до 2015 г. и сценарий смягчения последствий до 2015 г. для сектора холодильного оборудования, сектора бытового и коммерческого кондиционирования воздуха и отопления («стационарное кондиционирование воздуха») и сектора мобильного кондиционирования воздуха.

	Банки (кт)					Выбросы (кт/год)					Выбросы (МтСО ₂ -эquiv./год) ВДО/ТДО ^б	Выбросы (МтСО ₂ -эquiv./год) Настоящий доклад ^с
	ХФУ	ГХФУ	ГФУ	Другие	Итого	ХФУ	ГХФУ	ГФУ	Другие	Другие		
2002 г.												
Холодильное оборудование:	330	461	180	108	1 079	71	132	29	18	250	848	1 060
– Бытовое	107	–	50	3	160	8	–	0,5	0,04	9	69	91
– Коммерческое	187	316	104	–	606	55	107	23	–	185	669	837
– Промышленное ^а	34	142	16	105	298	7	24	2	18	50	92	110
– Транспортное	2	4	10	–	16	1	1	3	–	6	19	22
Стационарное кондиционирование	84	1 028	81	1	1 194	13	96	6	0,2	115	222	271
Мобильное кондиционирование воздуха	149	20	249	–	418	60	8	66	–	134	583	749
Итого 2002 г.	563	1 509	509	109	2 691	144	236	100	18	499	1 653	2 080
ОП до 2015 г.												
Холодильное оборудование:	64	891	720	136	1 811	13	321	115	21	471	919	1 097
– Бытовое	37	–	189	13	239	5	–	8	1	13	51	65
– Коммерческое	6	762	425	–	1 193	5	299	89	–	393	758	902
– Промышленное ^а	21	126	85	123	356	4	21	11	21	56	88	104
– Транспортное	0,1	2,8	20,3	–	23,2	0,1	1,3	7,4	–	9	22	26
Стационарное кондиционирование	27	878	951	2	1 858	7	124	68	0	199	314	370
Мобильное кондиционирование воздуха	13	23	635	4	676	5	11	175	1	191	281	315
Итого по ОП до 2015 г.	104	1 792	2 306	143	4 345	25	455	359	23	861	1 514	1 782
Сценарий смягчения последствий до 2015 г												
Холодильное оборудование:	62	825	568	186	1 641	8	202	52	15	278	508	607
– Бытовое	35	–	105	60	200	3	–	3	1	6	27	35
– Коммерческое	6	703	378	–	1 087	3	188	40	–	230	414	494
– Промышленное ^а	21	120	65	126	331	3	13	5	14	36	53	63
– Транспортное	0,1	2,8	20,3	–	23,2	0,0	0,9	4,3	–	5	13	15
Стационарное кондиционирование	27	644	1 018	2	1 691	3	50	38	0	91	145	170
Мобильное кондиционирование воздуха	13	23	505	70	611	3	7	65	7	82	119	136
Итого по сценарию смягчения последствий до 2015 г.	102	1 493	2 090	259	3 943	14	259	155	22	451	772	914

ПРИМЕЧАНИЯ: ^а Включая обработку пищевых продуктов/холодильное хранение; ^б Выбросы ПГ в эквиваленте СО₂ (взвешенных по ППП) с использованием прямых ППП из докладов МГЭИК (1996 г., 2001 г.) (Второй доклад об оценках (ВДО)/Третий доклад об оценках (ТДО)).^с Выбросы ПГ в эквиваленте СО₂ (взвешенных по ППП) с использованием прямых ППП из главы 2 настоящего доклада.

Таблица TP-12. Резюме по сектору: бытовое холодильное оборудование — нынешний статус и варианты уменьшения выбросов.

Характеристики продукции	Охлаждающая стенка	Открытая прессованная плата испарителя	Без морозильного отделения
Мощность охлаждения	От 60 Вт До 140 Вт	60 Вт 140 Вт	120 Вт 250 Вт
Загрузка хладагента (ГФУ)	От 40 г До 170 г	40 г 170 г	120 г 180 г
Приблизительная доля банка хладагентов сектора (160 кт) в системе	20 единиц @ 100 г в среднем 18 % от 160 кт	15 единиц @ 100 г в среднем 14 % от 160 кт	50 единиц @ 150 г в среднем 68 % от 160 кт
Приблизительная доля выбросов хладагентов сектора (8 950 тонн) в подсекторе	18 % от 8 950 тонн	14 % от 8 950 тонн	68 % от 8 950 тонн
Преобладающая технология	УВ-600а	ГФУ-134а	ГФУ-134а
Другие коммерциализированные технологии	ГФУ-134а, ХФУ-12	УВ-600а, ХФУ-12	УВ-600а, ХФУ-12
Технологии низкого ППП с достаточно хорошим или более высоким потенциалом для замены ГХФУ/ГФУ на рынках	УВ-600а	УВ-600а	УВ-600а
Статус альтернатив	Разработка завершена, стадия производства	Разработка завершена, стадия производства	Разработка завершена, стадия производства
УВ-600а Mfg. Надбавка к стоимости	Никакой надбавки	3–5 долл. США	8–30 долл. США
Капиталовложение	0	45–75 млн долл. США	400–1 500 млн долл. США
Снижение выбросов	1 432 тонны	1 253 тонны	6 086 тонн

Альтернативные технологии охлаждения, такие как цикл Стирлинга, цикл поглощения и термоэлектрические, термоэлектронные и термоакустические системы, по-прежнему используются для специальных применений или ситуаций, при этом первичные приводные устройства отличаются от традиционных бытовых холодильников. Как ожидается, эти технологические варианты не изменят существенным образом позицию технологии компрессии пара как технологии, избранной для бытовой холодильной техники в обозримом будущем.

Технология компрессии пара является установившейся и широко доступной во всем мире. Существующие технологические конструкции, основанные на УВ-600а или ГФУ-134а, как правило, потребляют менее половины электроэнергии, требующейся тем агрегатам, которые они заменяют. Это надежное функционирование обеспечивается без более высоких расходов или более сложных конструкций. Ожидаются постоянные и все большие усовершенствования в функционировании агрегатов и/или повышение энергетического КПД. Правительственные нормативные акты и добровольные соглашения по энергетическому КПД и программы этикетирования показали свою эффективность в области повышения эффективности продукции, предлагаемой в нескольких странах.

Дизайн товаров, практика производства и обслуживания будут минимизировать выбросы хладагента во время производства холодильного оборудования и на этапах использования; тем не менее, необходимо уделять особое внимание прекращению использования значительного количества агрегатов, содержащих

ХФУ-12. При характерном сроке жизни в 20 лет показатель прекращения использования холодильного оборудования в связи с окончанием срока службы и удаления составляет ежегодно порядка 5 % от общего количества установленного оборудования. Это означает, что ежегодно удаляется приблизительно 75 млн холодильников, содержащих 100 г хладагента на одну единицу, или в общей сложности 7 500 тонн хладагента. В последующие как минимум 10 лет этим хладагентом будет главным образом ХФУ-12. Небольшое количество хладагента, загружаемого в расчете на одну единицу оборудования, является причиной того, что рекуперация хладагента является экономически невыгодной. Регламентирующими учреждениями во всем мире предусмотрены стимулы или наказания за несоблюдение правил, чтобы способствовать рекуперации этого ОРВ.

В настоящее время (данные на 2002 г.) показатель ежегодных выбросов ГФУ-134а из бытовых холодильников составляет 1 % за время использования данной продукции. Выбросы ГФУ из бытового холодильного оборудования оцениваются в 480 тонн в 2002 г., а к 2015 г. они возрастут согласно сценарию ОП до 7 800 тонн. Согласно сценарию смягчения последствий выбросы в 2015 г. составляют 2 800 тонн благодаря более безопасной герметизации и рекуперации хладагента. В таблице TP-12 кратко изложены возможности для борьбы с выбросами при возрастающем объеме применения УВ-600а в качестве хладагента. Кроме того, производственные стоимостные надбавки, капиталовложения и проектировочные расходы, необходимые для осуществления, классифицируются по трем наиболее общим категориям холодильного оборудования.

4.1.2 Коммерческое холодильное оборудование

Коммерческое холодильное оборудование включает три основных типа оборудования: автономное оборудование, конденсаторные агрегаты и комплексные системы супермаркетов. К подсектору коммерческого холодильного оборудования относится широкое разнообразие холодильных систем — от морозильных камер для мороженого, которые имеют мощность охлаждения порядка 200 ватт и незначительно отличаются от бытовых морозильных камер, до машинных залов, в которых находятся многочисленные компрессорные стеллажи, потребляющие несколько сотен киловатт. Хладагентами, которые чаще всего используются в этом подсекторе, являются ГХФУ-22, R-404A и ГФУ-134a.

В 2002 г. доля всех типов хладагентов, используемых в коммерческом холодильном оборудовании — главным образом оборудовании, содержащем ХФУ, ГХФУ и ГФУ, составляла 605 кт из общего количества в 2 690 кт для всех систем охлаждения и кондиционирования воздуха (КВ) и всех типов хладагентов; это составляет 22 % от общего объема банка холодильного оборудования и КВ.

В глобальных масштабах коммерческое холодильное оборудование является подсектором холодильного оборудования с наибольшими выбросами хладагента, рассчитанными в качестве эквивалента CO_2 и представляющими 40 % от общего объема выбросов хладагентов (включая холодильное оборудование, СКВ и МКВ). Уровни выбросов, в т. ч. выбросов из неорганизованных источников, в результате повреждений, а также во время обслуживания и при окончании срока службы, являются, как правило, весьма высокими, особенно для супермаркетов и торговых комплексов. Чем больше нагрузка, тем выше показатель выбросов, которые происходят из-за очень длинных трубопроводов, большого количества соединительных элементов и клапанов и очень больших выбросов в случае повреждений.

Показатели утечки хладагента, полученные при помощи подхода по принципу «снизу-вверх», показывают, что суммарный ежегодный показатель выбросов хранящихся в системах хладагентов составляет 30 %. Доля выбросов хладагентов, как правило, составляет 60 % от общего объема выбросов ПГ в результате функционирования систем, при этом остальная часть представляет собой косвенные выбросы, вызванные производством энергии. Эти процентные доли показывают, насколько важную роль играют сокращения выбросов из этого сектора.

Ежегодный показатель утечки хладагентов из более чем 1 700 комплексных систем супермаркетов в США и Европе находится в пределах от 3 до 22 % от загрузки систем со средним значением, равным 18 %. Можно сделать вывод о том, что если оценка выбросов в 30 % на глобальной основе является правильной, то значения 3–22 % должны представлять собой выборочные данные по компаниям из стран, в которых сокращения выбросов уделяется значительное внимание.

Оценки будущих выбросов углеводородных хладагентов согласно различным сценариям приводятся в таблице ТР-11. Высокие показатели экономического роста в некоторых развивающихся странах будут оказывать весьма значительное воздействие на рост банка и выбросов хладагентов.

Значительные сокращения суммарных выбросов, т. е. улучшенный показатель ВКЖЦ, могут быть достигнуты благодаря использованию таких хладагентов, как ГФУ, углеводороды, аммиак или CO_2 , применению меньшей загрузки или повышению эффективности мер защиты, а также посредством общего повышения энергетического КПД за счет новых конструкций систем. Информация об этом кратко изложена в таблице ТР-13. Вопросы безопасности должны учитываться, если используются токсичные или воспламеняющиеся хладагенты; решение этих вопросов зависит от национальных, а в некоторых случаях местных нормативных актов, которые могут ограничивать степень применения некоторых из этих хладагентов.

Благодаря применению прямых систем с альтернативными хладагентами, лучшей герметизации, распределенным системам, косвенным системам или каскадным системам в комплексных системах супермаркетов могут быть получены показатели ВКЖЦ, которые почти до 60 % ниже соответствующих показателей в централизованных прямых системах с традиционной конструкцией.

Опубликованные результаты показывают, что альтернативные системы характеризуются первоначальными расходами, которые выше на 0–35 %, и потреблением энергии, которое выше на 0–20 % по сравнению с существующими в настоящее время системами.

Стоимость мер по борьбе с выбросами хладагентов находится в пределах 20–280 долл. США/т CO_2 -экв.^{19, 20}. Продолжается работа по разработке новых систем, направленная на снижение стоимости и потребления энергии в этих системах, что приведет впоследствии к снижению стоимости мер по снижению выбросов. Учет возможного повышения энергетического КПД может также привести к отрицательным расходам (экономии), связанным с мерами по сокращению выбросов.

Для небольших коммерческих единиц оборудования, а именно автономного оборудования и конденсирующих агрегатов (торговые автоматы, морозильные камеры для мороженого, камерные холодильники и т. д.), глобальные компании начали применять для замены ГФУ (углеводороды и CO_2) вещества с низким или нулевым ПГП, а также альтернативные технологии. Оба этих варианта могут обеспечить в перспективе более низкие прямые и сопоставимые или более низкие косвенные выбросы.

4.1.3 Обработка пищевых продуктов, холодильное хранение и промышленное холодильное оборудование

Обработка пищевых продуктов и холодильное хранение являются одним из важных применений холодильного оборудования; при сохранении и распределении пищевых продуктов сохраняются качества питательных веществ. Это применение является весьма значительным по своим масштабам и экономическому значению во всех странах, включая развивающиеся страны. Оно включает холодильное хранение (при температурах от –1 до 10 °С), замораживание (от –30 до –35 °С) и долгосрочное хранение замороженных продуктов (от –20 до –30 °С). Объем охлажденных пищевых продуктов почти в 10–12 раз больше, чем объем замороженных продуктов.

¹⁹ Стоимость в настоящем докладе приводится в долларах США по ценам 2002 г., если не указано иное.

²⁰ Указанные данные о стоимости касаются только сокращений прямых выбросов. Учет фактора, связанного с повышением энергетического КПД, может привести даже к чистым негативным конкретным расходам (экономии).

Таблица ТР-13. Резюме по сектору коммерческого холодильного оборудования — текущий статус и варианты уменьшения выбросов.

Подсектор	Автономное оборудование	Конденсаторные агрегаты	Комплексная система супермаркета			
			Непосредственная централизованная	Косвенно централизованная	Распределенная	Гибриды
Мощность охлаждения	От До	0,2 кВт 3 кВт	2 кВт 30 кВт	20 кВт >1 000 кВт		
Загрузка хладагента	От До	0,5 кг ~2 кг	1 кг 15 кг	100 кг 2 000 кг	20 кг 500 кг	* *
Приблизительная доля банка хладагентов сектора в подсекторе		11 % от 606 кг	46 % от 606 кг	43 % от 606 кг	* Альтернативы в этих категориях были коммерциализированы, однако, поскольку существующее в настоящее время количество систем является ограниченным, они служат только в качестве ссылки на указанные ниже варианты.	
Приблизительная доля выбросов хладагентов сектора в подсекторе		3 % от 185 кг	50 % от 185 кг	47 % от 185 кг		
Банк хладагентов в 2002 г., доля по весу	ХФУ 33 %, ГХФУ 53 %, ГФУ 14 %					
Характерный среднегодовой показатель выброса загрузки	30 %					
Подсектор	Автономное оборудование	Конденсаторные агрегаты	Непосредственная централизованная	Косвенно централизованная	Распределенная	Гибриды
Технологии с сокращенным ВКЖЦ	Усовершенствованный ГФУ ДДНИ	Усовершенствованный ГФУ ДДНИ	Усовершенствованный ГФУ СПВ 30 % ИИЭ 0 % ИС 0±10 %	Аммиак	ГФУ	Каскадная система ГФУ/CO ₂ СПВ 50-90 % ИИЭ 0 %
				СПВ 100 %	СПВ 75 %	
				ИИЭ 0-20 %	ИИЭ 0-10 %	
				ИС 20-30 %	ИС 0-10 %	
	R-410A ДДНИ	CO ₂ (все CO ₂) СПВ 100 % ИИЭ 0±10 % ИС 0±10 %	УВ	Сэкономленный R-404A ДДНИ	Каскадная система аммиак/CO ₂ ДДНИ	
	УВ ДДНИ	УВ ДДНИ		ГФУ	Экономия R-410A ДДНИ	Каскадная система УВ/CO ₂ ДДНИ
	CO ₂ ДДНИ	CO ₂ ДДНИ			CO ₂ ДДНИ	
Потенциал снижения ВКЖЦ (с использованием среднемирового коэффициента выбросов для производства энергии)		ДДНИ			35-60 %	
Оценки стоимости снижения выбросов (10-летний срок жизни, 10-процентная учетная ставка)		ДДНИ		20-280 долл. США за уменьшение выброса CO ₂ на 1 тонну		

ПРИМЕЧАНИЯ:

СПВ (%): Сокращение прямых выбросов (по сравнению с установленными системами)

ИИЭ (%): Изменение в использовании энергии (+ или -) (по сравнению с уровнем техники)

ИС (%): Изменение в стоимости энергии (+ или -) (по сравнению с уровнем техники)

ДДНИ: Достаточных данных о снижении выбросов, использовании энергии и изменении в стоимости в литературе не имеется.

Большинство систем охлаждения для обработки и холодильного хранения пищевых продуктов основано на поршневых компрессорах и компрессорах с винтовым ротором. Традиционно применяемыми хладагентами являются аммиак, ГХФУ-22, R-502 и ХФУ-12. В настоящее время в определенных регионах вместо ХФУ-12, R-502 и ГХФУ-22 в качестве хладагентов применяются ГФУ. Предпочтительными ГФУ являются ГФУ-134а и смеси ГФУ с низкотемпературной смазкой, такие как R-404А, R-507А и R-410А. Кроме того, используются каскадные системы на базе аммиака/СО₂, а в не-прямых системах в качестве основных хладагентов применяются углеводороды.

По этой категории имеются ограниченные данные о СЭВП/ВКЖЦ. Последнее исследование рабочих характеристик системы и расчеты ВКЖЦ для системы охлаждения мощностью в 11 кВт с использованием R-404А, R-410А и УВ-290 показали незначительные расхождения в ВКЖЦ, основанные на допущениях, примененных в указанных расчетах.

В конце следующего раздела содержится дополнительная информация об утечке хладагентов и вариантах уменьшения выбросов для всего сектора обработки пищевых продуктов, холодильного хранения и промышленного холодильного оборудования.

Промышленное холодильное оборудование включает широкий перечень холодильных и морозильных применений, таких как применения в химической, нефтяной и газовой отраслях, изготовление льда для промышленности и сферы отдыха, а также сжижение воздуха. Большинство систем действует на основе циклов компрессии пара, при этом температуры испарителя колеблются в пределах от 15 до -70 °С. Криогенные применения действуют даже при более низких температурах. Мощность агрегатов колеблется от 25 кВт до 30 МВт, при этом системы часто изготавливаются по заказу и устанавливаются непосредственно на месте. Используемые хладагенты — это предпочтительно однокомпонентные вещества или азеотропные смеси, поскольку во многих системах для обеспечения высокой эффективности используются затопленные испарители. В некоторых конструкциях используются не прямые системы с жидкими теплоносителями для уменьшения объема загрузки хладагента и/или минимизации риска прямого контакта с хладагентом.

Эти системы охлаждения обычно находятся в промышленных зонах с ограниченным публичным доступом. Основным и все более часто используемым хладагентом является аммиак, а вторым наиболее распространенным хладагентом с точки зрения объема использования является ГХФУ-22, хотя использование ГХФУ-22 в новых системах запрещено европейскими нормативными документами с января 2001 г. для всех типов холодильного оборудования. Хладагенты ХФУ-12 и R-502 с меньшим содержанием ХФУ заменяются на ГФУ-134а и R-404А, R-507А и R-410А. ХФУ-13 и R-503 заменяются на ГФУ-23 и R-508А

или R-508В. ГХФУ-22 заменяется R-410А, поскольку энергетический КПД систем с R-410А может быть несколько более высоким по сравнению с КПД ГХФУ-22, а R-410А аналогичен аммиаку с точки зрения температур испарения до -40 °С. Углеводородные хладагенты традиционно использовались в крупных холодильных установках в нефтяной и газовой промышленности.

СО₂ начинает находить применение в этом подсекторе в качестве низкотемпературного хладагента, а также в каскадных системах, при этом аммиак используется на высокой ступени, а СО₂ — на низкой ступени. Энергетический коэффициент систем СО₂ может быть аналогичен КПД ГХФУ-22, аммиака и R-410А в диапазоне испарения от -40 до -50 °С. СО₂ также используется в качестве жидкого теплоносителя не прямых систем.

Согласно оценкам ежегодные показатели утечки хладагента в промышленных системах охлаждения находятся в пределах 7-10 %, при этом, согласно сообщаемым данным, эти показатели для совокупного сектора обработки пищевых продуктов, холодильного хранения и промышленного холодильного оборудования составляли в 2002 г. 17 % от общего банка систем хладагентов. Банк хладагентов содержал 35 % аммиака и 43 % ГХФУ-22 по весу, а остальную часть составляли ХФУ, ГФУ и углеводороды. Распределение основных хладагентов и выбросов в этом общем секторе за 2002 г. показаны в таблице ТР-14.

Варианты уменьшения выбросов должны заключаться в использовании хладагентов с более низким ППП, усовершенствовании конструкции оборудования и операций, обеспечивающих более низкое содержание хладагентов в системе, повышении эффективности мер защиты и рекуперации, а также повышении энергетического КПД благодаря новым конструкциям систем. Следует использовать расчеты ВКЖЦ при оптимизации выбора хладагента и конструкции системы для обеспечения самого минимального воздействия на окружающую среду. Стоимость уменьшения выбросов хладагентов из промышленного холодильного оборудования определена в диапазоне 27–37 долл. США/тСО₂-экв. (8%-ная ставка дисконта в год).

4.1.4 Транспортное холодильное оборудование

Подсектор транспортного холодильного оборудования включает системы холодильного оборудования для перевозки охлажденных или замороженных товаров автомобильным, железнодорожным, воздушным и морским транспортом. Используются несколько типов классификаций холодильного оборудования, такие как судовые системы, контейнеры с отдельными холодильными агрегатами, которые могут перевозиться морским, железнодорожным или автодорожным транспортом, и грузовые автомобили и железнодорожные вагоны с рефрижераторной установкой. Транспортный подсектор также охватывает использование холодильного

Таблица ТР-14. Резюме по сектору: обработка пищевых продуктов, холодильное хранение и промышленное холодильное оборудование (2002 г.)

	ХФУ (ХФУ-12 и R-502)	ГХФУ-22	NH ₃	ГФУ (ГФУ-134а, R-404А, R-507А, R-410А)
Охлаждающая мощность	25 кВт – 1 000 кВт	25 кВт – 30 МВт	25 кВт – 30 МВт	25 кВт–1 000 кВт
Выбросы, тонны/год	9 500	23 500	17 700	1 900
Хладагенты в банке, тонны	48 500	127 500	105 300	16 200
Выбросы, %/год	14 %	18 %	17 %	12 %

Таблица ТР-15. Транспортное холодильное оборудование — характеристики и альтернативы.

Подсектор		Морской транспорт и рыболовецкие суда	Автодорожный транспорт	Железнодорожный транспорт	Контейнерные перевозки
Охлаждающая мощность	От До	5 кВт 1 400 кВт	2 кВт 30 кВт	10 кВт 30 кВт	Приблизительно 5 кВт
Загрузка хладагентов	От До	1 кг Несколько тонн	1 кг 20 кг	10 кг 20 кг	Приблизительно 5 кг
Приблизительная доля банка хладагентов сектора в подсекторе		52 % от 15 900 тонн	27 % от 15 900 тонн	5 % от 15 900 тонн	16 % от 15 900 тонн
Приблизительная доля выбросов хладагентов сектора в подсекторе		46 % от 6 000 тонн	30 % от 6 000 тонн	6 % от 6 000 тонн	18 % от 6 000 тонн
Преобладающая технология		ГХФУ-22	ГФУ-134а, R-404А, R-410А	ГФУ-134а, R-404А, R-410А	R-404А
Другие коммерциализированные технологии		Различные ГФУ, аммиак, аммиак/CO ₂ для низких температур; системы углеводородов для газовых танкеров; системы сорбции для части тепловой нагрузки	Углеводороды, жидкий или твердый CO ₂ , ледяная пульпа, эвтектические пластины	Твердый CO ₂	ГФУ-134а, ГХФУ-22
Технологии с более низким ППП, обладающие достаточным или более чем достаточным потенциалом для замены ГХФУ/ГФУ на рынках		Аммиак, аммиак/CO ₂ для низких температур	Углеводороды, системы компрессии CO ₂ ; для коротких расстояний — сочетание стационарного углеводорода или аммиака с жидким CO ₂ , ледяной пульпой или эвтектическими пластинами	Углеводороды, системы компрессии CO ₂ ; для конкретных видов перевозок (например определенных фруктов) — сочетание стационарного углеводорода или аммиака с жидким CO ₂ , ледяной пульпой или эвтектическими пластинами	Система компрессии CO ₂
Статус альтернатив		Полностью разработаны. Некоторые проблемы стоимости, связанные с обеспечением дополнительной безопасности для аммиачных установок на судах. Углеводороды находят практическое применение главным образом на судах, построенных в соответствии со стандартами защиты от взрывов (например танкеры для перевозки газа)	Минисистемы углеводородов прошли успешные рабочие испытания, однако имеется недостаточный спрос и дополнительные требования в отношении использования (профессиональная подготовка водителей, стоянка). Системы жидкого CO ₂ коммерциализированы. Компрессия CO ₂ испытана на прототипах, однако проблема заключается в необходимости компрессора с открытым приводом для большинства систем, а также наличии утечки.	Твердый CO ₂ является стандартным вариантом использования, однако характеризуется не очень высоким энергетическим КПД, трудностью обращения и высокими требованиями к инфраструктуре, и поэтому в настоящее время происходит постепенный отказ от него. Все более широкое использование систем, предназначенных для прицепных вагонов с оптимизацией для удовлетворения требований железнодорожных перевозок (противоударные характеристики).	На стадии разработки — испытания прототипа; могут появиться в ближайшем будущем, если это потребуется.

оборудования на рыболовецких судах, где рефрижераторные системы применяются как для обработки, так и хранения пищевых продуктов.

Технические требования к транспортным холодильным агрегатам являются более строгими по сравнению со многими другими применениями холодильного оборудования. Это оборудование должно функционировать в широком диапазоне температур окружающей среды и в весьма изменчивых метеорологических условиях (солнечная радиация, дождь и т. д.). Транспортное оборудование должно быть способно перевозить весьма разнообразный перечень грузов с

разными температурными требованиями и должно быть прочным и надежным в нередки суровых для перевозки условиях окружающей среды. Несмотря на прочную и крепкую конструкцию транспортных холодильных агрегатов, утечки в системе охлаждения могут произойти в результате вибрации, неожиданных ударов, столкновений с другими предметами и коррозии под воздействием соленой воды. Обеспечение безопасного функционирования со всеми рабочими жидкостями имеет существенное значение, если, например в случае судов, нет никаких простых вариантов для удаления при утечке хладагента. Безопасность должна стать неотъемлемым элементом благодаря выбору жидкостей или она должна обеспечиваться

посредством ряда технических мер. Существует также необходимость в бесперебойной работе при эксплуатации оборудования, поскольку транспортное оборудование может нуждаться в наличии обслуживания во многих местах по всему миру.

В системах охлаждения обычно используются ХФУ-12, R-502, ГХФУ-22, ГФУ-134а, R-404A, R-507A, R-410A и R-307C. Альтернативы с более низким ПГП, такие как аммиак, углеводороды и аммиак/CO₂, были запущены в серийное производство в некоторых применениях с компрессией пара. Лед и жидкость или CO₂ в твердом виде используются в некоторых секторах транспортного холодильного оборудования, таких как автомобильные, железнодорожные и воздушные перевозки. В таблице TP-15 содержится обзор различных применений, которые используются в настоящее время, а также информация о стадии развития альтернативных вариантов. Банк хладагентов оценивается в данный момент в 3 300 тонн ХФУ, 3 200 тонн ГХФУ-22 и 9 500 тонн ГФУ и смесей ГФУ; ожидается увеличение суммарного банка с 16 000 тонн в настоящее время до 23 200 тонн в 2015 г. (сценарий ОП). Предполагается, что нынешние совокупные выбросы хладагентов в количестве 6 000 тонн ежегодно возрастут до 8 700 тонн ежегодно к 2015 г. для сценария ОП и будут составлять 5 250 тонн ежегодно вследствие значительно более активных усилий по рекуперации и рециркуляции хладагентов и более эффективных мер защиты, таких как использование герметичных компрессоров. Эти последние варианты значительно снизят выбросы эквивалента CO₂, равно как и замена фторуглеродов альтернативными веществами с более низким ПГП.

Для всех применений транспортного холодильного оборудования имеются варианты замены хладагента с более низким ПГП, в которых в настоящее время используются ХФУ, ГХФУ или ГФУ; см. таблицу TP-15. В нескольких случаях эти варианты могут повысить, вероятно, стоимость системы охлаждения из-за расходов, связанных с оборудованием и обеспечением безопасности. Необходимо помнить о том, что из-за отсутствия внешних стимулов для владельцев транспортного оборудования начальная стоимость транспортной системы и холодильной установки играет гораздо большее значение по сравнению с эксплуатационными расходами на данную установку.

В связи с показателями утечки хладагента в 25–35 % переход от ГФУ, такого как R-404A, к альтернативному варианту с более низким ПГП будет по большей части приводить к уменьшению СЭВП, если потребление энергии не является существенно более высоким по сравнению с нынешними системами. В нескольких применениях уменьшение СЭВП могло бы быть весьма значительным.

Имеется много возможностей для снижения потребления энергии транспортными холодильными системами, включая улучшение изоляции для уменьшения потерь при охлаждении и нагрузке, контроль частоты работы компрессора для условий с неполной нагрузкой, использование конденсаторов с водяным охлаждением для судовых систем и профилактическое обслуживание для уменьшения засорения теплообменника.

4.2 Каковы наиболее важные выводы в отношении бытового и коммерческого кондиционирования воздуха и отопления?

Применения, оборудование и продукция, включенные в сектор бытового и коммерческого кондиционирования воздуха и отопления, могут быть классифицированы по трем группам: стационарные кондиционеры (включая как оборудование, которое

охлаждает воздух, так и тепловые насосы, которые непосредственно нагревают воздух), охладители и тепловые насосы для нагрева воды.

Стационарные кондиционеры обычно делятся на шесть разных категорий: (1) монтируемые в стене и внутростенные; (2) безканальные раздельные бытовые и коммерческие; (3) безканальные однопакетные; (4) безканальные с водным источником; (5) каналные бытовые раздельные и однопакетные; (6) каналные коммерческие раздельные и пакетные. Охладители воды в сочетании с системами обработки и распределения воздуха обычно обеспечивают комфортабельное кондиционирование воздуха в крупных коммерческих зданиях. Тепловые насосы для нагрева воды изготавливаются с применением различных источников тепла: воздуха, воды из прудов и рек, а также грунтовых вод.

Какие хладагенты использовались в прошлом?

- ГХФУ-22 в унитарных кондиционерах;
- ГХФУ-22 и R-502 в тепловых насосах для нагрева воды;
- ХФУ-11, ХФУ-12, ГХФУ-22 и R-500 в центробежных водяных охладителях;
- ГХФУ-22 и ХФУ-12 (в гораздо меньшей степени) в водяных охладителях с позитивным смещением.

Стационарные кондиционеры: В огромном большинстве стационарных кондиционеров (и тепловых насосах для нагрева воздуха) используется технология циклической компрессии пара с ГХФУ-22 в качестве хладагента. Почти во всех кондиционерах для охлаждения воздуха, изготовленных до 2000 г., в качестве их рабочей жидкости применяется этот хладагент.

Водяные охладители: В охладителях, в которых применяются компрессоры с винтовым ротором, компрессоры со спиральным ротором и поршневые компрессоры, обычно используется ГХФУ-22. Некоторые меньшие по размеру охладители с поршневым компрессором (менее 100 кВт) предлагались с ХФУ-12 в качестве хладагента. Центробежные охладители производятся в США, Азии и Европе. До 1993 г. эти охладители предлагались с ХФУ-11, ХФУ-12, R-500 и ГХФУ-22 в качестве хладагентов.

Тепловые насосы для нагрева воды: В прошлом наиболее распространенными хладагентами для тепловых насосов с компрессией пара являлись R-502 и ГХФУ-22.

Какова практика в настоящее время?

Стационарные кондиционеры: Грубая оценка показала бы, что в общей сложности в более чем 90 % кондиционеров (и тепловых насосов) с воздушным конденсатором, выпускаемых в настоящее время, до сих пор в качестве хладагента используется ГХФУ-22. В некоторых странах использование этого хладагента прекращается до срока, установленного Монреальским протоколом. Варианты хладагентов, используемые для замены ГХФУ-22, те же самые, что и для всех категорий стационарных кондиционеров: ГФУ-134а, смеси ГФУ и углеводороды. CO₂ также рассматривается для этого применения. В настоящее время в огромном большинстве систем без ОРВ используются смеси ГФУ, при этом в системах с небольшой нагрузкой используется незначительная процентная доля углеводородов.

Водяные охладители: ГФУ и смеси ГФУ (особенно R-407C и R-410A) начинают заменять продаваемые ГХФУ-22 в агрегатах новых охладителей с позитивным смещением. Более крупные охладители с водяным конденсатором и винтовым ротором (например свыше 350 кВт) были разработаны для использования в большей степени

ГФУ-134а, а не ГХФУ-22. Аммиак используется в некоторых охладителях в Европе, и там также ежегодно выпускается несколько небольших охладителей с углеводородными хладагентами. В центробежных охладителях, выпущенных после 1993 г., ХФУ-11 и ХФУ-12 заменены на ГХФУ-123 и ГФУ-134а.

Тепловые насосы для нагрева воды: В развитых странах ГХФУ-22 по-прежнему является наиболее часто используемым хладагентом, однако вводятся альтернативные ГФУ. В развивающихся странах также до сих пор в ограниченной степени используется ХФУ-12. К числу заменителей ГФУ в небольших бытовых и коммерческих системах нагрева воды относятся углеводороды и CO₂. Углеводороды используются в Европе, а CO₂ используется в Европе и Азии.

Каковы возможные будущие тенденции?

Варианты уменьшения выбросов ПГ из бытовых и коммерческих приборов для кондиционирования воздуха и отопления включают меры защиты в системах компрессии пара с ХФУ/ГХФУ/ГФУ, которые применяются во всем мире и для всех типов оборудования, а также использование систем, не содержащих ХФУ/ГХФУ/ГФУ. Этот последний вариант применяется не во всех случаях ввиду соображений экономического характера, безопасности и энергетического КПД.

Герметизация может быть достигнута благодаря более совершенной конструкции, установке и эксплуатации систем для уменьшения утечки и минимизации количества заправляемого в системы хладагента, а также рекуперации, рециркуляции и регенерации хладагента во время обслуживания и при удалении оборудования. Для минимизации выбросов в процессе установки, обслуживания и удаления требуется присутствие квалифицированной рабочей силы, пользующейся специальным оборудованием. В таблице ТР-11 представлены исходные уровни выбросов и выбросов согласно сценарию смягчения последствий на 2015 г.

Каковы альтернативные хладагенты с низким ППП?

В зависимости от применения альтернативные ГФУ хладагенты, используемые в бытовом и коммерческом оборудовании для кондиционирования воздуха и отопления, могут включать углеводороды, аммиак, воду и CO₂.

Стационарные кондиционеры: Использование углеводородов в продукции для кондиционирования воздуха с воздушным конденсатором и объемами загрузки хладагента более 1 кг явились предметом тщательного анализа риска и деятельности по разработке стандартов безопасности (например Европейский стандарт EN 378). Самый важный вопрос, с которым столкнется производитель при рассмотрении вопроса о применении углеводородных хладагентов, заключается в определении приемлемого уровня риска и связанной с этим ответственности.

CO₂ обладает рядом желательных качеств как хладагент: доступность, низкая токсичность, низкий уровень прямого ППП и низкая стоимость. Кроме того, системы с CO₂ меньше, вероятно, по размеру по сравнению с системами, использующими обычные хладагенты. Этим преимуществам противопоставляется тот факт, что использование CO₂ в применениях для кондиционирования воздуха требует высоких рабочих давлений и приводит к низкому

рабочему КПД, способствуя, таким образом, увеличению косвенных выбросов CO₂ в результате более высокого потребления энергии. Последние системные испытания неоптимизированных систем кондиционирования воздуха показали, что ХК²¹ составляют до 2,25 при входных температурах 35 °С по сравнению с ХК до 4,0 для типичного оборудования на основе ГХФУ-22.

Водяные охладители: Охладители с позитивным смещением, использующие аммиак в качестве хладагента, имеются в диапазоне мощности от 100 до 2 000 кВт, и лишь несколько моделей являются более мощными. Руководящие указания по рекомендованной практике ограничивают использование крупных аммиачных систем в общественных зданиях, в результате чего эти системы размещаются в машинном зале, в котором более эффективная безопасность обеспечивается благодаря наличию сигнальных и вентиляционных устройств, а также газоочистителей. Имеются руководящие указания в отношении безопасности конструкции и применения аммиачных систем. Современные компактные агрегаты фабричного изготовления герметизируют аммиак гораздо более эффективно, нежели старые установки с использованием аммиака.

Углеводородные хладагенты характеризуются долгой историей применения в промышленных охладителях на нефтехимических предприятиях. До 1997 г. они не использовались в применениях, предназначенных для комфортного охлаждения кондиционированного воздуха, из-за оговорок, касающихся безопасности систем. В настоящее время европейские производители предлагают целый ряд углеводородных охладителей с позитивным смещением. Количество продаж углеводородных охладителей ежегодно составляет порядка 100–150 единиц, особенно в северной Европе. Это незначительное количество по сравнению с общим количеством установленных в Европе охладителей с ГХФУ и ГФУ, которое превышает 77 000 единиц. Характерные меры безопасности включают правильную установку и/или газонепроницаемый кожух охладителя, применение конструкции систем с небольшим объемом загрузки, безаварийные вентиляционные системы и системы детекторов газа, приводящих в действие сигнальные устройства. Эффективность аналогична эффективности эквивалента продукции с ГХФУ-22. Стоимость охладителей на углеводороде является более высокой по сравнению с охладителями, в которых используются эквиваленты ГХФУ или ГФУ.

Проводятся исследования CO₂ для широкого диапазона потенциальных применений. В то же время, CO₂ не соответствует циклическим энергетическим КПД фторуглеродных хладагентов для типичных применений водяного охлаждения, и поэтому отсутствуют какие-либо экологические стимулы для использования CO₂ в охладителях вместо ГФУ. До настоящего времени не было никакого коммерческого применения CO₂ в охладителях.

Привлекательной альтернативой является вода, поскольку она характеризуется отсутствием токсичности и воспламеняемости. В то же время это хладагент, требующий очень низкого давления. Низкое давление и очень высокие показатели объемного потока, которые требуются для систем компрессии пара, требуют конструкций компрессора, которые являются необычными в области кондиционирования воздуха. Немногочисленные существующие применения используют воду в

²¹ ХК означает холодильный коэффициент — мера энергетического коэффициента полезного действия охлаждающей системы.

качестве хладагента для охлаждения воды или для производства ледяных суспензий посредством прямого испарения из водного резервуара. В настоящее время эти системы стоят на 50 % дороже обычных систем. Более высокие расходы являются неизбежными и связаны со значительным физическим размером охладителей водного пара и сложностью их компрессионной технологии.

Тепловые насосы для нагрева воды: Некоторые европейские производители используют пропан (УВ-290) или пропилен (УВ-1270) в качестве хладагентов в небольших бытовых и коммерческих тепловых насосах с малым объемом загрузки, применяемых для нагрева воды. Углеводородный блок обычно находится за пределами помещения или в вентилируемом помещении и использует находящиеся рядом источники воздуха, наземных или грунтовых вод.

В применениях для нагрева воды пропан даст такой же или чуть более высокий энергетический КПД, что и ГХФУ-22. При разработке новых систем тепловых насосов с пропаном или другими воспламеняющимися хладагентами должны быть приняты надлежащие меры безопасности для обеспечения безопасного функционирования и эксплуатации. В Европе, Австралии и Новой Зеландии существуют или готовятся несколько стандартов, регулирующих использование углеводородов в тепловых насосах. Примером готовящегося стандарта является обновление Европейского стандарта EN 378.

Транскритический цикл CO_2 характеризуется значительным температурным переходом в сторону высокой температуры. Подобный переход может оказаться полезным в противоточном теплообменнике. Тепловые насосы, использующие CO_2 в качестве хладагента, могут нагревать воду до температур порядка 90 °C и были разработаны Японией для бытового применения. Обычная тепловая мощность составляет 4,5 кВт.

Аммиак применялся в тепловых насосах среднего размера и большой мощности, главным образом в Скандинавии, Германии, Швейцарии и Нидерландах. Требования к безопасности системы для аммиачных тепловых насосов аналогичны требованиям для аммиачных охладителей.

Каковы альтернативные беспропеллентные технологии?

Ряд других нетрадиционных технологий рассматривался с точки зрения их потенциальных возможностей для уменьшения потребления и выбросов ГФУ. Они включают системы влагопоглощения, системы цикла Стирлинга, термоэлектрическое, термоакустическое и магнитное охлаждение. За исключением цикла Стирлинга и десикантов, все эти системы страдают такими крупными недостатками с точки зрения эффективности, что последующие косвенные воздействия перевесят любые прямые выгоды от уменьшения выбросов. Несмотря на интерес со стороны исследователей, цикл Стирлинга по-прежнему ограничен целевыми применениями и никогда не использовался в серийном производстве для кондиционирования воздуха. В применениях с высокой скрытой нагрузкой системы влагопоглощения использовались для дополнения инерционных характеристик традиционного механического кондиционирования.

Каков общий потенциал сокращения?

Прямые выбросы ПГ из оборудования для бытового и коммерческого кондиционирования воздуха и отопления

могут быть сокращены почти на 200 Мт CO_2 -экв./год по сравнению со сценарием ОП (2015 г.). **Удельные расходы** находятся в диапазоне от -3 до 170 долл. США/т CO_2 -экв. Повышение энергетических КПД системы может значительно сократить косвенные выбросы ПГ, обеспечивая в некоторых случаях общую экономию в размере 75 долл. США/т CO_2 -экв. Возможности для сокращения прямых выбросов ПГ (т. е. хладагента) можно изыскать: (1) в более эффективной рекуперации хладагента в конце срока службы (в сценарии смягчения последствий оно оценивается величиной до 50 и 80 % для развивающихся и развитых стран соответственно); (2) уменьшении загрузки (до 20 %); (3) улучшении мер защиты; (4) использовании в соответствующих применениях хладагентов, иных, нежели фторуглерод.

4.3 Каковы наиболее важные выводы в отношении мобильного кондиционирования воздуха?

Каковы прошлые и нынешние тенденции в области МКВ?

Системы МКВ производятся в массовом количестве в США с начала 1960-х годов, а в Японии — с 1970-х годов. В Европе, а также в развивающихся странах значительное увеличение количества автомобилей с кондиционерами началось позднее, а именно около 1995 г.

Как показано в таблице TP-16, глобальный парк автомашин с использованием ХФУ-12 сократился приблизительно с 212 млн в 1990 г. до 119 млн в 2003 г., в то время как парк автомашин с использованием ГФУ-134а возрос с менее 1 млн в 1992 г. до 338 млн в 2003 г.

На основе сценария ОП, а также с учетом высоких темпов экономического роста быстро развивающихся стран на рисунке TP-11 показано прогнозируемое увеличение парка автомобилей с кондиционерами, который достигнет к 2015 г. почти 965 млн.

Каковы выбросы в настоящее время и прогнозы?

Выбросы из автомашин, в которых по-прежнему используются системы МКВ с ХФУ-12, составляют порядка 531 г/год/автомобиль, если включены все типы выбросов (доля выбросов из неорганизованных источников составляет 220 г/год/автомобиль). В некоторых странах в конце срока службы автомобилей производится рекуперация и рециркуляция ХФУ-12, однако ХФУ-12 будет по-прежнему выбрасываться в конечном итоге в атмосферу в результате подобной практики, если он не будет уничтожаться. Ежегодные выбросы (2002 г.) глобального парка автомашин с кондиционерами на основе ХФУ-12 составляют около 514 Мт CO_2 -экв./год (доля выбросов загрязняющих веществ из неорганизованных источников составляет 213 Мт CO_2 -экв./год). Согласно прогнозам влияние подсектора МКВ на радиационное воздействие на климатическую систему будет определяться главным образом выбросами ХФУ-12 вплоть до 2006 г. как самой ранней даты.

Таблица ТР-16. Динамика парка автомашин с кондиционерами и выбор хладагентов в период 1990–2003 гг.

Годы	Парк автомашин с кондиционерами (миллионы)	
	ХФУ-12	ГФУ-134а
1990	212	–
1991	220	–
1992	229	0,7
1993	229	10
1994	222	27
1995	215	49
1996	206	74
1997	197	100
1998	186	128
1999	175	161
2000	163	198
2001	149	238
2002	134	285
2003	119	338

Прямые выбросы общего парка автомобилей с системами МКВ на основе ГФУ-134а оцениваются приблизительно в 220 г/год/автомобиль, включая выбросы загрязняющих веществ из неорганизованных источников, на долю которых приходится 130 г/год/автомобиль, или, если они выражены в эквивалентах CO_2 , то около 96 Мт CO_2 -экв./год, включая выбросы из неорганизованных источников, доля которых составляет 56 Мт CO_2 -экв./год. Существующие в настоящее время наборы «сделай сам» для перезаправки кондиционеров, в которых используются

одноразовые банки жидкости, ведут по меньшей мере к двукратному увеличению выбросов в атмосферу по сравнению с профессиональным обслуживанием, при котором используются более эффективные компоненты для подачи жидкости.

В таблице ТР-11 подчеркивается быстрое изменение в выборе хладагента, которое является результатом осуществления Монреальского протокола.

Каковы косвенные выбросы CO_2 , связанные с использованием энергии и функционированием систем МКВ?

Функционирование систем МКВ во всем мире ведет к существенному косвенному воздействию в результате повышенного использования топлива и связанных с этим выбросов CO_2 . Текущие тесты потребления топлива и стандарты в автомобильной промышленности не дают четкой оценки этого воздействия, которое меняется в зависимости от климатической зоны. В соответствии с климатическими условиями считается, что на долю систем МКВ приходится 2,5–7,5 % дополнительного потребления топлива, или около 126 кг (Токио) — 369 кг (Феникс) CO_2 /год/автомобиль. При общем количестве автомобилей с кондиционерами, которое оценивается в 457 млн (в 2003 г.) косвенный эффект соответствует количеству в 114 Мт CO_2 -экв./год (при усредненном показателе глобального парка автомашин и допускаемой средней величине в 250 кг CO_2 /год/автомобиль) по сравнению с 750 Мт CO_2 -экв./год прямых выбросов.

Каковы возможные будущие тенденции в области МКВ?

Существуют следующие варианты для уменьшения выбросов ПГ: (1) совершенствование нынешних систем с ГФУ-134а; (2) переход к хладагентам с более низким ППП – либо ГФУ-152а, либо CO_2 . Углеводороды, даже если они являются хладагентами с низким ППП и эффективными при правильном использовании, не рассматриваются в качестве подходящих вариантов производителями и поставщиками автомашин ввиду проблем с обеспечением безопасности.

«Улучшенные» системы с ГФУ-134а постепенно внедряются на рынке, при этом дополнительная стоимость колеблется в пределах 24–36 долл. США за систему. В них применяются более герметичные шланги, компрессоры и предохранительные клапаны, которые в общей сложности уменьшают утечку. Последние исследования показывают, что улучшенные системы с ГФУ-134А и более совершенное обслуживание могут привести к тому, что выбросы составят порядка 70 г/год/автомобиль, что почти на 60 % ниже по сравнению с выбросами из современных систем с ГФУ-134а. Повышение эффективности практики восстановления и сервисной учебной подготовки могли бы еще больше уменьшить выбросы. Существенная экономия энергии связана с использованием компрессоров с меняющимся объемом и внешним управлением, которые также постепенно внедряются на рынке. Дополнительная экономия связана с конструкцией системы МКВ, которая учитывает ограничения по энергетическому КПД.

Несколько последних исследований показывают, что повышение энергетического КПД благодаря таким мерам, как управление включением/выключением вместо стандартного непрерывного функционирования, изоляция дверей и крыш и т. д., могло бы снизить эти выбросы почти на 30–40 %, что составляет 30–40 Мт CO_2 -экв./год.

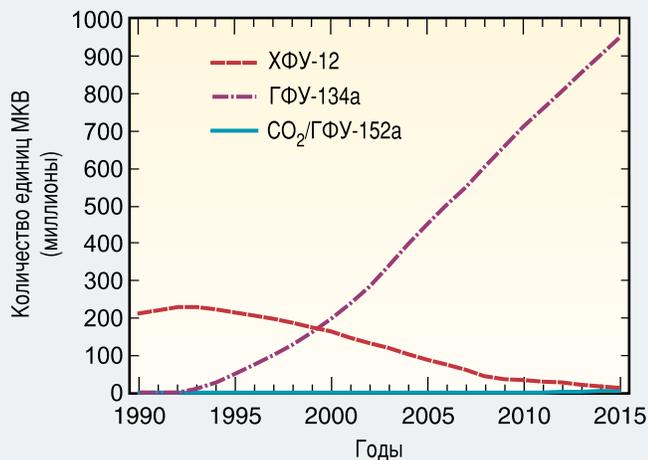
**Рисунок ТР-11.** Динамика парка оборудования для МКВ с 1990 по 2015 гг. в сценарии ОП.

Таблица ТР-17. Сравнение вариантов МКВ.

	ГФУ-134а (ссылка)	Улучшенный ГФУ-134а	ХФУ-12 (старый тип)	СО ₂ (в стадии разработки)	ГФУ-152а (прямая система, в стадии разработки)
Характеристики вещества					
Радиационный коэффициент (Вт/м ² /ppb)	0,16	0,16	0,32	См. главу 2	0,09
Срок жизни в атмосфере (годы)	14	14	100	См. главу 2	1,4
Прямой ППП (100-летний период)					
– Настоящий доклад	1 410	1 410	10 720	1	122
– РКИК ООН ^а	1 300	1 300	8 100	1	140
Технические данные					
Стадия разработки	Коммерческая	Близкая к коммерческой	Коммерческая	Демонстра- ционная	Демонстра- ционная
Срок жизни системы	12–16	12–16	12–16	12–16	12–16
Холодильная мощность (кВт)	6	5	6	6	6
Загрузка (кг на систему)					
– Диапазон	0,7–0,9	0,6–0,75	1–1,2	0,5–0,7	0,45–0,55
– Относительные цифры (%)	100	80	125	70	70
Количество загрузок за срок жизни	2-3	1-2	4	2-4	1-2
Коэффициент полезного действия (КПД)	0,9–1,6	1,2–2,5	0,9–1,2	0,9–2,0	1,2–2,0
Потребление энергии (относительные цифры в %)	100	80	130	70	70
Выбросы на функциональную единицу					
Прямые выбросы					
– в % нагрузки/год	15	7	20	15	7
– в кг СО ₂ -экв./год	166	64	1 782	0,09	4,9
– относительные цифры (%)	100	40	1 043	0,05	2,9
Косвенные выбросы СО ₂ (кг СО ₂ /год)					
– Севиля	184	147	239	129	129
– Токио	126	101	163	88	88
– Феникс	369	295	480	258	258
Коэффициент рекуперации выбросов при окончании срока службы ^б (%)	0	50	0	0	50
СЭВП (кг СО ₂ -экв. за 14 лет)					
– Севиля	4 900	2 954	28 294	1 807	1 875
– Токио	4 088	2 310	27 230	1 233	1 301
– Феникс	7 490	5 026	31 668	3 613	3 681
(без рекуперации) ^б					
Расходы на функциональную единицу					
Инвестиционные расходы (долл. США)	215	24–36	Данные отсутствуют	48–180	48

ПРИМЕЧАНИЯ:

^а Величины ППП, использованные для расчетов, являются ППП из РКИК ООН.

^б Ввиду значительных неопределенностей в эффективности рекуперации, она не учитывалась при расчетах СЭВП, и поэтому средний прямой выброс за год для «улучшенных систем ГФУ-134а» составляет 100 г/год.

Системы МКВ с использованием CO₂ прошли успешную демонстрацию в пассажирских автомобилях и коммерческих автобусах. CO₂ имеет ППП, который в 1 300 раз меньше, чем соответствующий показатель ГФУ-134а, что ограничивает таким образом прямые воздействия в расчете на одну загрузку. В то же время, системы CO₂ действуют при уровнях давления, которые почти в восемь раз выше соответствующих уровней для ХФУ-12 и ГФУ-134а (давление разгрузки порядка 12 МПа), и поскольку показатели потока утечки характеризуются квадратичным отношением к давлению, системы CO₂ предполагают гораздо более сложные меры защиты. В настоящее время системы CO₂ продемонстрировали энергетический КПД, сопоставимый или превышающий усовершенствованные системы ГФУ-134а в более холодной окружающей среде, однако они являются, вероятно, менее эффективными в более теплом климате. Тем не менее, как показано в таблице TP-17, благодаря своему почти ничтожному прямому воздействию, СЭВП систем CO₂ значительно превышает соответствующий показатель улучшенных систем ГФУ-134а. Барьеры для коммерциализации включают решение проблем дополнительных расходов и безопасности, связанных с выбросом CO₂ в пассажирской кабине, и эксплуатационных проблем, а также затраты в связи с переходом на новую систему обслуживания.

ГФУ-152а был также успешно продемонстрирован в системах МКВ. Хотя системы с ГФУ-152а могут использовать те же компоненты, что и системы с ГФУ-134а, первые требуют дополнительных систем безопасности, поскольку ГФУ-152а является воспламеняющимся веществом, а ГФУ-134а — невоспламеняющимся. Прямые выбросы (в эквивалентах CO₂) являются весьма низкими (сокращение на 92 % по сравнению с исходным уровнем ГФУ-134а). До настоящего времени системы с ГФУ-152а показали энергетический КПД, который сопоставим или превышает соответствующий КПД улучшенных систем ГФУ-134а, однако экономия энергии может быть утрачена, если будет использоваться система вторичного контура, необходимость которой вызывается соображениями безопасности. Тем не менее, ее общее воздействие на климат, выраженное в показателях СЭВП, является все же существенно более низким по сравнению с ГФУ-134а и характеризуется тем же порядком величины, что и системы с CO₂. Главными препятствиями для коммерциализации в настоящее время являются решение проблемы риска воспламеняемости и обеспечение коммерческого глобального наличия ГФУ-152а.

Таблица TP-18. Преимущества и недостатки использования как минеральных волокон, так и ячеистых полимеров в применениях тепловой изоляции.

	Минеральное волокно	Ячеистые полимеры
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> Начальная стоимость Наличие Высокая максимальная температура Противопожарные характеристики 	<ul style="list-style-type: none"> Тепловые свойства на основе пенообразующего вещества Устойчивость к влаге Структурная целостность Небольшой вес
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> Тепловые свойства на основе воздуха Устойчивость к влаге^a Плохая структурная целостность 	<ul style="list-style-type: none"> Противопожарные характеристики (органические) Ограниченная максимальная температура Начальная стоимость (в некоторых случаях)

ПРИМЕЧАНИЕ.

^a Потенциальное воздействие на долгосрочные тепловые характеристики.

В таблице TP-17 приводится сравнение основных систем МКВ, которые в настоящее время используются, разрабатываются или демонстрируются. Для каждого варианта показаны вопросы относительной стоимости наряду с пунктами, которые необходимо учитывать при оценке последствий радиационного воздействия на климатическую систему, включая косвенные последствия. Необходимо подчеркнуть, что выбор данного технического варианта в данный год будет иметь только ограниченный эффект в первые годы внедрения из-за всех хладагентов, которые находятся в банке существующего парка автомашин и выбрасываются им.

4.4 Каковы наиболее важные выводы в отношении пен?

Каковы применения пен, используемые в настоящее время, и почему?

Пенистые (или ячеистые) полимеры традиционно употребляются в целом ряде применений, в которых используются возможности для создания либо гибких, либо жестких структур. Мягкие пенопласты по-прежнему эффективно используются для мебельных подкладок, упаковки, а также противоударных (защитных) пен. Жесткие пенопласты используются главным образом для применений термической изоляции, таких как применения, необходимые для электроприборов, транспорта и зданий. Кроме того, твердые пенопласты используются для обеспечения структурной целостности и плавучести.

Для применений, связанных с термоизоляцией (основной вид использования твердых пенопластов), главными беспроцентными альтернативами были и продолжают оставаться альтернативы в виде минерального волокна (например стекловолокно и минеральная вата). В таблице TP-18 показаны основные преимущества и недостатки обоих подходов.

Последствия этих относительных преимуществ и недостатков различаются существенным образом как между продуктами в рамках определенной категории, так и между применениями. Это делает невозможным общий вывод относительно предпочтений. Нынешний рынок термоизоляционной продукции является сторонником разнообразных решений (по меньшей мере 15 основных типов продукции), и это является причиной того диапазона требований, которые выдвигаются в отношении



предлагаемых применений. К сожалению, имеются только ограниченные данные по рынку термоизоляционной продукции на глобальном и региональном уровнях. Одна из сложностей глобального анализа рынка заключается в различии строительной практики во всем мире, которая нередко определяется наличием материалов и климатическими условиями.

Просто в качестве примера можно привести систематический и периодический анализ европейского рынка термоизоляционной продукции, который позволил определить тенденции в период 1990–2001 гг. (рисунок TP-12). Этот анализ показывает возрастающую потребность в пенопластовой продукции, используемой в термоизоляционных применениях, которая появилась отчасти в результате возросшего использования в Европе панелей с металлической облицовкой, а это использование во все большей мере связано с пенопластовыми наполнителями. В то же время, гармонизация классификаций противопожарных требований в Европе в ближайшие пять лет может привести к тому, что эта тенденция прекратится или даже изменится на обратную. Такова неустойчивость этих рынков и важность сохранения диапазонов видов продукции.

При рассмотрении вариантов беспропеллентных технологий важно признать фактор постоянного развития. Например, представляется вероятным, что возрастет использование панелей с вакуумной изоляцией (вакуумные и герметичные пенопластовые матрицы) в бытовых холодильниках и морозильных камерах. Фактически в большинстве японских агрегатов уже имеется по меньшей мере одна подобная панель в стратегически важных точках конструкции. Другие возможности включают многослойную зеркальную фольгу, однако ее тепловой КПД пока далек от доказанного.

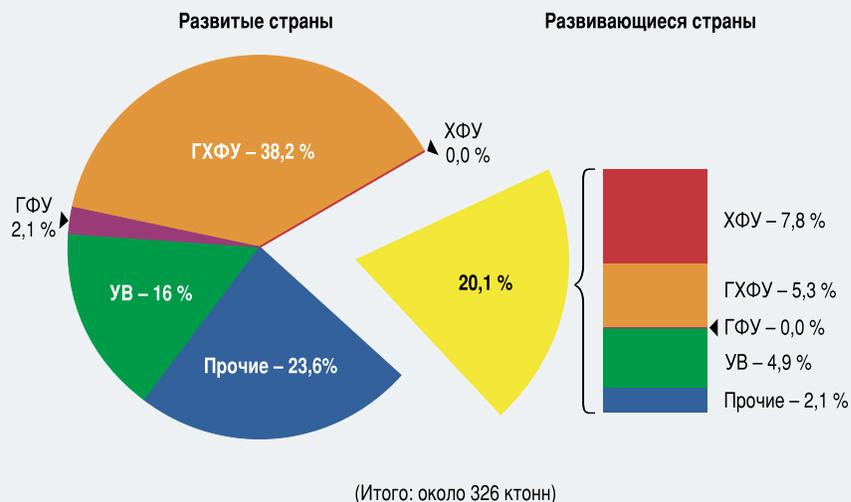
Взаимосвязь между пенопластами, производственными процессами и применениями является сложной. В таблице TP-19 кратко изложены основные взаимосвязи между общими типами продукции и применениями как неизоляционных, так и изоляционных пенопластов, а в основной главе дается дополнительная информация о производственных процессах.

Таблица TP-19. Основные взаимосвязи между общими типами продукции и применениями для неизоляционных и изоляционных пен.

Тип пены (изоляционная)	Область применения							
	Холодильное оборудование и транспорт				Здания и строительные услуги			
	Бытовые электроприборы	Прочие электроприборы	Рефрижераторы и транспорт	Изоляция стен	Изоляция крыш	Изоляция полов	Изоляция труб	Склады-холодильники
Полиуретан	√	√	√	√	√	√	√	√
Выдавливаемый полистирол			√	√	√	√	√	√
Фенольный				√	√		√	√
Полиэтилен						√	√	

Тип пены (неизоляционная)	Область применения					
	Транспорт		Комфорт		Упаковка	Плавсредства
	Сидения	Безопасность	Подстилка	Мебель	Пищевые продукты и прочее	Морские и прогулочные суда
Полиуретан	√	√	√	√	√	√
Выдавливаемый полистирол					√	√
Полиэтилен					√	√

Рисунок ТР-13. Разбивка использования пенообразующих веществ по типу и странам (2001 г.).



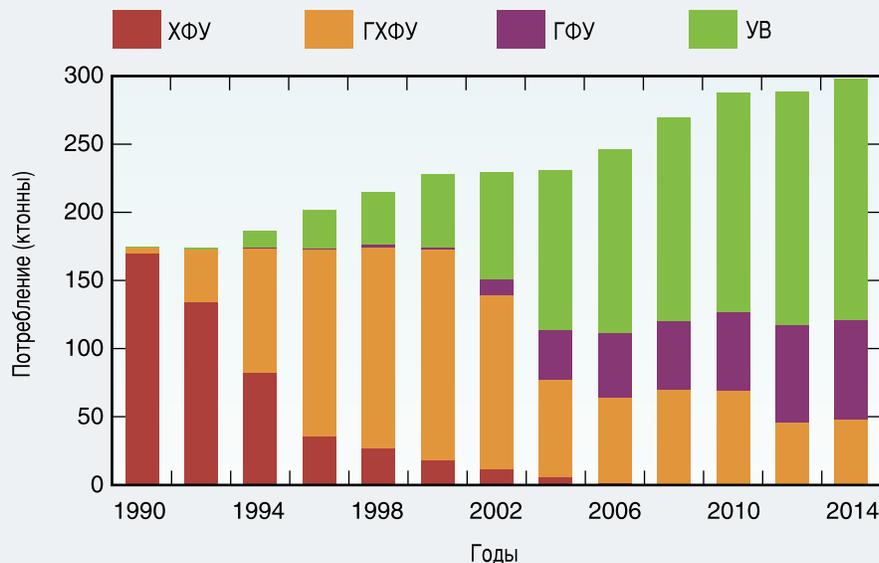
Какие пенообразующие вещества использовались в прошлом и каковы тенденции на будущее?

В момент обнаружения озоновой дыры в начале 1980-х годов практически во всех применениях и типах продукции, перечисленных выше, использовались ХФУ либо в качестве основного пенообразующего вещества (жесткие пенопласты), либо в качестве вспомогательного **пенообразующего вещества** (гибкие пенопласты). Суммарное потребление ХФУ сектором по производству пенопласта составляло в 1986 г. приблизительно 250 ктонн (165 ктонн жесткого пенопласта; 85 ктонн гибкого пенопласта). Использование пенообразующих веществ возросло в целом еще на 30 % за последующие 15 лет несмотря на повышение

эффективности пенообразования и уменьшение потерь. В то же время происходили, однако, оценка и принятие целого ряда альтернативных пенообразующих веществ. Они включали ГХФУ (в качестве переходных веществ), углеводороды, ГФУ, метилхлорид (для гибких пенопластов) и различные формы CO_2 . На рисунке ТР-13 кратко изложена ситуация в 2001 г.

На рисунке ТР-14 показан прогнозируемый рост потребления пенообразующих веществ в секторе твердых пенопластов за период до 2015 г.

Рисунок ТР-14. Прогнозируемый рост потребления пенообразующих веществ в твердых пенопластах после 2000 г.



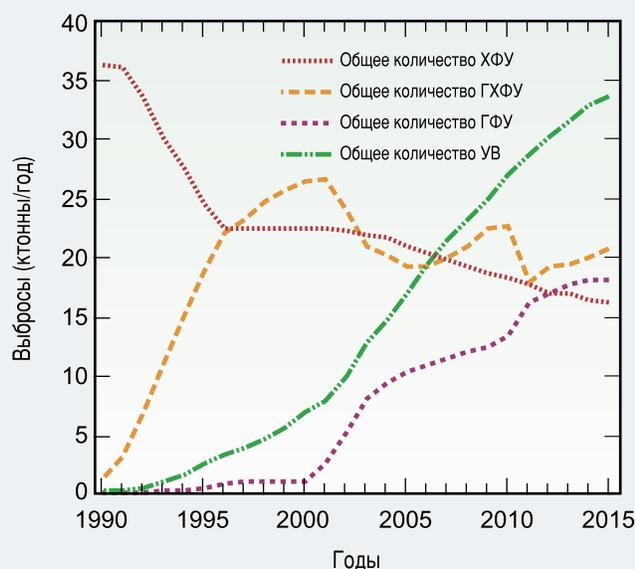


Рисунок TP-15. Ежегодные глобальные выбросы пенообразующих веществ в разбивке по группам (1990–2015 гг.).

Каковы последствия прошлых, настоящих и будущих моделей использования?

Прошлые, настоящие и будущие модели использования имеют последствия как для выбросов, так и для увеличения банка пенообразующих веществ. На рисунке TP-15 показаны прогнозируемые выбросы между 1990 и 2015 гг., основанные на традиционном и будущем использовании пенообразующих веществ при производстве пенопластов. График показывает прогнозируемый ежегодный выброс всех типов пенообразующих веществ в период до 2015 г. В таблице TP-20 дается оценка прогнозируемого развития банков по регионам и областям применения. Очевидно, что значительная часть выбросов из пенопластов, использованных в зданиях, еще предстоит в будущем.

Что определяет выбор пенообразующих веществ

Теплопроводность

Способность сохранять пенообразующие вещества в пенопластах открывает возможности для повышения эффективности термоизоляции по сравнению с продукцией, наполненной воздухом. В то же время подобные преимущества могут быть обеспечены, только если показатели теплопроводности фиксируемых пенообразующих веществ ниже соответствующих показателей воздуха. Именно так обстоит дело со всеми пенообразующими веществами, показанными на рисунке TP-15. Тем не менее, относительные

Таблица TP-20. Суммарные глобальные аккумулированные банки типов пенообразующих веществ в разбивке по группам (1990–2015 гг.).

Область применения	Пенообразующее вещество	1990 г. (тонны)		2000 г. (тонны)		2015 г. (тонны)	
		Развитые страны	Развивающиеся страны	Развитые страны	Развивающиеся страны	Развитые страны	Развивающиеся страны
Электроприборы и транспорт	ХФУ	378 000	108 000	238 000	222 000	450	15 500
	ГХФУ	0	0	177 000	32 100	75 700	265 000
	ГФУ	0	0	1 150	0	154 000	0
	УВ	0	0	87 100	31 600	354 000	329 000
	Все вещества	378 000 (24,6 %)	108 000 (53,7 %)	503 250 (20,1 %)	285 700 (58,1 %)	584 150 (17,2 %)	609 500 (58,5 %)
Полиуретановые панели, промежуточный итог	ХФУ	233 000	34 300	283 000	70 500	262 000	75 100
	ГХФУ	0	0	96 000	3 700	142 000	94 800
	ГФУ	0	0	2 150	0	135 000	0
	УВ	0	0	43 800	250	238 000	0
	Все вещества	233 000 (15,1 %)	34 300 (17,1 %)	424 950 (16,9 %)	74 450 (15,1 %)	777 000 (22,9 %)	169 900 (16,3 %)
Здания и другие применения, промежуточный итог	ХФУ	921 000	58 800	964 000	127 300	769 000	106 000
	ГХФУ	5 200	0	568 000	4 650	683 000	156 000
	ГФУ	0	0	200	0	269 000	150
	УВ	1 150	0	47 500	50	311 000	0
	Все вещества	927 350 (60,3 %)	58 800 (29,2 %)	1 579 700 (63,0 %)	132 000 (26,8 %)	2 032 000 (59,9 %)	262 150 (25,2 %)
Итого	ХФУ	1 532 000	201 100	1 485 000	419 800	1 031 450	196 600
	ГХФУ	5 200	0	841 000	40 450	900 700	515 800
	ГФУ	0	0	3 500	0	558 000	150
	УВ	1 150	0	178 400	31 900	903 000	329 000
	Все вещества	1 538 350	201 100	2 507 900	492 150	3 393 150	1 041 550

характеристики различных типов пенообразующих веществ действительно меняются в зависимости от температуры; например, сравнительные преимущества ГФУ по сравнению с углеводородами являются более значительными в холодильниках (средняя температура 5 °С) по сравнению с нагревателями воды (средняя температура 40 °С). Кроме того, размер и форма ячеек также влияют на общие характеристики пенопластов, и поэтому сравнения продукции не всегда являются непосредственными.

Воспламеняемость (продукция и процесс)

На общую воспламеняемость пенопластов влияет выбор полимерной матрицы и облицовочного материала, а также выбор пенообразующего вещества. Однако зачастую в силу последствий применения данного пенообразующего вещества может измениться классификация продукта или измениться отношение страхователей к возникшему риску. Кроме того, в некоторых процессах, связанных с пенопластами, серьезные проблемы могут появиться в связи с обращением с определенными воспламеняющимися пенообразующими веществами. Это в первую очередь касается малых и средних предприятий (МСП), в отношении которых не действует эффект масштаба и в которых преобладают непрерывные процессы. В случае огнеопасных пенообразующих веществ критерии инвестирования колеблются в значительных пределах в зависимости от того, связано ли данное инвестирование с новым предприятием или модернизацией существующего. В последнем случае расходы часто могут быть непомерно высокими, если данное предприятие является старым или если им владеет малое или среднее предприятие. В некоторых регионах с богатым наследием спорных проблем причиной озабоченности могут также являться вопросы ответственности работодателя.

Что уже сделано для минимизации использования?

Если учитываются три изложенных выше аспекта, то в нескольких ключевых секторах в качестве предпочтительного варианта фигурируют ГФУ, хотя прогресс, достигнутый в разработке альтернативных технологий, обеспечил сдерживание процесса потребления. Примером этого является постоянное расширение применения углеводородных технологий. Однако даже в тех случаях, когда был принят вариант ГФУ, имеются два дополнительных пункта для рассмотрения:

- 1) Как много ГФУ требуется в композиции для достижения требуемых характеристик?
- 2) Какой из ГФУ следует выбирать?

Обычным сдерживающим фактором для потребления является стоимость ГФУ. Стоимость пенообразующего вещества, как правило, является существенным элементом общих переменных расходов. Соответственно, любое значительное повышение стоимости пенообразующего вещества может влиять на переменные расходы в размере до 15 %. В условиях высококонкурентного рынка подобные увеличения расходов являются недопустимыми и мешают осуществлению выбора, если невозможно внести изменения в состав для уменьшения зависимости от более дорогостоящего пенообразующего вещества. Примером этого является образование полиуретановых пен на основе ГФУ в сочетании с CO₂, образующимся в результате реакции между изоциановым эфиром и водой.

В то же время общее решение является сложным решением, основанным на совокупности таких факторов, как непосредственная стоимость пенообразующего вещества, связанные с этим вопросы состава (например использование повышающих штрафных санкций, касающихся антипирена или плотности пены), характеристики продукции, безопасность процесса и капитальные затраты. Как отмечалось ранее, последние факторы особенно касаются МСП и других потребителей малых объемов.

Чистый эффект вышеуказанной совокупности факторов, определяющий спрос на ГФУ, заключался в уменьшении предыдущих оценок (1999 г.) потребления в размере 115 ктонн в 2010 г. до 60 ктонн в 2010 г. в настоящем докладе. Это уже может рассматриваться в качестве уменьшения, которому способствовало применение принципов ответственного использования в индустрии пенопластов.

Выбор самого низкого ПГП

Поскольку два основных жидких ГФУ (ГФУ-245fa и ГФУ-365mfc) имеют одинаковые ПГП на протяжении 100 лет, выбор между этими двумя ГФУ определялся в большей степени фактором соответствующих точек кипения и эффективности пенообразования. Для газообразных пенообразующих веществ ГФУ-152a имеет гораздо более низкий ПГП за 100-летний период по сравнению с ГФУ-134a. В то же время ГФУ-152a является более огнеопасным по сравнению с ГФУ-134a, а также выбрасывается гораздо быстрее из некоторых типов пены (например выдавливаемый полистирол). Это может означать, что краткосрочные последствия использования ГФУ-152a могут быть столь же значительными, что и последствия использования ГФУ-134a. Кроме того, термоизоляционное преимущество ГФУ-152a может оказаться краткосрочным. Все эти факторы необходимо взвешивать при выборе надлежащего пенообразующего вещества.

Какие дополнительные меры могут еще больше снизить будущие выбросы и какие меры являются необходимыми?

Дальнейшая замена

Хотя принятие критериев ответственного использования при выборе ГФУ привело к успешному снижению потребления ГФУ в секторе пенопластов почти на 50 % по сравнению с показателями, которые прогнозировались в 1999 г., имеется несколько областей, в которых в ближайшие 5–10 лет может стать возможной дальнейшая замена. Например:

- более широкое использование углеводорода в полиуретановой аэрозольной пене;
- более широкое использование CO₂ в экструдированном полистироле (ЭПС);
- более широкое использование углеводорода в применяемых пенах;
- изменения в отношении страхователей к использованию углеводородов в панелях.

Хотя последствия всех этих тенденций могут быть смоделированы в индивидуальном порядке, неопределенности являются слишком большими для того, чтобы быть значимыми. Соответственно в этой оценке для определения последствий осуществления подобных вариантов представлены два сценария смягчения последствий на высоком уровне.

Процесс эффективной практики

Уже начата работа по разработке процедур для определения и минимизации производственных потерь. Хотя эта работа является важной для того, чтобы задать правильный тон в области обращения с ГФУ в процессах, связанных с производством пены, потенциальная экономия вряд ли достигнет более 2–3 % суммарных выбросов в течение жизненного цикла, поскольку большинство процессов уже характеризуются хорошо закрытым исполнением. Одним из исключений могут быть, вероятно, выбросы во время применения полиуретанового аэрозоля, где все еще требуются дальнейшие усилия для количественного определения потерь; будущие усилия могут привести к усовершенствованиям в конструкции головки пульверизатора.

Управление ликвидацией отходов

Очевидной задачей всех предприятий является минимизация отходов. Тем не менее, производители пенопласта сталкиваются с определенными проблемами:

- расширение товарного ассортимента, требующее более универсальных производственных процессов;
- неизбежные производственные потери (например отрезание трубопроводных секций от блочного пенопласта).

Управление ликвидацией этих отходов является поэтому ключевым вопросом в минимизации выбросов. Модели сценария смягчения последствий оценивают сочетание усовершенствований процесса и управления ликвидацией отходов.

Управление банком (холодильники)

Размер существующих и будущих банков пенообразующего вещества в секторах бытовых электроприборов и транспорта оценен. В исходном сценарии уже учитывается деятельность по рекуперации, осуществляемая в Европе и Японии, поэтому размеры банка не приравниваются автоматически к объему будущих выбросов. При наличии данных о сложившейся технологии и стоимости рекуперации агента из холодильников, оцениваемой в настоящее время в 10–50 долл. США/тCO₂-экв., разумно, по-видимому, предположить, что все пенопласты холодильного оборудования могут быть ликвидированы при окончании срока службы к 2015 г., если инвестиции, предоставляемые предприятиям с этой целью, будут надлежащим образом распределены с географической точки зрения. Это будет, однако, связано с инвестированием в развивающиеся, а также развитые страны. В одном из сценариев, проанализированном в настоящем докладе, рассматривается потенциальное воздействие всех электроприборов, которые перерабатываются по окончании срока службы, при предполагаемой рекуперации более 80 % первоначальной загрузки пенообразующего вещества.

Управление банком (здания)

Для строительного сектора техническая осуществимость и экономическая жизнеспособность рекуперации пенообразующего вещества является менее четко определенной. Деятельность, подобная той, которая осуществляется в Японии в рамках проекта Японского испытательного центра для строительных материалов (ЯИЦСМ), способствует получению дополнительных знаний в этой области. В настоящее время, однако, имеется общее согласие в отношении того, что рекуперация в этом секторе будет гораздо более дорогостоящей по сравнению с рекуперацией агента из электроприборов из-за более низкой отдачи (вызванной потерями на этапах использования и рекуперации), а также дополнительных расходов на сортировку отходов при сносе зданий.

Одним исключением в этой тенденции является рынок панелей с металлической облицовкой, на котором сохранение и простота демонтажа могут позволить рекуперацию на основе существующих заводов холодильников. Рынок полиуретановых панелей был оценен, и ожидается, что к 2015 г. он превысит 700 ктонн пенообразующих веществ на базе фторуглерода. Ожидается, что расходы на рекуперацию будут находиться в том же диапазоне, что и для электроприборов, однако продолжается работа для подтверждения этих данных. Были подготовлены модели обоих сценариев, но с более скромными ожидаемыми результатами рекуперации из традиционных строительных источников в размере 20 %.

Каково значение этих потенциальных сценариев для более широких стратегий в области климата и озона?

Исходные уровни выбросов по сценарию ОП показаны на рисунке TP-16. Ввиду столь значительных жизненных циклов пенопластов все графики в этом разделе показывают вероятное воздействие сценариев возможного сокращения выбросов в период до 2100 г. Исходное предположение заключается в замораживании на уровнях потребления 2015 г. как для ГХФУ, так и ГФУ. Предполагается, что линейное прекращение использования ГХФУ будет происходить между 2030 и 2040 гг. С учетом того, что в секторе пенопластов будут продолжаться технологические разработки, ожидается, что после 2030 г. ГФУ не будут использоваться, а линейное уменьшение использования предполагается с 2020 г. В качестве дополнительной точки отсчета показаны также текущие выбросы из банков, уже созданных на 2015 г. Три основных элемента сценария смягчения последствий могут быть кратко изложены следующим образом:

- линейное уменьшение использования ГФУ в период с 2010 по 2015 гг., ведущее к 50-процентному сокращению к 2015 г.;
- принятие, начиная с 2005 г. и далее, стратегий уменьшения производственных выбросов для всех блочных пенопластов, а с 2008 г. и далее — во всех подсекторах пенопластов;
- распространение действующих мер в связи с окончанием срока службы на все электроприборы и панели со стальной облицовкой к 2010 г. наряду с 20-процентной рекуперацией, начиная с 2010 г., других используемых в строительстве пенопластов.

Итоговые последствия этих трех мер показаны на рисунке TP-17 и в таблице TP-21.

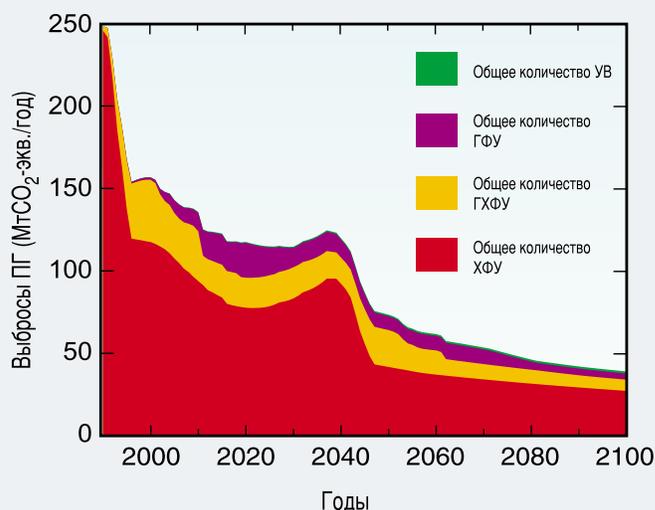


Рисунок TP-16. Взвешенные по ППП выбросы пенообразующих веществ в разбивке по группам (1990–2100 гг.) — сценарий обычной практики.

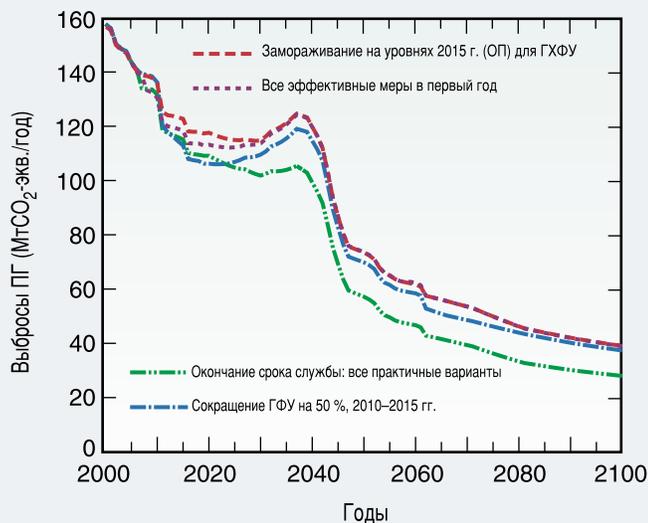


Рисунок ТР-17. Резюме последствий отдельных пакетов мер.

Уделение главного внимания уменьшению потребления ГФУ, как это видно, дает наиболее существенную экономию в период до 2015 г., и если исходить из того, что любое подобное уменьшение экстраполируется для использования моделей в период после 2015 г., то благодаря этому уделению главного внимания к 2100 г. также обеспечивается наибольшая выгода «применительно к ГФУ». В отличие от этого меры, связанные с окончанием срока службы, дают меньшую экономию в период до 2015 г., однако они все же располагают возможностями для обеспечения более общей экономии в период до 2100 г., если учитываются все типы пенообразующих веществ. Это значение является особенно существенным для ХФУ, характеризующихся высокими ППП и усиливающимся эффектом разрушения озона.

Таблица ТР-21. Резюме воздействий отдельных пакетов мер в разбивке по типам пенообразующих веществ: итоговые снижения кумулятивных выбросов согласно каждому оцененному сценарию.

Мера	Год	Сокращения кумулятивных выбросов			
		ХФУ (тонны)	ГХФУ (тонны)	ГФУ (тонны)	Эквиваленты CO ₂ (МтСО ₂ -экв.)
Снижение потребления ГФУ (2010–2015 гг.)	2015	0	0	31 775	36
	2050	0	0	225 950	259
	2100	0	0	352 350	411
Совершенствование производства/ монтажа	2015	78	14 450	16 700	36
	2050	58	31 700	32 700	68
	2100	47	24 350	26 500	55
Варианты управления при окончании срока службы	2015	8 545	16 375	105	52
	2050	64 150	144 650	88 540	540
	2100	137 700	358 300	194 800	1 200

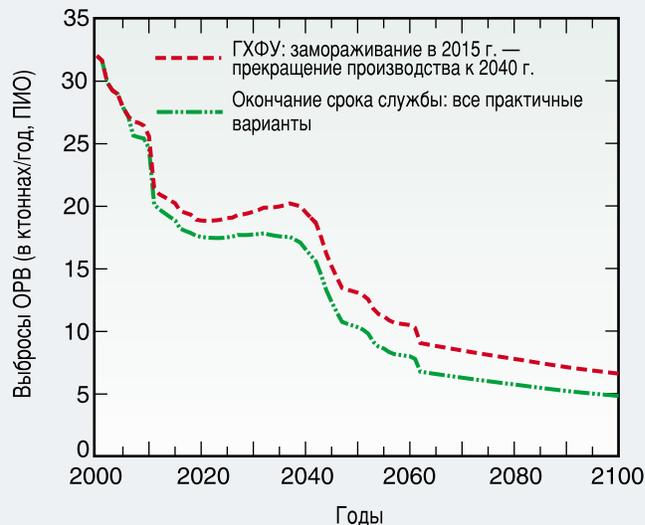


Рисунок ТР-18. Влияние всех эффективных мер в конце эксплуатации на сокращение выбросов ОРВ.

На рисунке ТР-18 показана потенциальная экономия выбросов ОРВ в тоннах ПИО, достигнутая благодаря осуществлению всех жизнеспособных стратегий, связанных с окончанием срока службы. Можно видеть, что годовая экономия порядка 2 000–3 000 тонн ПИО возрастет в период до 2100 г.

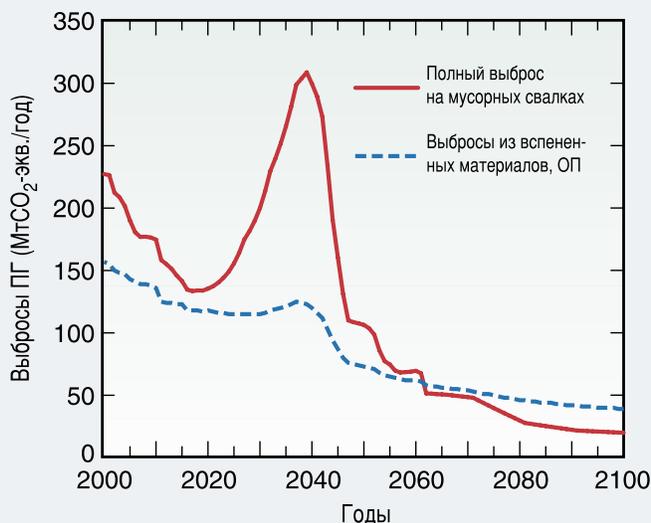


Рисунок ТР-19. Последствия применения разных исходных допущений выбросов из захоронений.

Приведенные в данном анализе оценки сокращений выбросов как ПГ, так и ОРВ в результате мер, принятых по окончании срока службы, являются относительно консервативными, поскольку они измеряются в сопоставлении с исходным уровнем, когда учитывается только 10–20 % потерь при пенообразовании, если захоронение пенопласта производится на мусорной свалке. Это частично объясняет то, почему имеются значительные выбросы после 2065 г. Фактические мусорные свалки стали банками как таковыми. В случае применения более агрессивного предположения в отношении пенопластов, предназначенных для захоронения на свалках (т. е. 100-процентный выброс в месте захоронения), на рисунке ТР-19 показаны последствия этого с точки зрения выбросов ПГ.

Хотя признается, что подлинная вероятность лежит где-то между этими двумя крайними значениями, потенциальный выброс столь значительных объемов пенообразующего вещества за сравнительно короткий период времени (2030–2050 гг.) привлекает внимание к потенциальному возрастающему значению управления на этапе окончания срока службы в качестве варианта смягчения последствий.

4.5 Каковы наиболее важные выводы в отношении медицинских аэрозолей?

Медицинские аэрозоли имеют важное значение при лечении астмы и ХОЗЛ

Астма и хроническое обструктивное заболевание легких (ХОЗЛ) являются наиболее распространенными хроническими заболеваниями дыхательных путей или бронхов легких, и согласно оценкам от них страдает более 300 млн человек во всем мире. Эти заболевания являются причиной высоких расходов на медицинское обслуживание и значительных потерь рабочего и школьного времени, а ХОЗЛ является также причиной преждевременной смертности.

Астма — это хроническое состояние, характеризующееся двумя главными компонентами, а именно: воспалением и сужением дыхательных путей. У большинства больных астмой симптомы проявляются ежедневно, а более серьезные приступы происходят периодически. Чаще всего астма начинается в детстве, а показатель распространения этого заболевания колеблется от приблизительно 1 % в некоторых странах, таких как Индонезия, до более 30 % среди детей в Новой Зеландии и Австралии.

ХОЗЛ — это состояние, типичными признаками которого является сужение и воспаление дыхательных путей в сочетании с поражением легочной ткани. Оно вызывается, в первую очередь, курением сигарет, при этом потенциально сопутствующим фактором является загрязнение окружающей среды, и в конечном итоге оно приводит к постоянной инвалидности и смерти. Показатель распространения ХОЗЛ во многих развитых странах составляет 4–17 % среди взрослых старше 40 лет. Данные по развивающимся странам являются менее определенными, однако приводятся такие цифры, как 26 %. В некоторых развитых странах стали курить меньше, однако в развивающихся странах возрастают масштабы как курения, так и распространения ХОЗЛ.

Ингаляционная терапия является в настоящее время, вероятно, по-прежнему будет являться золотым стандартом для лечения. Ингаляция аэрозольного лекарства с определенным размером частиц (1–5 микрон) оптимизирует локальный клинический эффект в дыхательных путях в том месте, где это необходимо, при минимальном побочном действии. Ингаляционные аэрозоли являлись предметом значительного инвестирования в научные исследования и разработки в соответствии как с терапевтическими, так и экологическими потребностями. В настоящее время двумя основными методами обеспечения респираторных лекарств для большинства пациентов являются **дозированный аэрозольный ингалятор (ДАИ)** и **порошковый ингалятор (ПИ)**.

Что представляет собой ДАИ?

ДАИ являются преобладающим способом лечения астмы и ХОЗЛ во всем мире. ДАИ был выпущен в середине 1950-х годов, при этом в качестве пропеллента использовались ХФУ-11 и ХФУ-12; ХФУ-114 стал применяться позднее. Для прекращения использования ХФУ в соответствии с Монреальским протоколом предприятиями по выпуску ДАИ было проведено всеобъемлющее исследование с целью определения надлежащей альтернативы аэрозольному пропелленту. Медицинский пропеллент должен быть безопасен для использования человеком и соответствовать нескольким дополнительным строгим критериям, касающимся безопасности и эффективности: (1) сжиженный газ с надлежащим давлением пара; (2) низкая токсичность; (3) невоспламеняемость; (4) химическая

стабильность; (5) приемлемость для пациентов (с точки зрения вкуса и запаха); (6) надлежащие характеристики растворяющей способности; и (7) надлежащая плотность. Было крайне трудно выявить составные вещества, соответствующие всем этим критериям, и в конечном итоге только два ГФУ, а именно ГФУ-134а и ГФУ-227еа, появились в качестве жизнеспособных альтернатив ХФУ.

Компоненты и композиции ДАИ на основе ХФУ необходимо было существенным образом изменить для использования новых ГФУ-пропеллентов. В качестве медицинских устройств ДАИ являются предметом обширного регламентирования национальными органами здравоохранения для обеспечения безопасности продукта, эффективности продукта и производственного качества. Поэтому процесс разработки ДАИ на основе ГФУ является по своей сути аналогичным разработке совершенно нового медицинского препарата в том, что касается проведения полноценных клинических испытаний для каждого ДАИ с новым составом. Расходы на разработки (технические, фармацевтические, клинические) в связи с переходом от ХФУ к ГФУ оценивались в 1999 г. приблизительно в 1 млрд долл. США, соответственно в настоящее время они будут значительно более высокими. Ожидается, что аналогичными будут расходы на программы разработок новых ПИ для замены существующих молекул в ДАИ.

Что представляет собой ПИ?

ПИ обеспечивают получение лекарства в виде порошка с определенным размером частиц, не используют пропелленты и не оказывают никакого воздействия на озоновый слой или климат. Обеспечение получения активного лекарства в виде порошка является технически сложной задачей. Например, частицы респираторного размера, как правило, обладают плохими характеристиками текучести из-за действующих между частицами адгезионных сил. Кроме того, большинство композиций ПИ чувствительно реагируют на влагу во время обработки, хранения и использования, что ограничивает, таким образом, возможность их применения во влажном климате.

Ранние модели ПИ, предназначенные для подачи единых заранее отмеренных доз, использовались в ограниченных масштабах в 1960-х и 1970-х годах. Значительный технический прогресс привел к созданию удобных для пациентов ПИ, рассчитанных на многочисленные дозы, которые получили более широкое распространение в прошлом десятилетии, и благодаря этому были смягчены последствия возросшего использования ДАИ. ПИ были успешно рассчитаны на применение многих вдыхаемых лекарств, и в настоящее время они широко доступны во многих, но не во всех странах. В то же время, они не являются альтернативой герметизированным ДАИ для всех пациентов и для всех лекарств.

Относительная стоимость ПИ является высокой, особенно по сравнению с ДАИ, содержащими салбутамол, который до сих пор составляет приблизительно 50 % предписываемых во всем мире ДАИ. Согласно данным исследования, проведенного с целью сравнения стоимости в семи европейских странах, стоимость ПИ с салбутамолом в среднем в 2,6 раза превышает стоимость ДАИ.

Какие факторы влияют на выбор вида лечения?

Первичная профилактика астмы пока еще практически неосуществима, а первичная профилактика ХОЗЛ заключается в том, чтобы не начинать курить табачные изделия. Широкое распространение астмы и ХОЗЛ будет, вероятно, продолжаться.

Выбор наиболее подходящих лекарств и ингалятора определяется врачом и пациентом на основе многочисленных факторов, включая вид заболевания и степень его тяжести, схему лечения, простоту использования, стоимость, наличие и отдаваемое пациентом предпочтение. Устройства для ингаляции являются эффективными только в случае их правильного использования. Нередко пациенты смогут правильно использовать одно устройство, но неправильно — другое. Как ДАИ, так и ПИ играют важную роль в лечении, и ни одна система доставки не является универсально приемлемой для всех пациентов. Весьма важно сохранить диапазон вариантов для лечения.

ДАИ являются преобладающей формой лечения астмы и ХОЗЛ во всем мире. В развитых странах количество используемых в настоящее время ДАИ по отношению к ПИ колеблется существенным образом в разных странах: в США — 9:1 (ДАИ:ПИ); в СК — 7:3; в Швеции — 2:8. Это объясняется рядом факторов, включая наличие (например, многодозовые ПИ появились лишь недавно в США по сравнению с местной компанией в Швеции, которая уже долгое время производит ПИ) и доступность.

Каковы будущие технические разработки?

Ежегодный рост на глобальном рынке лекарственной терапии астмы/ХОЗЛ в период до 2015 г. оценивается приблизительно в 1,5–3 %/год. Значительная доля ХФУ заменяется на ГФУ (приблизительно 90 % ГФУ-134а и 10 % ГФУ-227еа), и все ДАИ, используемые в развитых странах, будут содержать ГФУ к 2010 г. После пикового ежегодного показателя использования ХФУ свыше 15 000 тонн в 1987–2000 гг. использование ХФУ в ДАИ сократилось до оценочного показателя в 8 000 тонн в период 2001–2004 гг., когда доля ГФУ составляла 3 000–4 000 тонн, а к 2015 г. ожидается увеличение использования ГФУ до 13 000–15 000 тонн. Меньший объем использования ГФУ по сравнению с пиковым значением использования ХФУ частично объясняется возросшим использованием ПИ и частично — меньшим количеством пропеллента, используемым при каждом впрыске некоторыми ДАИ на базе ГФУ.

В ближайшее время не ожидается каких-либо крупных технических прорывов в технологии устройства. Научные исследования и разработки для получения нового ингаляционного продукта представляют собой длительный, технически сложный и дорогостоящий процесс и, как правило, на них уходит более 10 лет, до того как продукция поступает на рынок. Будущие ингаляционные устройства, такие как распылители и ПИ с мощным источником, обеспечивающим их независимость от дыхания пациента, или небольшие водные устройства, рассчитанные на многие дозы, будут, вероятно, более дорогими по сравнению с имеющимися в настоящее время ПИ и поэтому будут еще более дорогими, нежели ДАИ с ГФУ.

В развивающихся странах ингаляционная терапия практически всегда проводится при помощи герметизированных ДАИ, приобретаемых у многонациональных или местных производителей. Улучшение экономической ситуации наряду с принятием международных руководящих указаний в области лечения приведет, вероятно, к гораздо более широкому применению ингаляционной

терапии. Доступные и менее сложные ПИ являются технически осуществимыми и могут производиться непосредственно в развивающихся странах. Значительные трудности фармацевтического характера будут характерны для стран с жарким и влажным климатом, и ПИ будут по-прежнему более дорогостоящими по сравнению с ДАИ, если судить по стоимости в расчете на одну дозу. Если они станут доступными, а их доля на рынке достигнет значительного размера, то они могут смягчить будущие увеличения объемов ГФУ, необходимых для ДАИ.

Какова будет стоимость полного перехода от ДАИ с ГФУ к ПИ?

Обычно последние модели ПИ, рассчитанные на многочисленные дозы, содержат более дорогие лекарства, в то время как около 50 % ДАИ содержат сальбутамол, который является менее дорогостоящим и незапатентованным средством. Это объясняет отчасти различие в индивидуальной стоимости ингалятора. Согласно произведенным оценкам, к 2015 г. может насчитываться 340 млн единиц ДАИ с ГФУ, содержащих сальбутамол. Переход от этих моделей к эквивалентным ПИ с сальбутамолом вызовет значительные расходы для систем медицинского обслуживания. Гипотетические оценки стоимости полного перехода от ДАИ с ГФУ к ПИ (исходя из предположения о минимальном двукратном увеличении в цене) будут составлять дополнительную и неоднократную сумму порядка 1,7–3,4 млрд долл. США/год (150–300 долл. США/тCO₂-экв.). Достигнутое сокращение выбросов составит к 2015 г. около 10 МтCO₂-экв./год. Эта дополнительная стоимость окажет значительное воздействие на стоимость ухода за пациентами.

Будут ли какие-либо медицинские ограничения для перехода от ДАИ с ГФУ к ПИ?

Изменение пациентами надежных и эффективных видов лекарственной терапии имеет серьезные последствия для их здоровья и безопасности, и предоставление ряда безопасных альтернатив имеет жизненно важное значение, перед тем как будут приняты принудительные меры для изменения ситуации по экологическим соображениям. Любые будущие меры в области экологической политики, которые могут повлиять на использование пациентами ДАИ с ГФУ, потребуют тщательного рассмотрения и консультаций с врачами, пациентами, национальными органами здравоохранения и другими экспертами в области медицинского обслуживания.

Каковы главные выводы?

- Главным последствием снижения ППП в отношении ДАИ является завершение перехода от ДАИ с ХФУ к ДАИ с ГФУ.
- В ближайшие 10–15 лет не ожидается никаких крупных прорывов в области устройств для ингаляции и лекарств, учитывая текущий уровень развития технологий и сроки, необходимые для проведения разработок.
- Здоровье и безопасность пациента имеют первостепенное значение при принятии решений о лечении и формулировании политики, которая могла бы повлиять на эти решения.
- Если исходить из гипотетической возможности перехода от наиболее широко используемого для ингаляции лекарства (сальбутамол) в ДАИ с ГФУ к ПИ, то прогнозируемые повторяющиеся ежегодные расходы будут составлять порядка 1,7 млрд долл. США при реальной стоимости смягчения последствий в размере 150–300 долл. США/тCO₂-экв. для снижения выбросов в объеме около 10 МтCO₂-экв./год к 2015 г.

4.6 Каковы наиболее важные выводы в отношении противопожарной защиты?

Каковы прошлые и нынешние тенденции в области противопожарной защиты?

Галоны являются газами, которые характеризуются исключительной безопасностью, эффективностью и чистотой в сфере противопожарных применений. Эти газы широко использовались во всем мире как в стационарных, так и переносных огнетушителях с начала 1960-х годов. Из-за их высоких ПИО правительства и специалисты по противопожарной защите возложили осуществление первых мероприятий в рамках сектора по поэтапному отказу в соответствии с Монреальским протоколом. Результатом этого явилась разработка целого ряда эффективных альтернатив для новых систем. Поскольку противопожарная защита представляет собой четко регламентированный сектор, принятие альтернатив требует обширных замен местных, национальных и международных стандартов, практики и технологии. Эти изменения снизили ненужные выбросы из банка галонов и касаются также альтернатив галонам.

Имеются две категории применений, которые могут нуждаться в галоне или альтернативном варианте: стационарные системы и переносные огнетушители. Галон 1301 доминировал на рынке стационарных систем до принятия Монреальского протокола, и его остающийся банк составлял в 2000 г. около 45 ктонн. Галон 1211 использовался в первую очередь в переносных огнетушителях, и его банк оценивался в 2000 г. приблизительно в 154 ктонны. Галон 2402 использовался главным образом в бывшем Советском Союзе, и в литературе отсутствует какая-либо информация о банках или выбросах. Согласно одной из оценок 2000 г. объем выбросов галона 1301 составляет 2,3 ктонны, а галона 1211 — 17,8 ктонн, или около 5 и 11 % банка в год соответственно. Данные одного из исследований показывают, что показатель выбросов для галона 1301 в стационарных системах, исключая суда, самолеты и военные системы, составляет всего лишь 0,12 %/год, если прилагаются исключительные усилия для отслеживания и сохранения галона в соответствующем месте для обеспечения жизненно важной противопожарной защиты. Исключительно низкий (0,12 %/год) показатель выбросов был достигнут в одном из регионов, главным образом благодаря наличию уникальных культурных факторов наряду с принятием необычно строгих мер по обеспечению соблюдения нормативных актов, однако повторить подобный опыт в других регионах может оказаться трудной задачей. В среднем показатели выбросов для стационарных систем составляют около 2 ± 1 %/год и почти в два раза больше для переносных огнетушителей, т. е. 4 ± 2 %/год от существующего банка (установившаяся база, включая запасы для перезагрузки).

В большинстве стран противопожарная защита является строго регламентированной сферой. Новые вещества/методы могут использоваться только после демонстрации приемлемой безопасности и характеристик огнетушения, соответствующих конкретным протоколам. Важно, что страны, в которых отсутствуют национальные стандарты, стремятся принимать практику, рекомендованную в международных стандартах, для обеспечения защиты от внедрения опасных и неэффективных альтернатив.

Выбор альтернативы для галона связан с оценкой широкого диапазона факторов. К ним относятся габариты и вес, стоимость, безопасность, требования в отношении «чистоты» (т. е. отсутствие остатка или ущерба, например при хранении

регистрационных документов или в зданиях, представляющих собой культурное наследие), экологические характеристики, эффективность действия против конкретной угрозы пожара (пожары твердых материалов (пожары «класса А»), огнеопасных жидкостей (пожары «класса В») и находящегося под напряжением электрического оборудования (пожары «класса С»)) и эффективность в особых обстоятельствах (например очень низкая температура).

Галон более не является необходимым в большинстве (>95 %) новых установок, которые использовали бы галон в период до Монреальского протокола. Оставшиеся новые установки, которые все еще используют галоны, находятся главным образом на коммерческих воздушных судах и в некоторых военных применениях, для которых еще не найдена эффективная альтернатива галонам. Среди применений, которые раньше защищались при помощи галонов, около половины современных новых установок основано на использовании безгазовых альтернатив, таких как вода и сухие порошки, а во второй половине применений используются беспропеллентные газообразные вещества, включая целый ряд галоидоуглеводородов и инертных газов.

В стационарных системах, где требуется чистое вещество, имеющимися в настоящее время альтернативами являются CO_2 , инертные газы (такие как азот и аргон), ГФУ, ПФУ, ГХФУ и в последнее время фторкетон (ФК). Некоторые из этих альтернатив не оказывают сколь-либо существенного воздействия на климатическую систему, в то время как другие характеризуются значительными ППП. Только ГХФУ являются также озоноразрушающими веществами. ПФУ и ГХФУ использовались на ранних этапах осуществления Монреальского протокола, однако они не дают каких-либо преимуществ по сравнению с другими веществами, содержащими галоидоуглеводород. Новые системы ПФУ уже больше не выпускаются из-за экологических воздействий этих газов на климат по сравнению с другими альтернативами с аналогичными характеристиками и стоимостью. Системы CO_2 могут оказаться подходящими для некоторых применений, однако они являются смертельными при концентрациях, необходимых для тушения пожаров, в то время как системы инертных газов могут также подходить для использования в некоторых применениях, однако они характеризуются большим весом и требуют значительных объемов и поэтому не рекомендуются, когда требуется срочное тушение пожара, из-за того что их показатель выброса в пять-шесть раз ниже соответствующего показателя галоидоуглеводородных систем.

В таблице ТР-22 показано сравнение основных систем, которые в настоящее время используются, находятся в стадии разработки или демонстрации чистых, стационарных систем огнетушения, подходящих для заполненных пространств (обычно с заменой галона 1301). Для каждого варианта обозначены вопросы относительной стоимости наряду с необходимыми соображениями для оценки последствий для радиационного воздействия на климатическую систему и практические проблемы, такие как требования веса и объема, особые характеристики и наличие системы.

Рисунок ТР-20 является иллюстрацией производства, уровней выбросов и конечных размеров банка галона 1301 и его альтернатив ГФУ/ПФУ/ГХФУ/ФК в период 1965–2015 гг. Банк галона 1301 в 2002 г. оценивается в 42 434 тонны, при этом доля выбросов составляет 2 052 тонны, что вполне совпадает с атмосферными измерениями, показывающими выбросы в количестве 1 000–2 000 тонн. Согласно оценкам совокупный банк всех альтернатив ГФУ/ПФУ/ГХФУ/ФК в стационарных системах составляет в 2004 г. приблизительно 26 700 тонн. Доля ПФУ

равна приблизительно 2,5 % общего количества. Согласно одной из оценок, доля ГХФУ может составлять приблизительно 3 600 тонн (около 13 %). Данные исследований свидетельствуют о том, что показатели выбросов в 2 ± 1 %/год являются в настоящее время обычными для этих систем. При показателе выбросов в 2 % выбросы в 2004 г. составляют 1,4 млн тонн в эквиваленте CO_2 (Мт CO_2 -экв.).

Для переносных огнетушителей главными определяющими факторами при выборе альтернативы (обычно заменяется галон 1211) являются противопожарные кодексы и стоимость. Переносные огнетушители на основе ГФУ и ПФУ нашли ограниченное рыночное применение в первую очередь из-за их высокой стоимости по сравнению с более традиционными противопожарными веществами, такими как CO_2 , сухие химические вещества и вода. ГХФУ нашел более широкое применение, однако оно также ограничивается его высокой стоимостью по сравнению со стоимостью более традиционных веществ. Сухие химические вещества почти в 6–16 раз дешевле чистых веществ и являются наиболее эффективными с точки зрения противопожарных рейтингов, однако их недостатком является остаток агента. ГФУ, ПФУ и ГХФУ являются наиболее дорогими и наименее эффективными с точки зрения характеристик огнетушения (т. е. их противопожарных рейтингов). В таблице ТР-23 приводится сравнение альтернативных переносных огнетушителей. Для каждого варианта указана относительная стоимость и учитываются климатические факторы, а также практические проблемы, такие как вес и размеры. Те, кто в прошлом пользовался переносными огнетушителями, содержащими галон 1211, имеют в настоящее время выбор из трех вариантов: единый огнетушитель с ГФУ/ГХФУ с более высокой стоимостью, единый порошковый огнетушитель, если может допускаться наличие остатка, или два огнетушителя — один жидкостной огнетушитель для обычных горючих веществ и второй, содержащий CO_2 , для использования при пожарах огнеопасных жидкостей или вблизи находящегося под напряжением оборудования. Выбор переносных огнетушителей зачастую диктуется местными и национальными нормативными актами.

Рисунок ТР-21 является иллюстрацией производства, уровней выбросов и итоговых размеров банка галона 1211 и его альтернатив ГФУ/ПФУ/ГХФУ в период 1965–2015 гг. Согласно оценкам банк галона 1211 в 2002 г. составляет 124 843 тонны, при этом доля выбросов равна 17 319 тоннам. Это приблизительно в два раза больше выбросов в размере 7 000–8 000 тонн, которые могли быть спрогнозированы на основе атмосферных измерений. Хотя в литературе отсутствуют какие-либо данные, по информации, предоставленной производителем, в сочетании с моделированием оценочные значения банка переносных огнетушителей, содержащих ГХФУ, ГФУ и ПФУ, равны приблизительно 1 471 тонне на конец 2002 г. при объеме выбросов в 0,12 Мт CO_2 -экв. Оценка на 2004 г. составляет приблизительно 1 852 тонны, при этом объем выбросов при показателе в 4 % составляет 0,16 Мт CO_2 -экв. Приблизительно 68 % приходится на долю ГХФУ, 30 % — ГФУ и 2 % — на долю ПФУ.

Таблица TP-22. Сравнительная таблица — системы чистящих веществ, подходящих для занятых помещений.

Стационарные системы	Галон 1301 (ссылка)	ГФУ-23	ГФУ-227ea	ГФУ-125 ¹	ФК-5-1-12	Инертный газ
Характеристики вещества						
Радиационный коэффициент (Вт/м ² /ppb)	0,32	0,19	0,26	0,23	0,3	д. о. ^h
Срок жизни в атмосфере (годы)	65	270	34,2	29	0,038	д. о.
Прямой ППП (100-летний период)						
– Настоящий доклад	7 030	14 310	3 140	3 450	Данные	д. о.
– МГЭИК (1996 г.)	5 400	11 700	2 900	2 800	отсутствуют ²	
Потенциал истощения озона (ПИО)	12	~ 0	–	~ 0	–	д. о.
Технические данные						
Продемонстрированные специальные характеристики	да	да ³	да ⁴	да ⁵	примечание ⁶	нет
Вес (кг/м ³) ^a	0,8	2,3	1,1	1,1	1,2	4,3
Площадь (м ² /м ³ × 10 ⁴) ^b	5,8	12,0	6,8	7,4	7,3	28,2
Объем (м ³ /м ³ × 10 ⁴) ^c	8,6	18,0	13,1	14,4	13,8	56,6
Коэффициент выбросов ^d	2 ± 1 %	2 ± 1 %	2 ± 1 %	2 ± 1 %	2 ± 1 %	2 ± 1 %
Расходы						
Инвестиционные расходы (относительно галона 1301)	100 %	535 %	377 %	355 %	484 %	458 %
Дополнительные сервисные расходы (долл. США/кг) ^e	0,15	0,43	0,60	0,53	0,72	0,31
Дополнительные расходы на рекуперацию по окончании срока службы (долл. США/кг) ^f () показывает прибыль	(3,85)	(10,75)	(15,07)	(13,20)	(18,00)	0,00
Расходы на уменьшение выбросов ГФУ (долл. США за тСО ₂ -экв.) ^g	–	–	–	–	21-22	14-27
Коммерческие соображения						
Производители многих веществ	–	да	да	да	нет ⁷	да

ПРИМЕЧАНИЯ:

- ^a Средний вес контейнеров для хранения веществ и содержание в килограммах на кубический метр защищенного пространства.
- ^b Средняя площадь квадрата или прямоугольника, описывающего цилиндрический банк веществ, выраженный в квадратных метрах × 10⁴ на кубический метр защищенного объема.
- ^c Средний объем — это площадь, умноженная на высоту цилиндров, измеренных до высоты клапанов, выраженный в кубических метрах × 10⁴ на кубический метр защищенного объема.
- ^d Суммарный среднегодовой показатель выбросов в течение срока службы, включая разгрузки системы при тушении пожара и самопроизвольные разгрузки.
- ^e Дополнительные ежегодные сервисные расходы основаны на замене 2 % загрузки вещества, выбрасываемого за год.
- ^f Для галоидоуглеродных веществ ценность в конце срока службы агента является позитивной, а стоимостной эквивалент рекуперации составляет 50 % первоначальной стоимости данного вещества, поскольку оно рекуперуется, рециркулируется и перепродается для использования либо в новых системах, либо для дозагрузки существующих систем.
- ^g Стоимость уменьшения выбросов ГФУ для ФК-5-1-12 и инертного газа определяется по используемому в качестве эталона ГФУ-227ea — преобладающему ГФУ. Более низкая ценность отражает стоимость в долл. США за тонну эквивалента СО₂ при ставке дисконта в 4 % и ставке налога в 0 %. Этот диапазон включает как самые низкие, так и самые высокие расходы для США, других стран, включенных и не включенных в приложение I.
- ^h Д. о. — данные отсутствуют.

Объяснение особых характеристик:

- В некоторых юрисдикциях ГФУ-125 не разрешен для использования в зонах пребывания людей, в то время как в других юрисдикциях это использование разрешается при определенных условиях.
- Ввиду короткого срока жизни в атмосфере невозможно привести какой-либо ППП. Он предполагается незначительным для всех практических целей (Танигучи, 2003 г.). Дополнительную информацию см. в разделе 2.5.3.3 «Углеводороды с очень коротким сроком жизни».
- ГФУ-23 является эффективным при низких температурах (страны с холодным климатом) и при больших объемах ввиду его высокого давления пара.
- ГФУ-227ea является эффективным в применениях на судах и автомобилях ввиду экстенсивных крупномасштабных испытаний, в ходе которых были установлены параметры использования и продемонстрированы его особые характеристики в этих применениях.
- ГФУ-125 является эффективным в применениях для двигателей автомашин и воздушных судов в результате экстенсивных крупномасштабных испытаний, в ходе которых были установлены параметры использования и продемонстрированы его особые характеристики в этих применениях.
- ФК-5-1-12 находится на ранних этапах своего производственного жизненного цикла и еще не прошел испытания для специальных применений, помимо тех, которые были проведены в рамках традиционных испытаний на утверждение в соответствии с требованиями типовых стандартов Международной организации стандартизации (ИСО) и Национальной ассоциации пожарной безопасности.
- Хотя агент ФК-5-1-12 является собственным продуктом одного производителя агентов, его можно получить у производителей различных систем.

Рисунок ТР-20. Временной ряд альтернатив галона 1301 и галоидоуглеводорода для стационарных систем тушения пожара.

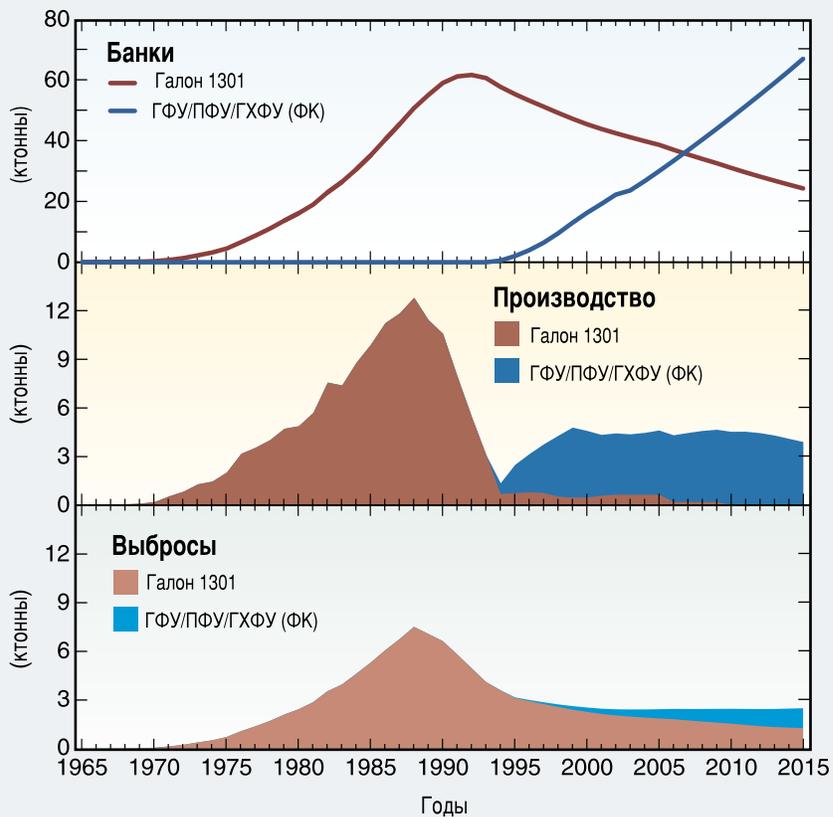


Рисунок ТР-21. Временной ряд галона 1211 для переносных огнетушителей.

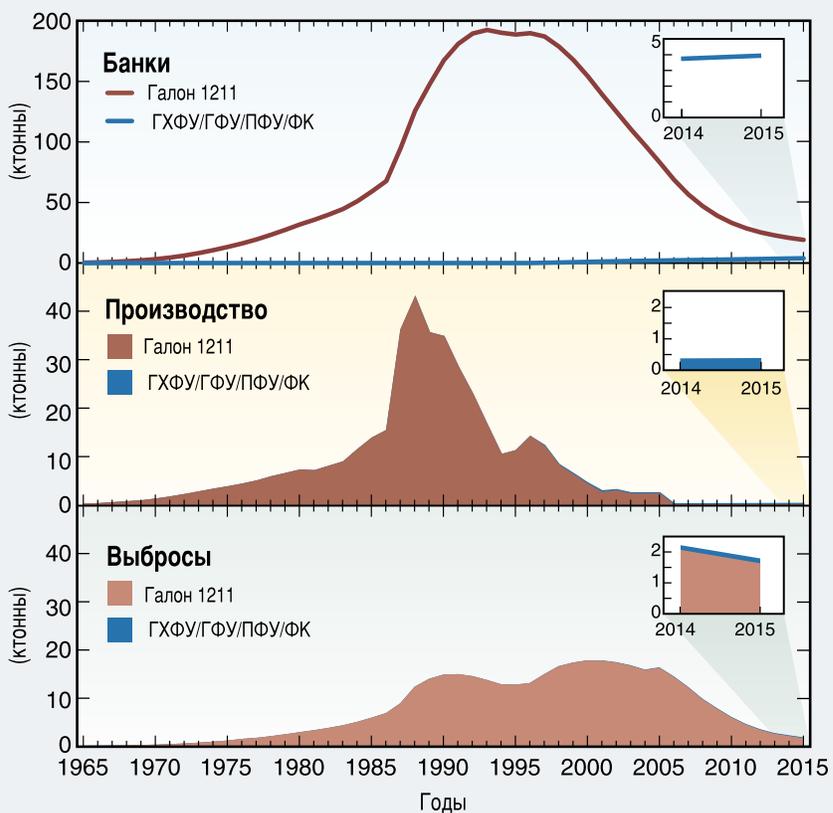


Таблица ТР-23. Сравнительная таблица — огнетушащие вещества для переносных огнетушителей.

Переносные системы	Галон 1211 (ссылка)	ГХФУ Смесь В	ГФУ-236fa	Двуокись углерода	Сухое химичес- кое вещество	Вода
Характеристики вещества						
Радиационный коэффициент (Вт/м ² /ppb)	0,3	Примечание ^a	0,28	См. главу 2	–	–
Срок жизни в атмосфере (годы)	16	Примечание ^a	240	См. главу 2	–	–
Прямой ПГП (100-летний период)						
– Настоящий доклад	1 860	<650 ^a	9 500	1	–	–
– Доклад МГЭИК (1996 г.)	не приводится	<730 ^a	6 300	1	–	–
Потенциал истощения озона	5,3	<0,02 ^a	–	–	–	–
Технические данные						
Остаток вещества после разгрузки	нет	нет	нет	нет	да	да
Пригодность для пожаров класса А	да	да	да	нет	да	да
Пригодность для пожаров класса В	да	да	да	да	да	нет
Пригодность для находящегося под напряжением электрооборудования	да	да	да	да	да	нет
Противопожарный показатель ^b	2-A:40-B:C	2-A:10-B:C	2-A:10-B:C	10-B:C	3-A:40-B:C	2-A
Загрузка агента (кг)	6,4	7,0	6,0	4,5	2,3	9,5
Вес заправленного огнетушителя (кг)	9,9	12,5	11,6	15,4	4,15	13,1
Высота огнетушителя (мм)	489	546	572	591	432	629
Ширина огнетушителя (мм)	229	241	241	276	216	229
Коэффициент выброса ^c	4 ± 2 %	4 ± 2 %	4 ± 2 %	4 ± 2 %	4 ± 2 %	4 ± 2 %
Расходы						
Инвестиционные расходы (по отношению к галону 1211)	100 %	186 %	221 %	78 %	14 %	28 %
Дополнительные сервисные расходы (долл. США/кг)	– ^d	– ^d	– ^d	– ^d	– ^d	– ^d
Дополнительные расходы на рекуперацию в конце срока службы (долл. США/кг)	– ^d	– ^d	– ^d	0,00	0,00	0,00

ПРИМЕЧАНИЯ:

^a Смесь В ГХФУ — это смесь ГХФУ-123, CF₄ и аргона. Хотя соотношение компонентов отводится на усмотрение производителя, по данным из двух источников ГХФУ-123 составляет более 90 % смеси по весовой основе, а оставшаяся часть приходится на долю CF₄ и аргона. Срок жизни в атмосфере ГХФУ-123 составляет 1,3 года; этот показатель равен 50 000 лет для CF₄.

^b Показатель тушения пожара в соответствии с требованиями «Андеррайтаз лабораториз, инк.». Чем выше число, тем больше эффективность огнетушителя.

^c Эта величина является суммарным среднегодовым показателем выбросов в течение срока службы, включая как преднамеренные разгрузки для тушения пожара, так и самопроизвольные разгрузки.

^d Этой информации нет ни в литературе, ни из других источников, поскольку она считается конфиденциальной.

Каковы возможные будущие тенденции в области противопожарной защиты?

Согласно оценкам, полученным при помощи моделирования, выбросы альтернатив галондоуглеводородов, применяемых в стационарных системах огнетушения, составляют в 2010 и 2015 гг. 2,74 и 3,72 МтСО₂-экв. соответственно. В переносных огнетушителях эти выбросы, согласно оценкам при помощи моделирования, составляют 0,25 и 0,34 МтСО₂-экв. соответственно. Эти оценки основаны на показателе выбросов в 2 % банка стационарных систем и 4 % банка переносных огнетушителей в год и предполагают показатель роста, равный 3 % в год. Усилия, предпринимаемые с целью дальнейшего сокращения ненужных выбросов в системах огнетушения,

могут снизить эти значения почти на 50 %, при этом уделение менее всеобъемлющего внимания сокращением выбросов привело бы, вероятно, к их увеличению на 50 %. Исходя из этого, общий объем выбросов из стационарных систем огнетушения находится в пределах 2 ± 1 %/год, а из переносных огнетушителей — в пределах 4 ± 2 %/год.

Хотя для противопожарной защиты было предложено несколько альтернатив ГФУ, включая инертные газы, фторкетоны (ФК) и водяной туман, ГФУ и инертные газы стали и, вероятно, останутся, по-видимому, наиболее широко используемыми чистыми веществами, которые достигли состояния равновесия на рынке. Ввиду продолжительного процесса испытаний и утверждения новых

типов противопожарного оборудования к 2015 г. вряд ли появятся какие-либо дополнительные варианты, имеющие существенное значение. ФК-5-1-12 был коммерциализирован и имеется в наличии в настоящее время, однако нет никакого основания для прогнозирования степени его восприятия рынком или его воздействия на уже установившееся равновесие. В настоящее время нет никакой основы для оценки какого-либо сокращения использования или выбросов ГФУ/ПФУ/ГХФУ в области противопожарной защиты к 2015 г. Кроме того, существует взаимосвязь между банком галонов и использованием ГФУ. Сокращения в использовании галонов приведут к увеличению использования ГФУ (и других альтернатив), для того чтобы удовлетворить потребности в области противопожарной защиты. Необходимо по-прежнему проявлять осторожность в управлении банком галонов для обеспечения их надлежащего наличия. В этой связи спрос на чистые вещества будет определяться влиянием экономического роста и решениями, которые могут быть приняты законодательными органами и владельцами галонов в отношении удаления веществ из выведенных из эксплуатации систем.

Согласно оценкам в 2010 и 2015 гг. сохранятся банки, составляющие соответственно 31 и 24 ктонны галона 1301 и 33 и 19 ктонн галона 1211, однако выбросы и размеры банков будут зависеть от эффективности практики, связанной с предотвращением утечки и проведением рекуперации в конце срока службы. Согласно оценкам банки ГФУ/ПФУ/ГХФУ/ФК в стационарных системах при показателе выбросов в 2 % составят 44 ктонны в 2010 г. и 63 ктонны в 2015 г., при этом доля ГХФУ составляет приблизительно 3,6 ктонн. Объем банка переносных огнетушителей при показателе выбросов в 4 % оценивается в 3,0 ктонны в 2010 г. и 3,9 ктонны в 2015 г., при этом предполагается показатель роста в 3 %, а доля ГХФУ оценивается приблизительно в 68 %, ГФУ — 30 % и ПФУ — в 2 %. В перспективе выбросы ПГ из систем, содержащих чистое вещество на базе галоидоуглеводорода, могут либо увеличиться, либо уменьшиться в зависимости от того, какие альтернативы галонам будут приняты рынком. Поскольку исследования в области новых технологий противопожарной защиты продолжают, дополнительные варианты замены появятся, вероятно, после 2015 г.

4.7 Каковы наиболее важные выводы в отношении немедицинских аэрозолей, растворителей и выбросов ГФУ-23?

Каковы прошлые и нынешние тенденции?

До Монреальского протокола ОРВ широко использовались в качестве чистящего растворителя для металлов, электронных изделий и прецизионных применений, а в потребительских, технических и безопасных аэрозолях — в качестве пропеллентов или растворителей. Использование ОРВ в этих применениях прекращено или значительно уменьшилось. В большинстве применений, связанных с чисткой растворителем, в настоящее время используются беспропеллентные заменители. Незначительная часть применений переклонила или переклочится, как ожидается, на ГФУ или гидрофторэфиры (ГФЭ). Использование ПФУ уменьшается, и ожидается, что к 2025 г. оно будет прекращено.

Немедицинские аэрозоли

В аэрозольной продукции используется давление газа, которое приводит в движение активные компоненты в виде жидкости, пасты или порошка, которые разбрызгиваются в точно установленном направлении в виде капель определенного размера и количества. Эти компоненты могут также помещаться в изделия, в которых используется

только газ. В развитых странах 98 % немедицинских аэрозолей используют в настоящее время пропелленты, которые не разрушают озоновый слой и имеют очень низкий ППП (углеводороды, диметилэфир, CO₂ или азот). Благодаря этим заменителям наблюдается общее сокращение выбросов ПГ в результате использования немедицинских аэрозолей, которое в период 1977–2001 гг. превысило 99 %. В остальной аэрозольной продукции, использующей либо ГХФУ (в развивающихся странах, где потребление ГХФУ разрешено до 2040 г.), либо ГФУ (ГФУ-152а и ГФУ-134а), это делается, поскольку эти пропелленты обладают преимущественными характеристиками для пользователей с точки зрения безопасности, функциональности или медицинских показателей. Кроме того, использование ГФУ в немедицинских аэрозолях ограничивается также их стоимостью. ГФУ в пять-восемь раз дороже по сравнению с углеводородами. В 2003 г. результатом использования ГФУ в аэрозолях явились суммарные выбросы порядка 22 МтСО₂-экв.

Растворители

Согласно оценкам к 1999 г. использование растворителей, содержащих ОРВ, уменьшилось на 90 % благодаря консервации и замене беспропеллентными технологиями (безочистой флюс, водная или полуводная очистка и углеводородные растворители). Остальную долю использования растворителей в размере 10 % составляют несколько альтернативных органических растворителей. К числу пропеллентных заменителей ХФУ-113 и ХФУ-11 относятся ГХФУ, ПФУ, ГФУ и ГФЭ. Единственными используемыми в настоящее время растворителями с ГХФУ являются ГХФУ-141b и ГХФУ-225са/сб. Большая часть использования ГХФУ-141b предназначена для пенообразования; доля применения растворителей составляла в 2002 г. менее 10 % от его общего объема использования. Использование ГХФУ-141b запрещено в ЕС и быстро уменьшается в других развитых странах. В развивающихся странах использование ГХФУ-141b все еще увеличивается, особенно в Китае, Индии и Бразилии, поскольку темпы экономического роста являются высокими. Использование ГХФУ-225са/сб ориентировано на целевые применения, и с учетом его потенциала истощения озона (ПИО) и сроков поэтапного отказа он постепенно заменяется ГФУ, ГФЭ и беспропеллентными альтернативами.

Побочные продукты и выбросы из неорганизованных источников, образующиеся в процессе производства

Выбросы ОРВ, ГФУ и ПФУ образуются также при производстве фторуглеродов либо в виде нежелательных побочных продуктов, либо в виде потерь полезного материала в результате выбросов из неорганизованных источников. Выбросы из неорганизованных источников являются незначительными, и обычно их доля составляет менее 1 % от общего объема производства. Наиболее значительным из побочных продуктов является ГФУ-23 (трифторметан), который образуется при производстве ГХФУ-22. Хотя Монреальским протоколом предусматривается в конечном итоге поэтапный отказ от прямого использования ГХФУ-22, разрешается его использование в качестве исходного материала на неопределенный период времени, поскольку оно не связано с выбросом ГХФУ-22 в атмосферу. Глобальный спрос на сырьевой материал увеличивается, и ожидается продолжение этого роста после 2015 г. Производство ГХФУ-22 возрастает быстрыми темпами в развивающихся странах, особенно в Китае и Индии. Коммерческие (несырьевые) виды использования прекратятся к 2020 г. в развитых странах и к 2040 г. — в развивающихся странах.

Производство ГФУ-23 колеблется в пределах 1,4–4 % общего объема производства ГХФУ-22 в зависимости от условий производственного управления и процесса. Из числа ГФУ наибольшим потенциалом (ППП 14 310) и устойчивостью (срок жизни в атмосфере 270 лет) обладает ГФУ-23. Глобальные выбросы ГФУ-23 увеличились, согласно оценкам, на 12 % в период 1990–1995 гг. в результате аналогичного увеличения суммарного производства ГХФУ-22. В то же время, вследствие широко

Таблица ТР-24. Обзор альтернатив немедицинских аэрозольных пропеллентов.

	ГХФУ-22	ГФУ-134а	ГФУ-152а	Диметиловый эфир	Изобутан ^а
Характеристики вещества					
Радиационный коэффициент (Вт/м ² /ppb)	0,20	0,16	0,09	0,02	0,0047
Срок жизни в атмосфере (годы)	12	14	1,4	0,015	0,019
ППП (100-летний период)					
– Настоящий доклад	1 780	1 410	122	1	Данные отсутствуют
– Доклад МГЭИК (1996 г.)	1 500	1 300	140	1	
Потенциал истощения озона (ПИО)	0,05	~ 0	–	–	–
Воздействие на озон на приземном уровне					
– MIR ^б (г-О ₁ /г-вещества)	<0,1	<0,1	<0,1	0,93	1,34
– РОСР ^с (относительные единицы)	0,1	0,1	1	17	31
Воспламеняемость (на основе точки воспламенения)	Нет	Нет	Огнеопасный	Огнеопасный	Огнеопасный
Технические данные					
Стадия разработки	Коммерческая	Коммерческая	Коммерческая	Коммерческая	Коммерческая
Тип применения:					
– Технические аэрозоли	X	X	X	X	X
– Аэрозоли систем безопасности	X	X			
– Потребительская продукция	Использование прекращено в промышленно развитых странах		X	X	X
Выбросы		Во всех случаях только эмиссионное использование			
Расходы					
Дополнительные инвестиционные расходы			Особые меры безопасности требуются на заправочном предприятии	Особые меры безопасности требуются на заправочном предприятии	Особые меры безопасности требуются на заправочном предприятии

ПРИМЕЧАНИЯ:

^а Перечисленные значения относятся только к изобутану. Дополнительные углеводородные аэрозольные пропелленты используются в немедицинских аэрозольных применениях, как указано в главе 10.

^б MIR — максимальная дополнительная активность.

^с РОСР — фотохимический потенциал образования озона.

распространенного осуществления оптимизации процессов и теплового разрушения в развитых странах эта тенденция не продолжалась, а с 1995 г. уменьшилась по сравнению с тенденцией роста в сфере производства.

*Каковы имеющиеся варианты сокращения выбросов?***Немедицинские аэрозоли**

Несмотря на отсутствие каких-либо технических препятствий на пути к переходу от ХФУ к альтернативным вариантам немедицинской аэрозольной продукции, в 2001 г. в развивающихся странах и странах с переходной экономикой (СПЭ) использовалось, тем не менее, 4 300 тонн ХФУ. Технические аэрозоли представляют собой герметизированные газовые продукты, используемые для очистки, сохранения, фиксации, испытания, производства или дезинфекции различных типов оборудования или используемые в ряде процессов. Наибольший объем использования ГФУ в технических аэрозолях имеет место в пылеуловителях, в которых замена ГФУ-134а на ГФУ-152а является решающим фактором для сокращения выбросов ПП. Для очистителей (очистители контактов, растворители флюса) и веществ для освобождения литейных форм замена ГХФУ-141b на ГФЭ и ГФУ с более низким ППП дает возможность для дополнительного сокращения выбросов без каких-либо существенных технических проблем. В

аэрозолях систем безопасности (звуковые сигналы безопасности, насосы для накачивания шин), инсектицидах для самолетов и ограниченных зон по-прежнему применяются ГФУ-134а, поскольку он не является огнеопасным. К числу косметических товаров, товаров повседневного спроса и новой аэрозольной продукции относятся искусственный снег, цветная аэрозольная пена для детей и шумовые устройства (рожки). В большинстве шумовых устройств (>80 %) используются углеводороды; производители искусственного снега и новых типов пены первоначально перешли на углеводороды, однако после связанных с безопасностью инцидентов, получивших широкую известность, переключились на ГФУ-134а. В странах ЕС запрещается использование ГФУ в косметических товарах, товарах повседневного спроса и новой аэрозольной продукции.

В таблице ТР-24 приводится сравнение альтернатив немедицинских аэрозолей.

Растворители

Хотя ГФУ имеются во всех регионах, их использование в качестве растворителей началось главным образом в развитых странах из-за высокой стоимости и концентрации применений в высокотехнологичных отраслях. По мере роста озабоченности по поводу охраны климата использование ГФУ сосредоточилось в жизненно важных

Таблица ТР-25. Обзор использования ГФУ, ПФУ и ГХФУ в применениях растворителей.

	ГХФУ-141b	ГХФУ-225ca/cb	ГФУ-43-10mee	ГФУ-365mfc	ПФУ-51-14 (C ₆ F ₁₄)
Характеристики вещества					
Радиационный коэффициент (Вт/м ² /ppb)	0,14	0,2/0,32	0,4	0,21	0,49
Срок жизни в атмосфере (годы)	9,3	1,9/5,8	15,9	8,6	3 200
ППП (100-летний период)					
- Настоящий доклад	713	120/586	1 610	782	9 140
- Доклад МГЭИК (1996 г., 2001 г.)	600	180/620	1 300	890	7 400
Потенциал истощения озона (ПИО)	0,12	0,02/0,03	-	-	-
Воздействие на озон на приземном уровне					
- MIR ^a (g-O ₁ /г-вещества)	<0,1	<0,1	д. о. ^c	д. о.	д. о.
- РОСР ^b (относительные единицы)	0,1	0,2/0,1	д. о.	д. о.	д. о.
Воздействие на озон на приземном уровне	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Воспламеняемость (на основе точки воспламенения)	Нет	Нет	Нет	Огнеопасный	Нет
Технические данные					
Стадия разработки	Коммерческая	Коммерческая	Коммерческая	Коммерческая	Коммерческая
Тип применения:					
- Очистка электронной аппаратуры	X	X	X		
- Прецизионная очистка	X	X	X	X	X
- Очистка металлов	X	X	X		
- Сушка	X	X	X	X	
- Носитель растворителя	X	X	X		X

ПРИМЕЧАНИЯ: ^a MIR — максимальная дополнительная активность. ^b РОСР — фотохимический потенциал образования озона. ^c Д. о. — данные отсутствуют.

применениях, не имевших каких-либо вариантов замены. Считается, что в настоящее время использование в развитых странах достигло пикового значения и может даже уменьшиться в будущем.

Растворители с ПФУ больше не считаются технически необходимыми для большинства применений, и их использование ограничивается несколькими целевыми применениями из-за весьма ограниченных рабочих характеристик и высокой стоимости. Известно, что объемы использования уменьшились с середины с 1990-х годов в результате замены растворителями с более низким ППП.

Варианты сокращения выбросов для применений растворителей делятся на две категории:

- 1) Более эффективные меры безопасности в существующих видах использования. Новое и модифицированное оборудование может значительно сократить выбросы всех растворителей. Оптимизированное оборудование может снизить потребление растворителей в некоторых применениях на 80 %. Ввиду их высокой стоимости и простоты рециркуляции фторированные растворители обычно рекуперированы и используются повторно конечными пользователями и их поставщиками.
- 2) Альтернативные жидкости и технологии. Во многих применениях разнообразные органические растворители могут заменить ГФУ, ПФУ и ОРВ. Эти альтернативные жидкости включают соединения с низким ППП, такие как традиционные хлорированные растворители, ГФЭ и бромистый n-пропил. Многие беспропелентные технологии, включая углеводородные и насыщенные кислородом растворители, также являются жизнеспособными альтернативами в некоторых применениях. Необходимо проявлять осторожность до принятия любых альтернатив, токсичные характеристики которых полностью не установлены. В ограниченном количестве применений отсутствует возможность

каких-либо заменителей ввиду уникальных рабочих характеристик ГФУ или ПФУ в данном случае.

В таблицах ТР-25 и ТР-26 приводятся сравнения альтернатив для растворителей.

Побочные продукты и выбросы из неорганизованных источников, образующиеся в процессе производства

Технически возможно снизить будущие выбросы ГФУ-23 из ГХФУ-22 более чем на 90 % (или на коэффициент, равный 10) посредством улавливания и уничтожения побочного продукта ГФУ-23. Однако выбросы ГФУ-23 могут увеличиться на 60 % с настоящего времени до 2015 г., а именно с порядка 15 ктонн/год до 23 ктонн/год вследствие предполагаемого роста объема производства ГХФУ-22. Верхний предел выбросов ГФУ-23 составляет порядка 3-4 % от объема производства ГХФУ-22, однако фактически произведенное количество ГФУ-23 зависит отчасти от того, каким образом осуществляется руководство процессом на каждом предприятии.

Технологии и процедуры, предназначенные для снижения образования ГФУ-23 посредством оптимизации процесса, могут снизить выбросы до двух или менее процентов от объема производства. Однако фактические достижения различаются по каждому предприятию, и при помощи этого средства невозможно ликвидировать выбросы ГФУ-23. Улавливание и уничтожение ГФУ-23 при помощи термального окисления является высокоэффективным вариантом снижения выбросов. Коэффициент уничтожения может превышать 99 %, однако необходимо учитывать последствия «времени простоя» установок для термального окисления. Если предположить, что технологический срок службы составляет 15 лет, то можно рассчитать удельные расходы по ликвидации, составляющие менее 0,2 долл. США/тCO₂-экв.

Таблица ТР-26. Обзор альтернативных жидкостей и беспропеллентных технологий в применениях растворителей.

	CH ₂ Cl ₂ ^a	ГФЭ-449sl ^b	Бромистый п-пропил	Не для чистки	Углеводородные/обогащенные кислородом	Водные/полуводные
Характеристики вещества						
Радиационный коэффициент (Вт/м ² /ppb)	0,03	0,31	0,3	д. о. ^c		д. о.
Срок жизни в атмосфере (годы)	0,38	5	0,04	д. о.		д. о.
ППП (100-летний период)						
– Настоящий доклад	10	397	д. о.	д. о.		д. о.
– Доклад МГЭИК (1996 г.)	9	не приводится				
Потенциал истощения озона (ПИО)	–	–	–	–	–	–
Воздействие на озон на приземном уровне						
– MIR ^c (г-О ₁ /г-вещества)	0,07	д. о.	д. о.			
– РОСР ^d (относительные единицы)	7	д. о.	д. о.			
Воздействие на озон на приземном уровне	От низкого до умеренного	Нет	От низкого до умеренного	Нет	От низкого до умеренного	Нет
Воспламеняемость (на основе точки воспламенения)	Нет	Нет	Нет	д. о.	Огнеопасный	д. о.
Технические данные						
Стадия разработки	Коммерческая	Коммерческая	Коммерческая	Коммерческая	Коммерческая	Коммерческая
Тип применения:						
– Очистка электронной аппаратуры		X	X	X	X	X
– Прецизионная очистка		X	X		X	X
– Очистка металлов	X	X	X		X	X
– Сушка					X	
– Носитель растворителя	X	X	X		X	

ПРИМЕЧАНИЯ:

^a Перечисленные величины относятся только к CH₂Cl₂. Дополнительные хлорированные растворители используются в этих применениях, как указано в главе 10.

^b Перечисленные величины относятся только к ГФЭ-449sl. Дополнительные растворители ГФЭ используются в этих применениях, как указано в главе 10.

^c MIR — максимальная дополнительная активность.

^d РОСР — фотохимический потенциал образования озона.

^e Д. о. — данные отсутствуют.

Для расчета выбросов ГФУ-23 требуются не только данные о количествах произведенного ГХФУ-22 (деятельность) и коэффициенте выбросов (на который влияют схемы процесса и производственная культура), но также данные о том, в какой степени уменьшаются выбросы. Это имеет особое значение для неопределенности оценок будущих выбросов ГФУ-23.

В таблице ТР-27 приводится сравнение оптимизации процесса и термального окисления как вариантов сокращения побочных выбросов ГФУ-23.

Каковы возможные будущие тенденции?

Немедицинские аэрозоли

Выбросы ГФУ в немедицинских аэрозолях оцениваются в 23 МтСО₂-экв. в 2010 г. Для этого сектора прогнозируется низкий рост в период до 2015 г. Несмотря на отсутствие каких-либо технических препятствий для создания потребительских товаров без ГФУ, использование ГФУ-152a в некоторых товарах, таких как лак для волос и дезодоранты, возрастет в США вследствие осуществления нормативных актов, направленных на регулирование образования приземного озона в результате выбросов углеводородов. Современные механизмы регулирования летучих органических соединений (ЛОС) в Европе не исключают ГФУ из-за широкого определения ЛОС (точка кипения <250 °С при стандартном давлении/температурных условиях). Никакие другие нормы в

отношении ЛОС, установленные в других частях мира, не ограничивают использование углеводородов в немедицинских аэрозолях.

Растворители

Большинство видов использования растворителей основаны по своему характеру на принципе выброса и имеют короткий период годности — от нескольких месяцев до двух лет. Хотя использованные растворители могут дистиллироваться и рециклироваться на месте, и это делается, по существу все проданные количества в конечном итоге являются источником выбросов. Для этих применений различия между потреблением и выбросом (т. е. накопление в банке) не является существенным. Оценочные глобальные выбросы ГФУ и ПФУ в результате использования растворителей составляют 4,2 МтСО₂-экв. в 2010 г. и 4,4 МтСО₂-экв. в 2015 г. Предполагается, что выбросы ПФУ будут сокращаться в линейном порядке до момента прекращения их использования в применениях растворителей к 2025 г.

Таблица ТР-27. Сравнение побочного продукта ГФУ-23 с точки зрения вариантов сокращения производства ГХФУ-22: оптимизация процесса и тепловое окисление.

	ГХФУ-22	ГФУ-23		
Характеристики вещества				
Радиационный коэффициент (Вт/м ² /ppb)	0,20	0,19		
Срок жизни в атмосфере (годы)	12	270		
ППП (100-летний период)				
- Настоящий доклад	1 780	14 310		
- Доклад МГЭИК (1996 г.)	1 500	11 700		
Потенциал истощения озона (ПИО)	0,05	~0		
Воспламеняемость	Нет	Нет		
Варианты сокращения выбросов ГФУ-23		Оптимизация отсутствует	Оптимизация процесса	Тепловое окисление
Стадия разработки		Коммерческая	Коммерческая	Коммерческая
Прямые выбросы		3-4 % произведенного ГХФУ-22	2-3 % произведенного ГХФУ-22	<1 % произведенного ГХФУ-22
Дополнительные расходы		Ссылка	В зависимости от процесса и рынка может находиться в пределах от незначительной экономии до значительных штрафных санкций	2-8 млн долл. США общих внесенных капитальных расходов, в т. ч. ежегодные оперативные расходы в 189-350 тыс. долл. США

Побочные выбросы ГФУ-23

Количество выпущенного ГФУ-23 (которое может стать потенциальным источником выбросов) непосредственно связано с производством ГХФУ-22, и в результате этого для прогнозов выбросов требуется сценарий для будущих объемов производства ГХФУ-22. Эти прогнозы будут зависеть от потребления ГХФУ-22 в развитых странах, которое уменьшается, и потребления в развивающихся странах, а также суммарного спроса на исходные фторполимеры, при этом как потребление, так и спрос возрастают.

В соответствии со сценарием ОП, который точно следует требованиям Монреальского протокола, потребление и производство несырьевого ГХФУ-22 снизится в развитых странах к 2015 г. на коэффициент, равный 10, по сравнению со средним уровнем в период 2000-2003 гг. В тех же странах прогнозируется продолжение линейного роста спроса на фторполимерное сырье, что приведет к удвоению сырьевого спроса на ГХФУ-22 к 2015 г. В развивающихся странах в последние годы наблюдался быстрый рост производства ГХФУ-22 как для сырьевых, так и несырьевых видов использования; за период 1997-2001 гг. производство для коммерческих (или несырьевых) видов использования возрастало линейным образом на 20 ктонн в год, а сырьевого использования — на 4,1 ктонн/год. Исходя из этих показателей на период до 2015 г. общая глобальная потребность в ГХФУ-22 составит, как ожидается, около 730 ктонн/год, из которых около 40 % пойдет на сырьевые цели, по сравнению с общим объемом в 470 ктонн/год в 2000 г. (таблица ТР-28).

В сценарии ОП до 2015 г. предполагалось, что выбросы из существующего потенциала (как в развитых, так и в развивающихся странах) будут по-прежнему составлять 2 % от объема производства ГХФУ-22 и что новый потенциал (главным образом в развивающихся странах) будет являться источником выбросов ГФУ-23 на уровне 4 %. Соответственно выбросы ГФУ-23 могут возрасти на 60 % в период с настоящего времени до 2015 г., а именно с почти 15 ктонн/год в 2003 г. до 23 ктонн/год (таблица ТР-28).

В отличие от этого сценария существующая технология наилучшей практики, охватывающая захват и термическое окисление «вентиляторных газов», постепенно внедряется с 2005 г. на всех предприятиях. Предполагается, что технология уничтожения является на 100 % эффективной и функционирует в течение 90 % реального времени работы предприятия по выпуску ГХФУ-22. Сокращенные выбросы были рассчитаны на основе аналогичной деятельности (в виде

Таблица ТР-28. Фактические и будущие выбросы ГФУ-23.

Год	ГХФУ-22 Сценарий производства (кт)	ГФУ-23 Выбросы при ОП (кт)	ГФУ-23 Выбросы при существующей наилучшей практике (кт)
1990	341	6,4	6,4
1995	385	7,3	7,3
2000	491	11,5	11,5
2005	550	15,2	13,8
2010	622	19,0	8,8
2015	707	23,2	2,3

предполагаемого будущего производства ГХФУ-22), что и в сценарии ОП. Различие между двумя прогнозами по ГФУ-23 объясняется поэтому исключительно той степенью, в которой применяется технология уничтожения. Прогнозы представляют потенциальные экстремальные случаи, и будущие изменения в деятельности будут характеризоваться тенденцией увеличения вероятности того или другого.

Согласно данным двух европейских исследований, проведенных в 2000 г., уничтожение побочных продуктов выбросов ГФУ-23 в результате производства ГХФУ-22 обладает потенциалом сокращения до 300 МтСО₂-экв. в год к 2015 г., а удельные расходы при этом меньше 0,2 долл. США/тСО₂-экв. Уменьшение объема производства ГХФУ-22 под влиянием рыночных факторов или национальной политики, или усовершенствований в схеме и конструкции оборудования также может привести к сокращению выбросов ГФУ-23. [10.4]

Приложение I: Глоссарий терминов

Определения в этом глоссарии относятся к использованию терминов в контексте данных резюме Специального доклада по озону и климату.

Аэрозоль

Взвесь очень мелких твердых или жидких частиц в газовой среде. Аэрозоль также используется как общее название для галонораспылителей (или «аэрозольных упаковок»), в которых контейнер наполняется продуктом и пропеллентом под давлением, с тем чтобы выпустить продукт в виде мелких брызг.

Банки

Банками являются суммарные количества веществ, содержащиеся в существующем оборудовании, на химических складах, в вспененных материалах и в другой продукции, еще не выпущенные в атмосферу.

Беспропеллентные технологии (БПТ)

Беспропеллентные технологии достигают той же цели продукта, но без использования галоидоуглеводородов, применяя, как правило, альтернативный подход или необычную технику. Среди примеров можно назвать использование твердого или распыляемого воздухом дезодоранта вместо аэрозольных дезодорантов с ХФУ-12; использование минеральной ваты вместо изолирующей пены с ХФУ, ГФУ или ГХФУ и использование порошковых ингаляторов (ПИ) вместо дозирующих аэрозольных ингаляторов (ДАИ) с ХФУ или ГФУ.

Влияние на климат на протяжении жизненного цикла (ВКЖЦ)

Мера суммарного эффекта глобального потепления, основанная на соответствующих результирующих выбросах парниковых газов на протяжении всего жизненного цикла оборудования. ВКЖЦ является расширенным вариантом суммарного эквивалентного воздействия потепления (СЭВП). ВКЖЦ также учитывает прямые летучие выбросы, возникающие в процессе производства, и выбросы парниковых газов, связанные с материализованной в них энергией.

Галоидоуглеводороды

Химические соединения, содержащие атомы углерода и один или несколько атомов галогенов: хлора (Cl), фтора (F), брома (Br) или йода (I). *Полностью галоидзамещенные углеводороды* содержат только атомы углерода и галогена, а *частично галоидзамещенные углеводороды* содержат также атомы водорода (H). Галоидоуглеводороды, которые выделяют в атмосферу хлор, бром или йод, вызывают разрушение озонового слоя. Галоидоуглеводороды также являются парниковыми газами. Галоидоуглеводороды включают хлорфторуглероды (ХФУ), гидрохлорфторуглероды (ГХФУ), гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ), а также галоны.

Галоны

Полностью галоидзамещенные углеводороды, которые содержат атомы брома и фтора.

Гидрофторуглероды (ГФУ)

Галоидоуглеводороды, содержащие только атомы углерода, водорода и фтора. Поскольку ГФУ не содержат хлора, брома или йода, они не разрушают озоновый слой. Подобно другим углеводородам, они являются мощными парниковыми газами.

Гидрофторэфиры (ГФЭ)

Химические соединения, состоящие из водорода, фтора и эфира, которые имеют аналогичные характеристики с некоторыми озоноразрушающими веществами (ОРВ), используемыми в качестве растворителей.

Гидрохлорфторуглероды (ГХФУ)

Галоидоуглеводороды, содержащие только атомы водорода, хлора, фтора и углерода. Поскольку ГХФУ содержат хлор, они содействуют разрушению озона. Они также являются парниковыми газами.

Двуокись углерода (CO₂)

Существующий в природе газ, который возникает в качестве побочного продукта при сжигании ископаемого топлива и биомассы, а также при других промышленных процессах и изменениях в землепользовании. Это — главный антропогенный парниковый газ, который влияет на радиационный баланс Земли и является эталонным газом, при сравнении с которым обычно измеряется влияние других парниковых газов.

Дозирующие аэрозольные ингаляторы (ДАИ) (медицинские аэрозоли)

Метод дозирования вдыхаемых в легкие медицинских препаратов.

Защитные меры (холодильное оборудование)

Применение методов обслуживания или специального оборудования, предназначенного для предотвращения или сокращения потерь хладагента из оборудования в ходе установки, эксплуатации, обслуживания или прекращения эксплуатации холодильного оборудования и кондиционеров воздуха.

Изменение климата

Под изменением климата понимается статистически значимое отклонение либо среднего состояния климата, либо его изменчивости, сохраняющееся на протяжении длительного периода (как правило десятилетия и больше). Изменение климата может быть следствием естественных внутренних процессов или внешних воздействий, или продолжительных антропогенных изменений в составе атмосферы или в землепользовании.

Отметим, что статья 1 Рамочной конвенции об изменении климата (РКИК ООН) определяет «изменение климата» как «изменение климата, которое прямо или косвенно обусловлено деятельностью человека, вызывающей изменения в составе глобальной атмосферы, и накладывается на естественные колебания климата, наблюдаемые на протяжении сопоставимых периодов времени». Таким образом, РКИК ООН проводит различие между «изменением климата», обусловленным деятельностью человека и изменяющим состав атмосферы, и «колебанием климата», вызываемым естественными причинами.

Изменчивость климата

Изменения в среднем состоянии и других статистических параметров (таких как среднеквадратическое отклонение и случаи экстремальных событий) климата во всех временных и пространственных масштабах за пределами отдельных погодных явлений. Изменчивость климата может вызываться естественными внутренними процессами внутри климатической системы (внутренняя изменчивость) или изменениями природных или антропогенных воздействий (внешняя изменчивость). См. также: Изменение климата.

Наилучшая практика

Для целей настоящего доклада наилучшей практикой считается самая низкая достижимая величина выбросов галоидоуглеводородов на определенную дату, используя коммерчески апробированные технологии при производстве, применении, замене, рекуперации и уничтожении галоидоуглеводородов или галоидоуглеводородосодержащей продукции.

Однокомпонентная пена (ОКП)

Пена, в которой пенообразующее вещество действует как в качестве вспенивателя, так и в качестве пропеллента. Такие пены используются главным образом для заполнения зазоров (для предотвращения инфильтрации воздуха), а не для теплоизоляции в чистом виде. Как таковое, использование пенообразующего вещества является полностью эмиссивным.

Озон

Трехатомная форма кислорода (O_3), являющаяся газообразной атмосферной составляющей. В тропосфере он формируется благодаря фотохимической реакции с участием газов, как естественно присутствующих в тропосфере, так и являющихся результатом антропогенной деятельности («смог»). Тропосферный озон действует как парниковый газ. В стратосфере озон формируется вследствие взаимодействия между солнечным ультрафиолетовым излучением и молекулярным кислородом (O_2). Стратосферный озон играет важную роль в стратосферном радиационном балансе. Его концентрация достигает наивысших значений в озоновом слое.

Озоноразрушающие вещества (ОРВ)

Вещества, известные как разрушители стратосферного озонового слоя. ОРВ, контролируемые согласно Монреальскому протоколу и его поправкам, являются: хлорфторуглероды (ХФУ), гидрохлорфторуглероды (ГХФУ), галоны, бромистый метил (CH_3Br), четыреххлористый углерод (CCl_4), метилхлороформ (CH_3CCl_3), гидробромфторуглероды (ГБФУ) и бромхлорметан.

Оценка на протяжении жизненного цикла (ОЖЦ)

Оценка суммарного воздействия на окружающую среду продукта на протяжении всего его жизненного цикла (производство, использование и рециркуляция или удаление).

Парниковые газы (ПГ)

Газообразные составляющие атмосферы, как природные, так и антропогенные, которые поглощают и излучают радиацию в пределах спектра тепловой инфракрасной радиации, излучаемой поверхностью Земли, атмосферой и облаками. Это свойство вызывает парниковый эффект. Главными парниковыми газами в атмосфере Земли являются водяной пар (H_2O), двуокись углерода (CO_2), закись азота (N_2O), метан

(CH_4) и озон (O_3). Кроме того, существует ряд полностью антропогенных парниковых газов в атмосфере, таких как углеводороды и другие хлор- и бромсодержащие вещества, которые охватываются положениями Монреальского протокола. Некоторые другие газовые микропримеси, такие как шестифтористая сера (SF_6), гидрофторуглероды (ГФУ) и перфторуглероды (ПФУ) также являются парниковыми газами.

Пенообразующее вещество (пена)

Газ, летучая жидкость или химическое вещество, которое образует газ в течение процесса пенообразования. Этот газ создает пузырьки или поры в пластической структуре пены.

Перфторуглероды (ПФУ)

Синтетически производимые галоидоуглеводороды, содержащие только атомы углерода и фтора. Они характеризуются чрезвычайной стабильностью, негорючестью, низкой токсичностью, нулевым потенциалом разрушения озона и высоким потенциалом глобального потепления.

Порошковый ингалятор (ПИ) (медицинские аэрозоли)

Альтернативная технология для дозирующих аэрозольных ингаляторов (ДАИ), которая может использоваться, если отпускаемый медицинский препарат можно удовлетворительно преобразовать в микротонкий порошок, таким образом исключая использование химического пропеллента.

Потенциал глобального потепления (ПГП)

Показатель, сравнивающий воздействие на климат выброса парникового газа по отношению к воздействию выброса того же количества двуокиси углерода. ПГП определяется как соотношение интегрированного по времени радиационного воздействия вследствие импульсного выброса одного килограмма вещества по отношению к воздействию одного килограмма двуокиси углерода в фиксированный период времени. См. также: Радиационное воздействие.

Радиационное воздействие

Радиационное воздействие — это изменение в суммарном излучении (выражается в ваттах на квадратный метр: $Вт/м^2$) в тропопаузе вследствие внутреннего изменения или изменения во внешних силах климатической системы, таких как изменение концентрации двуокиси углерода (CO_2) в атмосфере или исходящей энергии Солнца. Обычно радиационное воздействие рассчитывается после того, как дается возможность стратосферным температурам восстановить радиационное равновесие, но при всех тропосферных свойствах, остающихся зафиксированными на уровне их невозмущенных значений. Радиационное воздействие называется мгновенным, если не принимается во внимание никаких изменений в стратосферной температуре. См. также: Потенциал глобального потепления.

Разрушение озонового слоя

Ускоренное химическое разрушение стратосферного озонового слоя вследствие присутствия веществ, являющихся результатом деятельности человека.

Рекуперация

Сбор и хранение контролируемых веществ, извлеченных из механизмов, оборудования, защитных оболочек и т. п. во время обслуживания или перед удалением без какого-либо обязательного тестирования или обработки.

Рециркуляция

Повторное использование рекуперированного контролируемого вещества после основного процесса очистки, такого как фильтрация и сушка. Для хладагентов рециркуляция, как правило, предусматривает повторную загрузку в оборудование и часто происходит «на месте».

Растворитель

Любой продукт (водный или органический), предназначенный для чистки компонентов, раздельно или в сборке, путем растворения загрязнителей, присутствующих на их поверхности.

Смеси/сочетания (холодильное оборудование)

Смесь двух или более чистых жидкостей. Смеси используются для достижения свойств, которые удовлетворяют многим целям охлаждения. Например, сочетание горючих и негорючих компонентов может дать в результате негорючую смесь. Смеси могут быть разделены на три категории: азеотропные, неазеотропные и близкие к азеотропным смеси.

Смешивающиеся

Способность двух жидкостей или газов равномерно растворяться друг в друге. Несмешивающиеся жидкости будут разделяться на два различимых слоя.

Содержание озона в вертикальном профиле атмосферы

Общее количество озона в вертикальном профиле атмосферы над поверхностью Земли. Содержание озона измеряется в единицах Добсона (ЕД).

Стратосфера

Высоко стратифицированная область атмосферы над тропосферой. Она простирается от высоты около 8 км в высоких широтах и 16 км в тропиках до высоты приблизительно 50 км. Эта область характеризуется повышением температуры с высотой.

Суммарное эквивалентное воздействие потепления (СЭВП)

Мера суммарного эффекта глобального потепления, основанная на соответствующих результирующих выбросах парниковых газов в течение эксплуатации оборудования и при удалении рабочих жидкостей в конце срока службы. СЭВП учитывает как прямые летучие выбросы, так и косвенные выбросы, производимые за счет энергии, потребляемой при эксплуатации оборудования. СЭВП измеряется в единицах массы эквивалента CO₂. См. также: Влияние на климат на протяжении жизненного цикла (ВКЖЦ).

Сценарии СРЕС

Сценарии выбросов, разработанные в Специальном докладе МГЭИК по сценариям выбросов (2000 г.).

Сценарий обычной практики (ОП) (в данном докладе до 2015 г.)

Базовый сценарий использования галоидоуглеводородов и их альтернатив, который предполагает, что все существующие нормативные акты и меры по прекращению производства, включая Монреальский протокол и соответствующие национальные нормы, продолжают действовать до 2015 г. Обычная практика (включая рекуперацию по окончании срока службы) и темпы выбросов сохраняются неизменными вплоть до 2015 г.

Тропосфера

Самая нижняя часть атмосферы над поверхностью Земли, где возникают облака и происходят «погодные» явления. Толщина тропосферы составляет в среднем 9 км в высоких широтах, 10 км в средних широтах и 16 км в тропиках. Температуры в тропосфере, как правило, уменьшаются с высотой.

Углеводороды (УВ)

Химические соединения, состоящие из одного или нескольких атомов углерода, окруженных только атомами водорода.

Удельные расходы (вариантов борьбы с выбросами)

Различие в расходах по одному из вариантов борьбы с выбросами в сравнении с эталонным случаем, выраженное в относительных единицах. В данном докладе удельные расходы по вариантам сокращения выбросов парниковых газов, как правило, выражаются в долларах США на тонну несостоявшихся выбросов в эквиваленте CO₂ (долл. США/тCO₂-экв.).

Уничтожение

Уничтожение озоноразрушающих веществ (ОРВ) на специально предназначенных предприятиях по уничтожению, с тем чтобы избежать их выбросов.

Фторкетоны (ФК)

Органические соединения, в которых две полностью фторированные алкиловые группы присоединены к одной карбонильной группе (C=O).

Фторуглероды

Галоидоуглеводороды, содержащие атомы фтора, включают хлорфторуглероды (ХФУ), гидрохлорфторуглероды (ГХФУ), гидрофторуглероды (ГФУ) и перфторуглероды (ПФУ).

Хладагент (холодильное оборудование)

Теплоноситель, обычно жидкий, используемый в таком оборудовании, как холодильники, морозильники и кондиционеры воздуха.

Хлорфторуглероды (ХФУ)

Галоидоуглеводороды, содержащие лишь атомы хлора, фтора и углерода. ХФУ являются как озоноразрушающими веществами (ОРВ), так и парниковыми газами.

Эквивалент CO₂ (CO₂- экв.)

Количество двуокиси углерода (CO₂), которое вызовет радиационное воздействие такой же величины, как и данное количество другого парникового газа. Когда используется с концентрациями, это относится к мгновенному радиационному воздействию, вызванному данным парниковым газом или эквивалентным количеством CO₂. Когда используется с выбросами, это относится к интегрированному по времени радиационному воздействию за определенный срок, вызываемому изменением концентрации вследствие данного выброса. См.: Потенциал глобального потепления.

Приложение II: Основные химические формулы и номенклатура

В данном приложении представлены формулы и номенклатура ряда галогеносодержащих и других веществ, о которых говорится в резюме для политиков.

Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, контролирует производство и потребление следующих галоидоуглеводородов: хлорфторуглероды (ХФУ), гидрохлорфторуглероды (ГХФУ), галоны, гидробромфторуглероды (ГБФУ), четыреххлористый углерод (CCl_4), метилхлороформ (CH_3CCl_3), бромистый метил (CH_3Br) и бромхлорметан (CH_2BrCl).

Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН) охватывает антропогенные выбросы парниковых газов, не контролируемых Монреальским протоколом. Киотский протокол РКИК ООН охватывает набор парниковых газов: двуокись углерода (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ) и шестифтористую серу (SF_6).

Галоидоуглеводороды

Для каждого галоидоуглеводорода в колонках приводится следующая информация:

- Химический состав [количество изомеров, если их больше одного] (или общее название)
- Химическая формула
- Химическое название (или альтернативное наименование)

Хлорфторуглероды (ХФУ)		[Производство и потребление контролируются Монреальским протоколом] ¹
ХФУ-11	CCl_3F	Трихлорфторметан
ХФУ-12	CCl_2F_2	Дихлордифторметан
ХФУ-13	CClF_3	Хлортрифторметан
ХФУ-113	[2] $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$	Трихлортрифторэтан
ХФУ-113	$\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$	1,1,2-Трихлор-1,2,2-трифторэтан
ХФУ-113a	CCl_3CF_3	1,1,1-Трихлор-2,2,2-трифторэтан
ХФУ-114	[2] $\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$	Дихлортетрафторэтан
ХФУ-114	$\text{CClF}_2\text{CClF}_2$	1,2-Дихлор-1,1,2,2-тетрафторэтан
ХФУ-114a	CCl_2FCF_3	1,1-Дихлор-1,2,2,2-тетрафторэтан
ХФУ-115	CClF_2CF_3	Хлорпентафторэтан

¹ Отметим, что представленные здесь вещества являются подборкой веществ, которые контролируются Монреальским протоколом.

Гидрохлорфторуглероды (ГХФУ)		[Производство и потребление контролируются Монреальским протоколом]¹	
ГХФУ-21	CHCl ₂ F		Дихлорфторметан
ГХФУ-22	CHClF ₂		Хлордифторметан
ГХФУ-123	[3] C ₂ HCl ₂ F ₃		Дихлортрифторэтан
ГХФУ-123	CHCl ₂ CF ₃		2,2-Дихлор-1,1,1-трифторэтан
ГХФУ-123a	C ₂ HCl ₂ F ₃		1,2-Дихлор-1,1,2-трифторэтан
ГХФУ-123b	C ₂ HCl ₂ F ₃		1,1-Дихлор-1,2,2-трифторэтан
ГХФУ-124	[2]		Хлортetraфторэтан
ГХФУ-124	CHClFCF ₃		2-Хлор-1,1,1,2-тетрафторэтан
ГХФУ-124a	C ₂ HClF ₄		1-Хлор-1,1,2,2-тетрафторэтан
ГХФУ-141b	CH ₃ CCl ₂ F		1,1-Дихлор-1-фторэтан
ГХФУ-142b	CH ₃ CClF ₂		1-Хлор-1,1-дифторэтан
ГХФУ-225ca	CHCl ₂ CF ₂ CF ₃		3,3-Дихлор-1,1,1,2,2-пентафторпропан
ГХФУ-225cb	CHClFCF ₂ CClF ₂		1,3-Дихлор-1,1,2,2,3-пентафторпропан

Галонь		[Производство и потребление контролируются Монреальским протоколом]¹	
Галон-1202	CBr ₂ F ₂		Дибромдифторметан
Галон-1211	CBrClF ₂		Бромхлордифторметан (Хлордифторбромметан), R-12B1
Галон-1301	CBrF ₃		Бромтрифторметан, R-13B1
Галон-2402	CBrF ₂ CBrF ₂		1,2-Дибромтетрафторэтан (1,1,2,2-Тetraфтор-1,2-дибром-этан, 1,2-Дибром-1,1,2,2-тетрафторэтан)

Прочие галоидоуглеводороды		[Производство и потребление контролируются Монреальским протоколом]¹	
Четыреххлористый углерод	CCl ₄		Галон 104, R-10
Метилхлороформ	CH ₃ CCl ₃		1,1,1-Трихлорэтан
Бромистый метил	CH ₃ Br		Галон-1001, Бромметан
Бромхлорметан	CH ₂ BrCl		Галон-1011

Гидрофторуглероды (ГФУ)		
ГФУ-23	CHF_3	Трифторметан
ГФУ-32	CH_2F_2	Дифторметан (Фтористый метилен)
ГФУ-41	CH_3F	Фторметан (Фтористый метил)
ГФУ-125	CHF_2CF_3	Пентафторэтан
ГФУ-134 [2]	$\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$	Тетрафторэтан
ГФУ-134	CHF_2CHF_2	1,1,2,2-Тетрафторэтан
ГФУ-134a	CH_2FCF_3	1,1,1,2-Тетрафторэтан
ГФУ-143 [2]	$\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_3$	Трифторэтан
ГФУ-143	CH_2FCHF_2	1,1,2-Трифторэтан
ГФУ-143a	CH_3CF_3	1,1,1-Трифторэтан
ГФУ-152 [2]	$\text{C}_2\text{H}_4\text{F}_2$	Дифторэтан
ГФУ-152	$\text{CH}_2\text{FCH}_2\text{F}$	1,2-Дифторэтан
ГФУ-152a	CHF_2CH_3	1,1-Дифторэтан
ГФУ-161	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}$	Монофторэтан (Фтористый этил)
ГФУ-227 [2]	C_3HF_7	Гептафторпропан
ГФУ-227ca	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CHF}_2$	1,1,1,2,2,3,3-Гептафторпропан
ГФУ-227ea	$\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CF}_3$	1,1,1,2,3,3,3-Гептафторпропан
ГФУ-236 [4]	$\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_6$	Гексафторпропан
ГФУ-236ca	$\text{CHF}_2\text{CF}_2\text{CHF}_2$	1,1,2,2,3,3-Гексафторпропан
ГФУ-236cb	$\text{CH}_2\text{FCF}_2\text{CF}_3$	1,1,1,2,2,3-Гексафторпропан
ГФУ-236ea	$\text{CHF}_2\text{CHF}_2\text{CF}_3$	1,1,1,2,3,3-Гексафторпропан
ГФУ-236fa	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_3$	1,1,1,3,3,3-Гексафторпропан
ГФУ-245 [5]	$\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_5$	Пентафторпропан
напр. ГФУ-245ca	$\text{CH}_2\text{FCF}_2\text{CHF}_2$	1,1,2,2,3-Пентафторпропан
ГФУ-245fa	$\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$	1,1,1,3,3-Пентафторпропан
ГФУ-365mfc	$\text{CH}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$	1,1,1,3,3-Пентафторбутан
ГФУ-43-10mee	$\text{CF}_3\text{CHFCH}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$	1,1,1,2,2,3,4,5,5,5-Декафторпентан (2Н,3Н-Перфторпентан)
ГФУ-с-447ef		c-C ₅ H ₃ F ₇ Гептафторциклопентан

Перфторуглероды (ПФУ)		
ПФУ-14	CF_4	Тетрафторметан (Четырехфтористый углерод)
ПФУ-116	C_2F_6 (CF_3CF_3)	Перфторэтан (Гексафторэтан)
ПФУ-218	C_3F_8 ($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}_3$)	Перфторпропан (Октафторпропан)
ПФУ-318 или ПФУ-с318	c-C ₄ F ₈ (-(CF ₂) ₄)	Перфторциклобутан (Октафторциклобутан)
ПФУ-3-1-10	C_4F_{10}	Перфторбутан
ПФУ-5-1-14	C_6F_{14}	Перфторгексан
ПФУ-6-1-16	C_7F_{16}	Перфторгептан
ПФУ-7-1-18	C_8F_{18}	Перфтороктан

Фторированные эфиры		
ГФЭ-449s1	$C_5H_3F_9O$ $CF_3(CF_2)_3OCH_3$ (CF_3) $_2CFCF_2OCH_3$	Метил-нонафторбутиловый эфир Перфторизобутил-метилвый эфир
ГФЭ-569sf2	$C_6H_5F_9O$ $CF_3(CF_2)_3OCF_2CF_3$ $(CF_3)_2CFCF_2OCF_2CF_3$	Этил-перфторбутиловый эфир Этил-перфторизобутиловый эфир
ГФЭ-347pcf2	$C_4H_3F_7O$ ($CF_3CH_2OCF_2CHF_2$)	1,1,2,2-Тетрафторэтил 2,2,2-трифторэтиловый эфир

Другие галоидоуглеводороды		
Трифторуксусная кислота (ТФК)	$C_2HF_3O_2$ (CF_3COOH)	Перфторированная кислота

Негалогенированные углеводороды

Метан	CH_4	R-50
Этан	C_2H_6 (CH_3CH_3)	R-170
Пропан	C_3H_8 ($CH_3CH_2CH_3$)	R-290
Бутан	C_4H_{10} ($CH_3CH_2CH_2CH_3$)	R-600, n-Бутан
Изобутан	C_4H_{10} ($(CH_3)_2CHCH_3$)	R-600a, i-Бутан, 2-Метилпропан
Пентан	C_5H_{12} ($CH_3(CH_2)_3CH_3$)	R-601, n-Пентан
Изопентан	C_5H_{12} ($(CH_3)_2CHCH_2CH_3$)	R-601a, i-Пентан, 2-Метилбутан

Специальный доклад «Охрана озонового слоя и глобальной климатической системы: вопросы, связанные с гидрофторуглеродами и перфторуглеродами» содержит информацию, касающуюся процесса принятия решений, связанных с охраной озонового слоя и климатической системы — двух глобальных экологических вопросов, включающих сложные научно-технические соображения. Он был подготовлен Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) и Группой по техническому обзору и экономической оценке (ТЕАП) Монреальского протокола в соответствии с предложением Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата и Монреальского протокола.

Научные доказательства наличия связи между хлорфторуглеродами (ХФУ) и другими озоноразрушающими веществами (ОРВ) с глобальным разрушением озона явились причиной проведения первоначального контроля химических веществ в соответствии с Монреальским протоколом 1987 г., а также внесения в него в 1990-е годы поправок и корректив, в которые были включены дополнительные ОРВ, согласованные поэтапные отказы от них и сокращенные сроки этих поэтапных отказов. По мере разработки различных подходов к поэтапному отказу от ОРВ появилось понимание того, что некоторые меры, принимаемые с целью уменьшения будущего разрушения озонового слоя, в частности внедрение ГФУ и ПФУ, могут воздействовать на глобальное потепление. Во время проведения переговоров по Киотскому протоколу в 1997 г. у стран появились новые стимулы для учета того, каким образом выбор заменителей может влиять на цели обоих Протоколов.

Потенциал каждого заменителя ОРВ с точки зрения влияния на климатическую систему зависит не только от физических и химических свойств самого вещества, но также и от тех факторов, которые влияют на выбросы в атмосферу, таких как меры защиты, рециркуляция, уничтожение и энергетический КПД в конкретных применениях. В одиннадцати главах и вспомогательных приложениях доклада содержатся научный контекст, необходимый для рассмотрения выбора между альтернативами ОРВ; потенциальные методологии для оценки вариантов; и технические вопросы, касающиеся возможностей сокращения выбросов парниковых газов (ПГ) для каждого из соответствующих секторов, включая холодильное оборудование, кондиционирование воздуха, пены, аэрозоли, противопожарную защиту и растворители. В докладе рассматривается также вопрос о наличии ГФУ в будущем.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) была учреждена совместно Всемирной Метеорологической Организацией и Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП). Группа по техническому обзору и экономической оценке (ТЕАП) ЮНЕП была учреждена Сторонами Монреальского протокола. Группы экспертов готовят авторитетные международные оценки научно-технической и социально-экономической информации об изменении климата (МГЭИК) и статуса технологий для охраны стратосферного озонового слоя (ТЕАП).

Полный Специальный доклад публикуется издательством «Кембридж юниверсити пресс» (<http://www.cambridge.org>), а доступ к цифровому варианту можно получить через вебсайт Секретариата МГЭИК (<http://www.ipcc.ch>) или получить на компакт-диске в Секретариате МГЭИК. Настоящая публикация содержит Резюме для лиц, определяющих политику, и Техническое резюме доклада.