

4. Истощение стратосферного озона

Толщина озонового слоя над Европой существенно уменьшилась с начала 80-х годов и продолжает снижаться на 4–5% каждые десять лет.

Постепенное снижение концентрации хлорсодержащих озоноразрушающих веществ в тропосфере (выходящих в стратосферу) показывает, что международная политика по контролю выбросов озоноразрушающих веществ приносит результаты.

Производство, сбыт и потребление озоноразрушающих веществ в европейских странах значительно уменьшились с 1989 года. Тем не менее, продолжительный жизненный цикл этих веществ в атмосфере означает, что озоновый слой, возможно, полностью не восстановится даже после 2050 г.

Для европейских стран сохраняют актуальность политические задачи ужесточения мер контроля, снижения производства и использования гидрохлорфторуглеродов и метилбромида, управления оставшимися запасами озоноразрушающих веществ и поддержки усилий развивающихся стран по сокращению производства, использования и выброса этих веществ.

4.1 Введение

4.1.1 Проблема

Несмотря на то, что озоновый слой в стратосфере очень разрежен, он является важным элементом земной атмосферы: защищает людей, животных и растения от вредного коротковолнового ультрафиолетового (УФ) излучения. Кроме того, озон является парниковым газом, причем основной эффект потепления связан с озоном, находящимся в тропосфере.

Озон образуется в верхней стратосфере в результате взаимодействия коротковолнового солнечного УФ излучения и кислорода. Он разрушается (диссоциирует) в ходе реакций с определенными соединениями (озоноразрушающими веществами) при УФ излучении с несколько большей длиной волны. Динамическое равновесие между образованием и разрушением определяет концентрацию и общее количество озона в стратосфере или «толщину» озонового слоя. Антропогенные выбросы озоноразрушающих веществ, содержащих хлор и бром, нарушают это равновесие. Один атом хлора или брома до его удаления из атмосферы может разрушить тысячи молекул озона.

Сильное истощение озона стратосферы, наблюдаемое в полярных районах, вызвано сочетанием антропогенных выбросов озоноразрушающих веществ, устойчивых циркуляционных процессов, очень низких температур и солнечного излучения.

Соединения, вызывающие существенное истощение озона, включают хлорфторуглероды (ХФУ), четыреххлористый углерод, метилхлороформ, галоны, гидрохлорфторуглероды (ГХФУ), гидробромфторуглероды (ГБФУ) и

метилбромид. Они применяются в качестве растворителей, хладагентов, пенообразователей, обезжиривающих средств, аэрозольных пропеллентов, средств огнетушения (галоны) и сельскохозяйственных пестицидов (метилбромид). Степень влияния озоноразрушающего вещества на озоновый слой (его озоноразрушающий потенциал, или ОРП) зависит от его химических свойств. Другие факторы, оказывающие воздействие на озоновый слой, включают природные выбросы, крупные вулканические извержения, климатические изменения и парниковые газы – метан и оксид азота.

Столб озона (мера толщины озонового слоя) над Европой существенно уменьшился с начала 1980-х годов. Средний столб озона над Европой в марте 1997–2001 годов был на 7% меньше по сравнению с 1979–81 гг., рис. 4.1. Это снижение больше по сравнению со средним показателем (примерно 4%) в северных средних широтах в зимне-весенний период (WMO, 2003).

Решающим фактором для принятия международных мер по защите озонового слоя стало открытие дыры в озоновом слое над Антарктикой. Влияние этих мер, введенных Монреальским протоколом (1987 г.), и последующих мероприятий по сокращению выбросов озоноразрушающих веществ вначале было отмечено в нижней части земной атмосферы. Общая возможная концентрация хлора в тропосфере понизилась по сравнению с 1994 г., главным образом, благодаря значительному снижению концентрации метилхлороформа. Концентрация некоторых ХФУ продолжает снижаться, а концентрации других ХФУ постепенно выравниваются.

В то же время растет концентрация ГХФУ (используемого для замены ХФУ). Изменения концентрации озоноразрушающих веществ в стратосфере отражают изменения концентрации в тропосфере с задержкой на три–пять лет.

Что касается концентрации хлористого водорода в стратосфере, по которой определяется общее количество хлора в стратосфере, с 1997 г. ежегодный прирост оказался значительно меньше по сравнению с предшествующим периодом (WMO, 2003). Вопреки прогнозам общая потенциальная концентрация брома в тропосфере продолжает повышаться из-за увеличения концентрации галонов.



Толщина озонового слоя над Европой в марте значительно уменьшилась по сравнению с началом 1980-ых гг. (каждые десять лет происходило уменьшение на 4–5%).

Так как озоноразрушающие вещества имеют очень продолжительный жизненный цикл в стратосфере, регистрируемое восстановление озонового слоя в результате Монреальского протокола не ожидается ранее 2020 г. Полное восстановление не ожидается даже после 2050 г. (WMO, 1999). На протяжении многих десятилетий каждую весну над полярными районами будет наблюдаться обширное истощение озонового слоя.

В последние годы наземные измерительные станции зарегистрировали рост УФ излучения. Показатели УФ излучения, полученные со спутников и наземных станций, большей частью совпадают. Повышенное УФ излучение сохранится до завершения восстановления озонового слоя, но, вероятно, что вредное действие УФ излучения на здоровье людей и экосистемы еще продолжится. Экосистемы горных районов, отличающиеся естественным высоким уровнем фона УФ излучения, особенно уязвимы при росте излучения. Рак кожи обнаруживается через много лет после воздействия УФ излучения (см. главу 12). Тем не менее, при внедрении современных методов контроля в будущем рост случаев заболевания раком кожи, обусловленный истощением озонового слоя, будет весьма ограниченным (ождается, что максимальное влияние обнаружится около 2050 г., см. также ЕЕА, 1999). Изменения в стиле жизни, например, более продолжительное пребывание на солнце, может оказать значительно большее влияние.

4.1.2 Политика

Монреальский протокол 1987 г. (и последующие изменения и поправки) направлен на прекращение производства и использования озоноразрушающих веществ (ОРВ) в мире. Постановление Совета 2037/2000 представляет собой действующий юридический документ Европейского союза (ЕС), направленный на прекращение производства ОРВ, наряду с требованиями Монреальского протокола. Постановление включает контроль над производством, импортом, экспортом, поставками, применением, утечками и утилизацией контролируемых веществ. Оно также устанавливает порядок лицензирования всего импорта ОРВ.

Задачи современной политики включают:

- обеспечение полного соблюдения протокола всеми странами, особенно развивающимися странами и странами, экономика которых находится в переходной стадии;
- сокращение оставшегося производства ОРВ только для использования в важных целях и для поставок в страны, имеющие разрешение по этому протоколу;
- прекращение «сваливания» в развивающиеся страны и страны с экономической в переходной стадии бывшего в употреблении оборудования, требующего использования ХФУ;
- принятие мер против незаконного оборота ХФУ и галонов;

Средний столб озона над Европой в марте 1997–2002 гг.

Рисунок 4.1.



Примечание. Единица Добсона соответствует озоновому столбу толщиной 0,01 мм при стандартной температуре и давлении. Среднемесячные данные по озону, полученные со спутниковых приборов, усреднены по диапазону от 35 °N до 70 °N и от 11,2 °W до 21,2 °E.

Источник: ЕЕА (расчеты по опубликованным данным)

- сокращение выбросов галонов и ХФУ из имеющегося оборудования, особенно в развивающихся странах;
- препятствование использованию ГХФУ в качестве заменителя ХФУ;
- предотвращение роста применения метилбромидов в развивающихся странах;
- предотвращение производства и маркетинга новых озоноразрушающих веществ.

Успехи Европы и восстановление озонового слоя могут оказаться под угрозой, если развивающиеся страны не будут выполнять свои обязательства по Монреальскому протоколу, вступившие в силу в 1999 г.

В 1990 г. участники Монреальского протокола создали многосторонний фонд помощи развивающимся странам для внедрения протокола. Развитые страны вносят средства в этот фонд, а развивающиеся страны могут обращаться за финансовой помощью по определенным проектам.

В 1991–2000 гг. западноевропейские страны вложили около 560 миллионов долларов США в многосторонний фонд. Эта сумма составила 48% общих мировых взносов в фонд. Ожидается, что общая сумма, затраченная фондом до сих пор (936 миллионов долларов США), приведет к прекращению использования 122 миллионов кг ОРВ (в два раза больше по сравнению с производством в Западной Европе в 1997 г.) и остановке производства количества озоноразрушающих веществ, эквивалентного примерно 42 миллионам кг ОРВ. Европейские страны, на которые распространяется статья 5 Монреальского протокола, включают Албанию, Боснию и Герцеговину, Хорватию, Кипр, бывшую югославскую республику

Македонию, Грузию, Мальту, Республику Молдова, Румынию, Турцию, а также Сербию и Черногорию.

4.1.3. Взаимодействие между климатическими изменениями и истощением озонового слоя

Озон является парниковым газом, причем главный эффект потепления связан с тропосферным озоном. Некоторые озоноразрушающие вещества, например, ХФУ и ГХФУ, также являются сильно действующими парниковыми газами. Поэтому истощение озона стратосферы и климатические изменения имеют определенные общие источники. ХФУ, ГХФУ и их аналоги дают примерно 13% радиационной нагрузки (чистая дополнительная радиация, являющаяся причиной глобального потепления) от всех парниковых газов, рис. 4.2. Однако эти выбросы регулируются не Киотским протоколом (см. главу 3, раздел 3.6), а Монреальским протоколом. Гидрофторуглероды (ГФУ), все шире применяющиеся в качестве заменителей озоноразрушающих веществ, также являются сильно действующими парниковыми газами, на которые распространяется действие Киотского протокола. Одна из задач современной политики состоит в поиске методов использования ГФУ, которые можно применять для замены перечисленных в Монреальском протоколе газов, чтобы свести к минимуму их вклад в глобальное потепление.

Радиационная нагрузка от озоноразрушающих веществ продолжает расти, но с меньшей скоростью, чем в 80-х гг. Это объясняется рядом причин. Главным образом, прекращение производства метилхлороформа по Монреальскому протоколу обеспечило общее снижение потенциального содержания хлора. Вместе с тем, метилхлороформ оказывает меньшее влияние на радиационную нагрузку по

сравнению с ХФУ и ГХФУ. Кроме того, влияние ХФУ выравнивается благодаря Монреальскому протоколу, а радиационная нагрузка от ГХФУ растет в результате повышения их концентрации в тропосфере.

Помимо радиационной нагрузки от озоноразрушающих веществ происходят другие взаимодействия между климатическими изменениями и истощением озона за счет атмосферных химических процессов, возможно, за счет изменений в тропосферно-стратосферном обмене, выброса парниковых газов, например, окиси азота и метана и т.п.

Взаимодействие между климатическими изменениями и истощением озона может быть особенно важно для полярных районов. Глубина, продолжительность существования и протяженность озоновых дыр на северном и южном полюсах могут увеличиваться в результате более низких стратосферных температур, связанных с климатическими изменениями.



Радиационная нагрузка от озоноразрушающих веществ продолжает расти. Это объясняется ростом радиационной нагрузки от ГХФУ и выравниванием нагрузки от ХФУ.

В рамочной конвенции ООН по изменению климата (UNFCCC) поставлена задача межправительственной группе по изменению климата (IPCC) и группе технологической и экономической оценки (the Technological and Economic Assessment Panel) Монреальского протокола подготовить специальный отчет о вариантах ограничения влияния ГФУ на изменение климата.

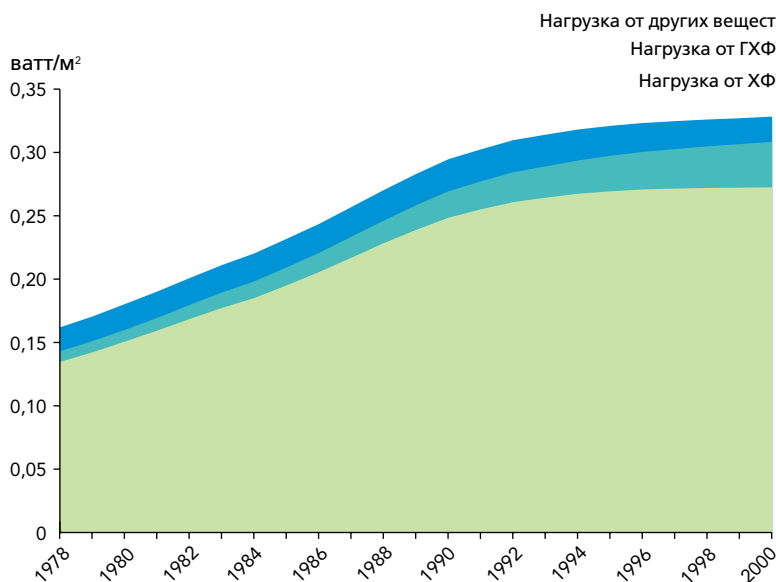
4.2 Производство, сбыт и потребление озоноразрушающих веществ в Европе

Производство ХФУ, четыреххлористого углерода, метилхлороформа и галонов в Европе значительно снизилось в 1989–1999 гг., в то время как производство ГХФУ росло (рис. 4.2 и 4.3). Сбыт и потребление всех ОРВ показывает аналогичную картину (рис. 4.4). Общее снижение производства и сбыта ОРВ является прямым результатом Монреальского протокола и законодательных действий ЕС, а также участвующих стран. Производство галонов запрещено в ЕС с 1994 г., а производство ХФУ, четыреххлористого углерода и метилхлороформа с 1995 г. До сих пор разрешено ограниченное производство и применение некоторых соединений (главным образом ХФУ) для определенных важных целей, например, для дозирующих ингаляторов в медицинских целях и для удовлетворения основных потребностей развивающихся стран. Сбыт галонов в развивающиеся страны привел к увеличению их производства в 1997 г. ГХФУ и метилбромид могут пока производиться и продаваться в ЕС в рамках обязательных ограничений.

Производство ОРВ в Западной Европе колеблется от 20% до 30% глобального производства в 1996–99 гг. Во всех странах

Рисунок 4.2.

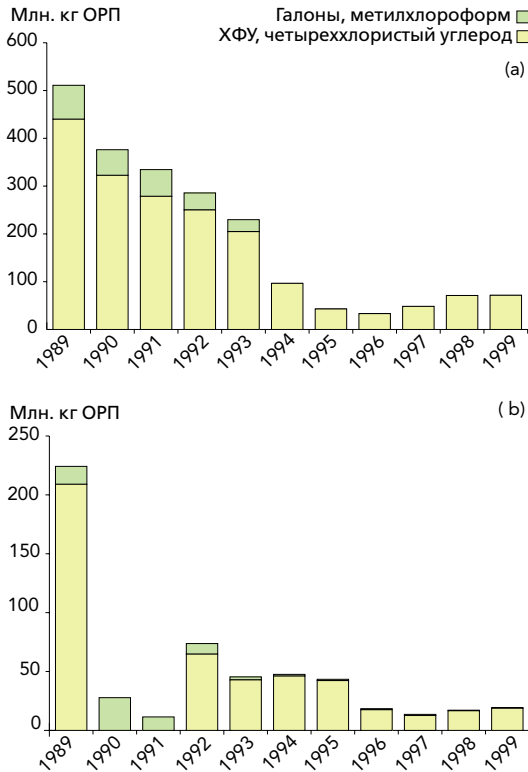
Радиационная нагрузка от озоноразрушающих веществ на глобальном уровне



Источник: RIVM

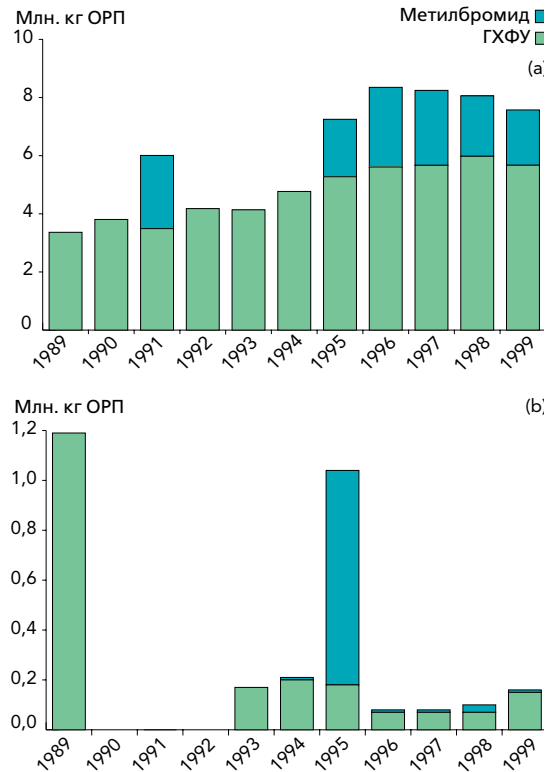
Производство озоноразрушающих ХФУ, четыреххлористого углерода, метилхлороформа и галонов в Западной Европе (а) и странах ВЕКЦА (b)

Рисунок 4.3.



Производство ГХФУ и метилбромида в Западной Европе (а), Центральной и Восточной Европе и странах ВЕКЦА (b)

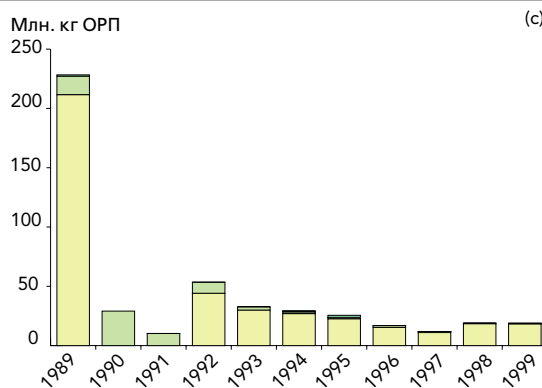
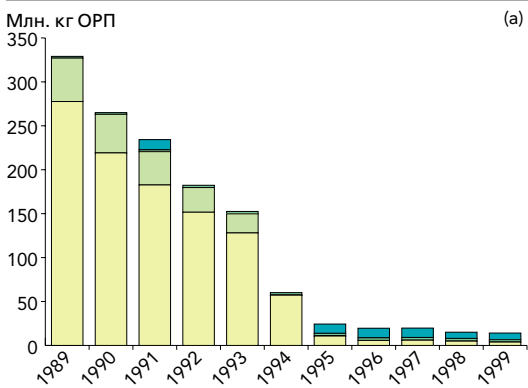
Рисунок 4.4.



Примечание. Производство определяется как фактическое производство в ЕС для использования, приводящего к распространению в окружающей среде, исключая при этом импорт, производство для применения в качестве сырья для производства других химикатов, и бывший в употреблении материал, который регенерирован или повторно использован. Производственные данные взвешивались с учетом озоноразрушающего потенциала (ОРП). Некоторые данные отсутствуют, так как в определенные годы страны предоставляли данные только по ГХФУ и метилбромиду.
Источник: European Commission, 1999; UNEP, 1998

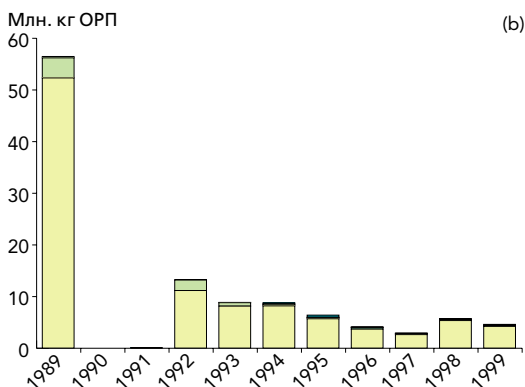
Сбыт озоноразрушающих веществ в западной части Европы (а) и потребление в центральных и восточных областях Европы (b) и странах ВЕКЦА (с).

Рисунок 4.5



Примечание. ЕС публикует данные по сбыту, а UNEP – по потреблению. В данном случае они считаются эквивалентными. Данные взвешивались с учетом озоноразрушающего потенциала (ОРП). Некоторые данные отсутствуют, так как в определенные годы страны предоставляли данные только по ГХФУ и метилбромиду.

Источник: European Commission, 1999; UNEP, 1998



■ Метилбромид
 ■ Общее количество ГХФУ
 ■ Общее количество галонов
 ■ Общее количество ХФУ, четыреххлористого углерода, метилхлороформа

Западной Европы использование ОРВ снижается быстрее, чем этого требует Монреальский протокол.

Глобальное производство и выбросы ОРВ также существенно снизились. Тем не менее, существующее оборудование и изделия продолжают содержать большие количества ХФУ и галонов, образуя выбросы при высвобождении этих газов. Выбросы ОРВ могут происходить в течение нескольких месяцев после производства, например, в ходе производства поропласта с открытыми порами или через несколько лет, например, из холодильников, пенопласта с закрытыми порами и огнетушителей.

Нелегальное производство и поставки ОРВ оцениваются в размере 10% глобального производства в 1995 г. Эти нелегальные действия могут замедлить восстановление озонового слоя на несколько лет.



Производство озоноразрушающих веществ в Западной Европе сократилось почти на 90%. Однако производство гидрофторуглеродов с низким озоноразрушающим потенциалом, но сильным влиянием на глобальное потепление, продолжает расти.

4.3 Ссылки

EEA (European Environment Agency), 1999. *Environment in the European Union at the turn of the century*. EEA, Copenhagen

European Commission, 1999. *Statistical factsheet – ozone-depleting substances*. European Commission, Brussels.

UNEP, 1998. *Production and consumption of ozone-depleting substances 1986-1996*. UNEP United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

WMO, 1999. *Scientific assessment of ozone depletion: 1998*. Global Ozone Research and Monitoring Project – Report 44. World Meteorological Organization, Geneva.

WMO, 2003. *Scientific assessment of ozone depletion: 2002*. Global Ozone Research and Monitoring Project. World Meteorological Organization, Geneva. (In press.).