**Разрушение озонового слоя: причины и последствия**

Озоновый слой — это часть стратосферы Земли, поглощающая избыток ультрафиолетового излучения. Но эта защита не безупречна.

**Причины разрушения озонового слоя**

Озоновую дыру впервые обнаружили в 1985 году над Антарктидой. Она появлялась весной, а когда ветры начинали дуть в другом направлении, заполнялась молекулами O3 из соседних участков атмосферы. Но даже в этот период проблема не исчезала, так как края дыры постепенно истончались и теряли способность эффективно сдерживать ультрафиолетовое излучение.

Научные исследования подтвердили, что озоновый слой повреждается из-за использования химикатов, содержащих хлор и бром. Их также называют озоноразрушающими веществами (ОРВ). Широкое использование ОРВ объяснялось их нетоксичностью и стабильностью. Но именно стабильность этих веществ оказалась губительной для экологии.

ОРВ поднимаются до уровня стратосферы и задерживаются там, распадаясь под воздействием УФ-лучей. Этот процесс сопровождается выделением хлора и брома, расщепляющих молекулы O3 на атомы. ОРВ способны накапливаться в атмосфере. Значительная часть веществ, использовавшихся человеком в течение последних нескольких десятков лет, все еще оказывает разрушающее воздействие на озоновый слой. Так, доказано, что молекула хлора покидает атмосферу нашей планеты лишь спустя 75-111 лет.

Истончение озонового слоя, в борьбе с которым с 1980-х годов были достигнуты значительные успехи, усиливается из-за глобального потепления. В 2019 году в районе Арктики образовалась озоновая дыра, площадь которой втрое больше территории Гренландии. Ее появление связано не только с выбросами химикатов, но и с изменением климата. Из-за ослабления действия полярных вихрей в районе Северного полюса скопились массы охлажденного воздуха. Их объем был больше, чем в 1937 году, когда зима была рекордно холодной. Это привело к образованию стратосферных облаков, удерживающих вредные вещества вблизи озоносферы.

**Что разрушает озоновый слой**

80% повреждений озоносферы связано с использованием ОРВ. К ним относятся:

* Хлорфторуглероды (ХФУ). Используются при производстве аэрозолей, пен, растворителей, хладагентов для кондиционеров, холодильного оборудования, веществ для стерилизации хирургических инструментов.
* Тетрахлорметан. Это сырье для медикаментов и сельскохозяйственных химикатов, растворитель смол, жиров, каучука и других веществ. Также тетрахлорметан необходим для получения фреонов.
* Бромистый метил. Применяется в пищевой и сельскохозяйственной промышленности. Позволяет бороться с бактериями, грибками, насекомыми, грызунами и поражающими растения вирусами.

Для сохранения озонового слоя эти вещества заменяют аналогами, не оказывающими разрушительного воздействия на молекулы O3. Например, альтернативой галонам служат инертные газы, галоидоуглеводороды, потоковые агенты, водяной туман, тонкодисперсные частицы аэрозолей.

**Последствия, к которым приводит нарушение озонового слоя**

Озон — это одна из самых важных составляющих земной атмосферы. Он поглощает ультрафиолетовое излучение солнца, высокие дозы которого губительны для всего живого. Под воздействием УФ-лучей нарушается зрение, снижается способность организма сопротивляться инфекциям. Люди чаще страдают от аллергических реакций, онкологии, преждевременного старения, кожных заболеваний, неврозов. Так, среднегодовой прирост заболеваемости меланомой — наиболее опасной формой рака кожи — в России составляет 3,9%, в США — 6%. При этом 86% случаев этой патологии связано с воздействием УФ-лучей.

Кроме того, ультрафиолетовые лучи подавляют процесс фотосинтеза растений. А токсичные сине-зеленые водоросли, наоборот, под их воздействием начинают активно развиваться, ухудшая условия жизни обитателей водоемов. Излучение способно поражать икру и мальков рыб, а также устриц, крабов и других мелких животных. Рыболовство поставляет около 20% белка, потребляемого в мире, поэтому обеспечение человечества продовольствием находится под угрозой.

Проблема озонового слоя отражается и на плодородии почв. В верхнем слое грунта обитают цианобактерии. Они синтезируют органические вещества, необходимые для роста растений, и участвуют в процессе самоочищения почвы от загрязнений. Ультрафиолетовое излучение нарушает эти процессы, блокируя действие фермента нитрогеназы, необходимого бактериям для преобразования атмосферного азота в удобрение.

Еще одна важная роль озона для биосферы — поддержание нужной концентрации кислорода в воздухе. Молекулы O3 динамичны и могут перемещаться в разных направлениях. Когда озон выходит за пределы защитного экрана, его замещает кислород.

**Истощение озонового слоя: пути решения**

В 1977 году в Вашингтоне представители 32 государств разработали первый план действий по защите озоносферы. В итоге в США, Норвегии, Швеции и Канаде запретили использование аэрозолей с хлорфторуглеродами. Но решение проблемы озонового слоя требовало более глобальных действий.

22 мая 1985 года члены ООН сделали следующий шаг на пути к защите земной атмосферы, приняв Венскую конвенцию об охране озонового слоя. Это экологическое соглашение вступило в силу в 1988 году. Оно послужило стимулом для международных усилий по снижению концентрации ОРВ, но не поставило перед участниками конкретные цели. Конвенцию ратифицировали 120 стран и ЕЭС — Европейское экономическое сообщество, состоявшее из 12 государств и существовавшее с 1957-го по 1993 год. Советский Союз присоединился к конвенции в 1986-м.

16 сентября 1987 года был принят Монреальский протокол по озоноразрушающим веществам. Документ подписали представители 46 стран, в том числе Советского Союза. В 1994 году ООН провозгласила дату заключения этого договора Международным днем охраны озонового слоя.

К 2011 году государства-участники Монреальского протокола сократили объем использования веществ из утвержденного перечня на 98%. По данным NASA, озоновая дыра над Антарктидой с 1980-х годов постепенно затягивается. Правда, при низких температурах ее границы временно расширяются, так как часть вредных веществ еще не покинула атмосферу. Прогнозируется, что к 2040 году концентрация ОРВ в воздухе снизится настолько, что погодные условия больше не будут влиять на разрушение O3.

**Борьба с озоновыми дырами продолжается**

В октябре 2016 года сторонами Монреальского протокола была принята Кигалийская поправка. Она призывает страны поэтапно отказаться от использования гидрофторуглеродов, также называемых сверхпарниковыми газами. Эта мера направлена как на защиту озонового слоя, так и на снижение темпов глобального потепления. В России эта поправка начала действовать с 1 января 2021 года. К 2036 году запланировано сократить использование ГФУ на 85%. Вице-премьер правительства РФ Виктория Абрамченко отметила, что такой плавный переход позволит производствам адаптироваться к использованию альтернативных хладагентов, в том числе природного происхождения.