**Озоновая история**

**ВВЕДЕНИЕ**

Так или иначе, мы оказались в центре широкомасштабного эксперимента по изменению химической структуры стратосферы, хотя мы и не имеем четкого представления о том, какие биологические и метеорологические последствия нас ожидают. ( Ф.Шервуд Роуланд)

Недавно человечество перестало один из очевидных экологических пределов, определяющих существование слоя стратосферного озона, но, вовремя осознав это, отступило назад. История с озоном — оптимистическая история, по крайней мере пока. Она показывает лучшие качества людей и целых стран и одновременно демонстрирует некоторые общие человеческие слабости.

Первыми подняли тревогу об угрозе исчезновения озонового слоя ученые. Они сумели преодолеть политические барьеры и затем сформировать мощные силы для получения достоверной информации. Однако это стало возможным только после того, как им удалось справиться с собственной ограниченностью. Правительства и корпорации сначала действовали очень медленно и неуверенно, но впоследствии некоторые из них стали настоящими лидерами движения. Энвайронменталисты, ранее прозванные «обезумевшими паникерами», на этот раз недооценили проблему.

Организация Объединенных Наций в этой истории показала свою способность к распространению важнейшей информации по всему миру, к обеспечению нейтральной основы и мудрой поддержки, в то время как правительства работали над этой, безусловно, международной проблемой. Страны третьего мира нашли в озоновом кризисе новую возможность действовать в своих собственных интересах, отказавшись сотрудничать, пока им не будет гарантирована техническая и финансовая поддержка этого сотрудничества.

В конце концов народы мира осознали, что они превысили серьезный предел. Под давление здравого смысла они, хоть и неохотно, все-таки согласились прекратить производство этой экономически выгодной и полезной промышленной продукции как хлорфторуглеводород. Это произошло до того, как появилась какая-либо ощутимая опасность для экономики, окружающей среды, человека, до того, как ученые достигли полной уверенности в своих результатах. Возможно, это было сделано как раз вовремя.

**ГЛАВА I**

**1. Рост.**

Хлорфторуглеводороды (ХФУ) принадлежат к числу самых полезных соединений, когда-либо изобретенных человечеством (см. табл.). Они нетоксичны и стойки, не горят, не реагируют с другими веществами, не вызывают коррозии. Благодаря низкой теплопроводности они являются отличными изоляторами в составе пенопластов, используемых при изготовлении стаканчиков для горячих напитков, контейнеров для гамбургеров или утеплителей для стен. Некоторые ХФУ испаряются и повторно конденсируются при комнатной температуре, что делает их прекрасными хладагентами для холодильников и кондиционеров (в этом качестве они известны под названием «фреоны»). ХФУ являются хорошими растворителями для очистки различных металлических поверхностей, от сложных электронных схем до заклепок, соединяющих различные части самолета. ХФУ недороги в производстве, и их можно выбрасывать, как думали раньше, без ущерба для окружающей среды, просто выпустив в виде газов а атмосферу.

Как видно на диаграмме с 1950 по 1975г. объем мирового производства ХФУ ежегодно возрастал на 7-10%, со временем удвоения 10 или менее лет. В 80-х годах мир ежегодно производил около 1 млн.т ХФУ. Только в США ХФУ в качестве хладагентов работали в 10 млн. бытовых и 90 млн. автомобильных кондиционеров, сотнях тысяч охладителей в ресторанах, супермаркетах, авторефрижераторах. Средний житель Северной Америки или Европы имел в своем пользовании 0,85 кг. ХФУ в год. Средний житель Китая или Индии использовал в среднем меньше 0,03 кг ХФУ.2 Увеличение числа химических компаний в Северной Америке, Европе, Советском Союзе и Азии происходило главным образом за счет капиталовложений в производство ХФУ. Для ещё большего числа компаний они были необходимы в производственном процессе.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название соединения | Химическая формула | Потенциал разрушения озона | Область применения | Объем мирового производства в 1985г., т | Время пребывания в атмосфере, лет> |
| CFC-011  CFC-012  CFC-013  CFC-114  CFC-115  Галон 1301  Галон 1211  HCFC-22  Метилхлороформ  Четыреххлористый углерод | CFCl3  CF2Cl2  CCl3CF3  CClF2CClF2  CClF2CF2  CBrF3  CClBrF2  CHClF2  CH3CCl3  CCl4 | 1,0  0,9 - 1,0  0,8 - 0,9  0,7 - 1,0  0,4 - 0,6  10 - 13,2  2,2 - 3  0,005  0,15  1,2 | Искусственное охлаждение, аэрозоли, пены.  Искусственное охлаждение, аэрозоли, пены, стерилизация, замораживание пищевых продуктов, термодатчики, устройства аварийной сигнализации, косметические препараты, пенообразующие вещества.  Растворители, косметические препараты.  Искусственное охлаждение.  Искусственное охлаждение, коагулянты грязи.  Огнетушители.  Огнетушители.  Искусственное охлаждение, аэрозоли, пены, огнетушители.  Растворители.  Растворители. | 298000  438000  138500  2600  2600  81200  499500  71200 | 65 - 75  100 - 140  100 - 134  300  500  110  15  16 - 20  5,5 - 10  50 - 69 |

Производство двух наиболее широко применяемых ХФУ быстро росло вплоть до 1974г., когда появились первые статьи, объясняющие влияние этих веществ на озоновый слой. Последующее сокращение производства ХФУ произошло в результате активных выступлений защитников окружающей среды против использования аэрозольных баллончиков, содержащих ХФУ. В США их производство было окончательно запрещено в 1978г. Начиная с 1982г. расширение других областей применения ХФУ снова привело к росту их мирового производства.

Источник: Chemical Manufacturers Association

**2.Предел.**

Далеко в стратосфере, на высоте, в 2 раза превышающей высоту Эвереста или высоту полета реактивных самолетов, находится тончайшая вуаль, выполняющая важнейшие функции. Она состоит из газа, называемого озоном, в молекуле которого соединены вместе 3 атома кислорода ( О3), в отличие от обычной молекулы кислорода, в которой имеются лишь 2 атома кислорода (О2). Озон нестабилен. Он обладает такой реакционной способностью, что активно взаимодействует и окисляет практически все, с чем сталкивается. Вот почему в нижних слоях атмосферы, заполненных объектами, состоящими из различных веществ, с которыми может реагировать озон, включая ткани растений и легкие человека, он является разрушающим, но недолговечным загрязняющим веществом. В стратосфере, однако, не так много веществ, с которыми могли бы взаимодействовать молекулы озона. К тому же озон образуется под действием солнечной радиации из обычных молекул кислорода и остается в стратосфере в течение довольно длительного времени. Поэтому и образуется озоновый слой.

Озоновый слой богат озоном только по сравнению с небольшим количеством этого газа в других слоях атмосферы. В озоновом слое только одна молекула из 100тыс. Является молекулой озона. Но этого достаточно для того, чтобы стратосферный озон поглощал из потока солнечного света большую часть очень опасного ультрафиолетового (УФ) излучения. Это излучение представляет собой поток крошечных энергетических снарядов с частотой, разрушающей органические молекулы, включая молекулы ДНК — носительницы генетического кода, — благодаря которым существует жизнь на Земле.

Когда живые организмы атакуются такими энергетическими снарядами, одним из возможных результатов является рак. Почти все случаи рака кожи человека проявляются на частях тела, подверженных действию солнечных лучей. Они особенно распространены среди людей, проводящих с незащищенной кожей значительное время на солнце. Наивысший уровень заболеваемости раком кожи отмечается в Австралии: при сегодняшних темпах распространения заболеваний два из каждых трех австралийцев могут заболеть одним из видов рака кожи и каждый шестидесятый — наиболее опасной его разновидностью: злокачественной меланомой. По оценкам ученых, уменьшение толщины озонового слоя на 1% повысит интенсивность УФ-излучения на поверхности Земли на 2%, что увеличит уровень заболеваемости раком кожи у людей на 3-6%.3

УФ-излучение представляет для человека двойную опасность. Оно не только увеличивает возможность заболевания раком кожи, но и подавляет способность иммунной системы сопротивляться онкологическим заболеваниям. Это подавление иммунной системы также делает людей более восприимчивыми, например, к герпесу и другим инфекционными болезнями.

Помимо кожи, другим органом, в большей степени подверженным влиянию УФ-излучения, является глаз. Это излучение может воздействовать на роговую оболочку глаза, создавая условия для возникновения «снежной слепоты», названной так потому, что она часто возникает у горнолыжников и альпинистов. Иногда снежная слепота очень болезненна; ее рецидивы могут постепенно уменьшить остроту зрения. УФ-излучение представляет опасность и для сетчатки, а также вызывает катаракту хрусталика глаза.

Если разрушение озонового слоя позволит большему количеству УФ-лучей достигнуть поверхности Земли, можно ожидать, что их влияние на тех животных, глаза и кожа которых подвергаются воздействию солнечного света, будет аналогично тому, что наблюдается у людей. Детальное изучение влияния УФ-лучей на животных и растения только начинается, но некоторые последствия уже ясны.

• Одноклеточные и микроорганизмы подвержены опасности в большей степени, чем крупные животные, потому что УФ-свет проникает только в поверхностные слои клеток.

• УФ-излучение проникает в глубь океана только на несколько метров, но это тот самый слой, где живет большая часть морских микроорганизмов. Эти небольшие плавучие растения и животные особенно чувствительны к УФ-радиации. Кроме того, они являются основной большинства пищевых цепей в океане. Вот почему увеличение УФ-радиации может нанести значительный ущерб многим популяциям, живущим в океане.

• Облучение ультрафиолетом уменьшает площать поверхности листьев, высоту растений и интенсивность фотосинтеза в зеленых растениях. Различные сельскохозяйственные злаки реагируют на воздействие УФ-излучения по-разному, но у 2/3 изученных злаков снижается урожайность. Например, исследование влияния УФ-света на соевые бобы показало, что разрушение озонового слоя на 1% снижает их урожайность на 1%.4

• Культурные растения, по-видимому, более чувствительны к УФ-излучению, чем дикие.

У живых организмов существует много способов самозащиты от УФ-излучения, например пигментация, шерсть, чешуя, механизм восстановления поврежденных ДНК, поведение, помогающее спрятать чувствительные места от яркого солнечного света. Эти механизмы и приспособления у одних организмов развиты лучше, чем у других. Вот почему результатом разрушения озонового слоя для одних популяций будет уменьшение их численности или вымирание, для других, напротив, увеличение численности. При этом может нарушиться баланс между численностью травоядных и запасами корма, между количеством вредителей и тех, кто их пожирает, или между численностью паразитов и их хозяев. Реакцию каждой экосистемы на истощение озонового слоя невозможно предсказать, особенно если в это же время произойдут другие изменения, например изменение климата.

**ГЛАВА II**

**1.Первые сигналы.**

В 1974г. были опубликованы две научные статьи, которые предупреждали об опасности, угрожающей озоновому слою. В одной статье говорилась, что атомы хлора в стратосфере способны разрушать озоновый слой.5Вторая сообщала, сто ХФУ достигают стратосферы и, разлагаясь, освобождают атомы хлора.6Вместе эти публикации предсказывали, что использование человеком ХФУ может привести к до тех пор неизвестной экологической опасности.

Благодаря стабильности и инертности ХФУ они не растворяются в дождевой воде и не реагируют с другими газами. Связи углерод—фтор и углерод—хлор в этих соединениях столь прочны, что солнечное излучение с той длиной волны, которая достигает нижних слоев атмосферы, не разрушает их. Пожалуй, единственной возможностью для молекул ХФУ «исчезнуть» из атмосферы остается возможность подняться очень высоко, в самые верхние ее слои, туда, где они встретят коротковолновое УФ-излучение, никогда не достигающее земной поверхности, поскольку озоновый и кислородный «фильтры» не пропускают его. Это излучение в конце концов разрывает молекулу ХФУ, освобождая радикал хлора.

Здесь-то и начинается беда. Свободный радикал хлор (CL) может реагировать с молекулой озона, образуя кислород (О2) и оксид хлора (ClO). Затем оксид хлора реагирует с атомом кислорода (О), образуя кислород и снова радикал хлора. Этот радикал может реагировать с новой молекулой озона, образуя кислород и оксид хлора, и т.д.

Один атом хлора может проходить через эту серию реакций снова и снова, разрушая одну молекулу озона за другой. Один атом хлора в среднем может разрушить 100 тыс. Молекул озона до того, как он в конце концов исчезнет из стратосферы. Обычным путем удаления хлора является его реакция с метаном с образованием соляной кислоты (HCl). В этот момент могут наблюдаться два явления: молекула HClлибо разлагается, снова освобождая атом Cl, который продолжает цикл разрушения озона, либо опускается в нижние слои атмосферы, где она обычно растворяется в воде и возвращается на Землю в виде кислого дождя.

Многократная химическая регенерация атома Clпредставляет собой только одну характеристику коварного процесса разрушения озона. Другой является длительный период запаздывания между синтезом молекулы ХФУ и ее появлением в стратосфере. В одних случаях, когда ХФУ используются в качестве аэрозольного реактивного топлива, их распыление в воздухе очень быстро следует за производством. В других случаях, когда ХФУ выступает в роли хладагентов или пенопластов, они могут храниться годами и даже десятилетиями после производства. После того как они попадут в атмосферу, может пройти до пятнадцати лет, пока молекула ХФУ пройдет свой путь от земной поверхности к верхним слоям стратосферы, где она разрушится и прореагирует с озоном. Таким образом, наблюдается результатом действия ХФУ, произведенных и выброшенных в атмосферу 15 или более лет тому назад.

**2.Первый отклик.**

Две статьи, предсказавшие в 1974г. разрушение озонового слоя, положили начало буму исследований в области химии атмосферного хлора во всем мире. В США научная информация моментально проникла и в политическую сферу. Это произошло частично потому, что авторами первых статей были американцы, обеспокоенные судьбой своего открытия. Поэтому они действовали энергично, привлекая к этой проблеме внимание общественности (особенно Ф.Шервуд Роуланд, который незамедлительно передал результаты исследования в Национальную академию наук и Конгресс). Другим фактором, который немедленно вызвал политическую дискуссию а США, было широкое, умело организованно экологическое движение.

Когда американские защитники окружающей среды осознавали последствия связи озона и ХФУ, они приступили к действиям. Началом стало осуждение использования аэрозольных баллончиков. Это безумие, говорили они, угрожать жизни всего мира из-за удобства опрыскать себя дезодорантом. Их выбор аэрозольного баллончика в качестве мишени был огромным упрощением проблемы, поскольку в ряде баллончиков использовались аэрозольные распылители на другой основе, не содержащей ХФУ. Но для того чтобы сделать эту проблему простой и понятной, баллончики были заклеймены, и потребители ответили на призыв. Объем продаж этого вида продукции сократился более чем на 60%. Рост политического давления заставил принять закон, запрещающий производство аэрозолей, содержащих ХФУ.

Со стороны промышленности, как и следовало ожидать, последовало сопротивление такому развитию событий. Представитель компании Du Pontв 1974г. сделал следующее заявление перед конгрессом:»Гипотеза связи хлора с истощением озонового слоя является в настоящее время чисто спекулятивной и не имеет никаких доказательств, чтобы поддерживать ее». Но при этом он добавил: «Если достоверные научные данные... покажут, что любые хлорфторуглеводороды не могут использоваться без вреда для здоровья, Du Pontостановит производство этих соединений». Четырнадцать лет спустя Du Pont, крупнейший в мире производитель ХФУ, выполнил свое обещание.

Закон, запрещающий использование ХФУ в качестве аэрозольных распылителей, был принят в США в 1978г. Совместно с действиями потребителей, которые уже сократили покупку аэрозолей, этот запрет привел к падению мирового производства ХФУ на 25%. В большинстве стран, однако, аэрозольные распылители по-прежнему содержали ХФУ, и в других областях приминения ХФУ, особенно в электронной промышленности, объем их потребления продолжал рости. Тем не менее к середине 80-х годов мировое потребление ХФУ вернулось к уровню 1975г. (см. диограмму).

**ГЛАВА III**

**1.Разрушение: Озоновая дыра.**

В октябре 1984г. ученые Британской антарктической экспедиции (British Antarctic Survey) обнаружили, что содержание озона в стратосфере над станцией Халли-Бей снизилось на 40%. Измерения концентрации озона в течение примерно 10 лет показали, что она непрерывно уменьшается.(см. рисунок.)

Концентрация озона в атмосфере над антарктической станцией Халли-Бей измерялась в октябре, когда в Южном полушарии наступает весна и Солнце возвращается на континент. Снижение концентрации озона наблюдалась на протяжении более чем десятилетнего периода до опубликования в 1985г. статьи, объявившей о существовании озоновой дыры.

Источник: J.C. Farman et al.

Ученые усомнились в достоверности полученных данных. Снижение концентрации на 40% казалось просто немыслимым. Согласно прогнозам компьютерной модели, основанным на данных атмосферной химии, в этот момент уменьшение содержания озона могло составлять максимум несколько процентов.

Британские ученые проверили всю свою контрольно-измерительную аппаратуру и просмотрели все результаты подобного рода измерений, полученные в других частях Земли. Наконец они нашли то, что искали. Вторая исследовательская станция, расположенная приблизительно в 1600 км к северо-западу, также сообщала о небывалом снижении концентрации стратосферного озона.

В мае 1985г. была опубликована историческая статья, объявившая о появлении в Южном полушарии озоновой дыры.7Ученые НАСА (США) тщательно проанализировали данные об атмосферном озоне, полученные спутником Nimbus7. Измерения проводились непрерывно начиная с 1978г. Спутник ни разу не обнаружил озоновой дыры.

Перепроверив все данные, специалисты из НАСА установили, что их компьютер отбрасывал очень низкие значения концентрации озона как ошибку в показаниях приборов. К счастью, все значения, отбракованные компьютером, удалось восстановить. Они показали, что содержание озона над Южным полюсом уменьшается в течение последних 10 лет, подтвердив тем самым наблюдения станции Халли-Бей.

Более того, была получена детальная карта дыра в озоновом слое. Она оказалась огромной, величиной с континентальную часть США, и с каждым годом становилась все глубже.

Почему дыра? Почему над Антарктидой? Что эти данные предвещают с точки зрения Земли от УФ-радиации? В течение нескольких последующих лет была проведена колоссальная работа по решению этой загадки. Одно из наиболее впечатляющих доказательств того, что хлор действительно является агентом, ответственным за появление озоновой дыры, появилось в сентябре 1987г., когда ученые пролетели на самолете из Южной Америки прямо к Южному полюсу, в зону озоновой дыры. Результаты их измерений концентрации озона и ClOпо мере движения самолета показаны на рисунке. Увеличение и уменьшение концентрации озона являются почти точным зеркальным отражением уменьшения и увеличения концентрации ClО.8Более того, концентрация ClOв самой озоновой дыре в сотни раз превышает любой уровень, который можно было бы объяснить с точки зрения атмосферной химии. Это явление часто называют «дымовым ружьем». Даже производители ХФУ убедились в том, что озоновую дыру нельзя считать нормальным явлением. Это свидетельство глубоких изменений в атмосфере, вызванных искусственными хлорсодержащими загрязнителями.

Ученым потребовалось несколько лет, чтобы найти объяснение появлению озоновой дыры. Вкратце оно таково.

Поскольку Антарктида окружена океаном, ветры могут непрерывно циркулировать вокруг континента, на котором нет горных цепей. Во время южной зимы они образуют околополюсный вихрь, воронку из ветров, которая собирает воздух над Антарктидой и удерживает его, не позволяя смешиваться с остальной атмосферой. Этот вихрь служит изолированным «реакционным котлом» для полярных атмосферных химических соединений (он значительно сильнее того, что образуется над Северным полюсом, поэтому северная озоновая дыра проявляется значительно слабее).

Зимой стратосфера над Антарктикой — самое холодное пространство на Земле (температура падает до -90°С). В условиях такого экстремального холода пары воды в виде тумана из слою. Поверхность этих чрезвычайно мелких кристаллов способствует ускорению химических реакций, которые приводят к освобождению хлора, разрушающего озон.. атомы хлора, образующиеся в темноте антарктической зимы, не сразу вступают в цепную реакцию разрушения озона. Они реагируют с озоном, образуя оксид хлора ClO. Радикалы ClOреагируют друг с другом с образованием относительно стабильного димера ClO— ОСl, молекулы которого висят в воздухе, дожидаясь возвращения Солнца.9

Когда наступает антарктическая весна и становится светло, солнечная радиация разрушает димер ClO— ОСl, освобождая чрезвычайно реакционно-способный хлор, который начинает взаимодействовать с озоном. Концентрация озона в течение нескольких недель резко падает. По некоторым оценкам, исчезает более 97% озона.

Вернувшееся солнечное тепло постепенно рассеивает вихрь вокруг полюса, позволяя южному полярному воздуху снова перемешиваться. Обедненный озоном воздух рассеивается по всему земному шару, и уровень озона над Антарктидой становится почти нормальным.

Дыры меньшего размера наблюдаются над Северным полюсом во время арктической весны. Вряд ли следует ожидать, что дискретные озоновые дыры будут найдены где-нибудь еще. Но поскольку газы в атмосфере перемешиваются, концентрация озона в стратосфере над всей планетой зримо уменьшается. Вследствие длительных запаздываний, необходимых, чтобы молекулы ХФУ достигали стратосферы, дальнейшее истощение озонового слоя неизбежно. Из-за долгого времени жизни в атмосфере молекул ХФУ и атомов хлора оно продлится по меньшей мере 100 лет, даже если производство ХФУ будет повсюду немедленно прекращено.

**2.Следующий отклик.**

Существуют некоторые разногласия среди тех, кто был вовлечен в глобальные переговоры о том, стало ли для политиков сообщение об озоновой дыре в 1985г. таким же побуждением к действию, как и для ученых. Хотя в ходе международных переговоров был подготовлен запрет на производство ХФУ, они не достигли большого прогресса. Совещание в Вене, которое состоялось за два дня месяца до опубликования сообщения об озоновой дыре, выработало оптимистическое заключение, что государства должны принять «соответствующие меры» для защиты озонового слоя, но оно не установило никаких сроков и не оговорило никаких санкций. Промышленность отказалась, от поисков заменителей ХФУ, поскольку не было очевидным, что они понадобятся в ближайшее время. В этот момент еще не была установлена определенная связь антарктической озоновой дыры с ХФУ. Эта связь обнаружилась только через 3 года. однако между совещанием в марте 1985г. в Вене, где фактически не было предпринято никаких реальных действий, и в октябре 1987г. в Монреале, где был подписан первый международный протокол о защите озонового слоя, произошел ряд событий. Дыра над Антарктидой произвела большой психологический эффект, может быть, еще больший из-за того, что причина ее появления была непонятна. Не вызывало сомнений, что озоновый слой ведет себя странным образом. И хотя еще не существовало надежных доказательств, все склонялись к тому, что виновниками, по всей видимости, являются ХФУ.

Независимо от наличия или отсутствия доказательств, возможно, ничего бы не произошло, если бы не было ЮНЕП. Она вела и стимулировала международный политический процесс. Ее сотрудники собирали и обрабатывали научные данные, представляли их правительствам, определяли место проведения переговоров на высоком уровне и действовали как посредники. Директор ЮНЕП Мустафа Толба показал себя искусным дипломатом в вопросах защиты окружающей среды, оставаясь нейтральным во многих спорах, возникнувших по пустякам, неустанно напоминая каждому, что ни одно краткосрочное или эгоистическое соображение не является таким же важным, как целостность озонового слоя.

Процесс переговоров не был легким. Ни одно государство никогда ранее не сталкивалось с глобальной экологической проблемой до того, как она была полностью изучена и причинила ощутимый ущерб здоровью людей или экономике. Страны — основные производители ХФУ сыграли известную роль, пытаясь блокировать любые строгие запреты на использование ХФУ.

Судьба важных решений иногда висела на тонкой политической нити. США, например, играли роль сильного лидера, которая несколько раз находилась под ударом из-за глубоких внутренних разногласий а администрации Рейгана. Эти разногласия привлекли внимание общественности, когда была опубликована часть речи министра внутренних дел Д.Ходела, в которой он заявил, что разрушение озонового слоя не повлечет за собой проблем, если люди, выходя на улицу, будут надевать широкополые шляпы и солнцезащитные очки. Международное осмеяние, которому подверглось это заявление, сыграло на руку тем членам администрации США, которые пытались настроить президента на серьезное отношение к озоновой проблеме.

ЮНЕП набирала силу. Давление на правительства Европы и США со стороны экологических групп нарастало. Ученые проводили семинары для обучения журналистов, парламентариев и широкой общественности. Отвечая на давление со всех сторон, национальные правительства на удивление быстро подписали в 1987г. в Монреале Протокол о веществах, разрушающих озоновый слой (Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer). В Монреальском протоколе прежде всего говорилось о том, что мировое производство пяти наиболее широко применяемых ХФУ должно быть заморожено на уровне 1986г. Затем производство должно сократится на 20% к 1993г. и еще на 30% к 1998г. Это соглашение было подписано 36 государствами, включая всех главных производителей ХФУ.

Монреальский протокол явился историческим соглашением. Его выполнение продвинулось значительно дальше, чем могли мечтать защитники окружающей среды в условиях тогдашней политической обстановки. Но вскоре стало ясно, что приведенные в нем темпы сокращения производства ХФУ совершенно недостаточны. На графике показано, что случится с концентрацией разрушающего озон хлора в стратосфере, если его производство останется на уровне 1986г. или будет заморожено в соответствии с Монреальским протоколом. Из-за больших запасов ХФУ, уже произведенных, но еще не использованных и тех, которые уже попали в окружающую среду, но не достигли стратосферы, количество хлора будет постоянно увеличиваться. Даже в случае исполнения монреальских договоренностей концентрация стратосферного хлора неизбежно увеличится вдвое по сравнению с сегодняшним уровнем.

Сохранение объемов производства ХФУ на уровне 1986г. приведет к увеличению концентрации хлора в стратосфере в период с 1950 по 2100г. более чем в 60 раз. Согласно Монреальскому протоколу, объемы выбросов должны быть ниже, хотя допустимый уровень 1980г. Лондонским соглашением установлен запрет на использование ХФУ, вследствие чего, начиная примерно с 2005г., концентрация хлора в стратосфере будет снижаться.

Источники: J.Hoffman et al.; R. E. Benedick.

Причины неэффективности соглашения были понятны. Многие страны третьего мира не подписали протокол. В Китае, например, планировалось оборудовать большинство новых квартир первыми холодильниками собственного производства, а это предполагало резкое увеличение спроса на фреоны. Советский Союз занимался отговорками, утверждая, что пятилетние планирование не позволяет осуществить быстрые реформы в производстве ХФУ. Все это требовало и в конце концов привело к созданию плана медленного, поэтапного уничтожения ХФУ. Однако большинство его производителей все еще надеялись сохранить хотя бы часть своего рынка.

В течении года после подписания Монреальского протокола был отмечен еще больший уровень разрушения озонового слоя. В печати появились доказательства реальности существования «дымового оружия». После этого Du Pontобъявила о полном прекращении производства ХФУ. В 1989г. США и государства Европейского сообщества приняли решение к 2000г., остановить производство пяти наиболее широко применяемых ХФУ. Они призвали все страны мира присоединиться к Монреальсклму протоколу, требуя периодической переоценки состояния озонового слоя и, в случае необходимости, применения более строгих мер.

После дальнейших переговоров, снова проведенных ЮНЕП, в 1990г. правительства 92 стран встретились в Лондоне и пришли к соглашению о полном прекращении производства ХФУ к 2000 году. Они добавили к списку запрещенных веществ метилхлороформ, четыреххлористый углерод и хлорбромуглеводороды, которые также разрушают озон. Несколько стран третьего мира оказались подписывать документ до тех пор, пока не был основан международный фонд, оказывающий техническую поддержку в создании альтернативных химических соединений. После отказа Соединенных Штатов внести свой вклад в этот фонд соглашение оказалось под угрозой, но в конце концов фонд был создан. Снижение уровня стратосферного хлора, ожидаемого после вступления Лондонского соглашения, показано на графике.

**3.Обойдемся без хлорфторуглеводов**

Пока шли дипломатические переговоры, один за другим стали появляться сотни способов снижения выбросов существующих ХФУ и начался поиск альтернативных им веществ.

После запрета на производство ХФУ, принятого в 1978г. в США, производители открыли альтернативные аэрозольные распылители, большинство из которых оказалось дешевле ХФУ. По словам специалиста в области атмосферной химии М.Дж,Молина, «в 1978г., когда США запретили использование ХФУ в качестве распылителей, эксперты предупреждали, что это приведет к увеличению безработицы. Ничего подобного не произошло. В любом случае в мир не может взять на себя ответственность за выбросы ХФУ в окружающую среду».10

Хладагрегаты, содержащиеся в рефрижераторах и кондиционерах, обычно выпускаются в воздух во время ремонта этих агрегатов или по окончании срока их службы. Теперь изобретены способы рекуперации, очистки и повторного использования этих хладагентов. Некоторые хладагенты , способные заменить ХФУ, были известны давно (они применялись до того, как были синтезированы ХФУ), ведется поиск и других заменителей.

Электронные и авиакосмические компании разработали альтернативные растворители для очистки электронных плат и деталей самолетов. Они также по-новому организовали производственные процессы, что исключило многочисленные промывки и принесло значительный экономический эффект. Несколько фирм США и Японии организовали коалицию по безвозмездному распространению результатов своих исследований среди производителей электронной продукции во всем мире, тем самым помогая им отказываться от использования хлорфторуглеводородистых растворителей.11

Химические компании идут по пути синтеза гидрогенерированных ХФУ (их способность разрушать озоновый слой составляет лишь 2 —10%) и получения других, совершенно новых веществ, которые могут заменить ХФУ в специальных областях.

Используемый для изоляции пенопласт выдувается теперь другими газами; гамбургеры пакуются в бумагу или картон; потребители вернулись к керамическим кофейным чашкам вместо одноразовых пластиковых стаканчиков.

Оказалось, что мир может обойтись без ХФУ. Промышленность приспосабливается к полному отказу от этих важных химических соединений со значительно меньшими затратами и экономическими потерями, чем кто-либо предполагал, когда начались международные переговоры. Поскольку ХФУ входит в число газов, вызывающих парниковый эффект, и действуют в тысячи раз сильнее, чем диоксид углерода, отказ от них означает уменьшение не только для озонового слоя, но и возможности глобального потепления климата.

Между тем данные о состоянии стратосферы продолжают поступать. Весной 1991г. НАСА сообщил что новое измерения с помощью спутников в Северном полушарии показали: разрушение озонового слоя происходит в два раза быстрее по сравнению с расчетными значениями. В первые в 1991г. снижение уровня озона над населенными районами Северной Америки, Европы и Центральной Азии произошло летом, когда угроза радиации людям и злакам особенно велика. В течении 80-х годов содержание озона в летний период снизилось на 3% в Северном полушарии и на 5% в Южном, что в три раза опережает темпы его истощения в 70-е годы.12А осенью 1991г. озоновая дыра над южным полюсом была как никогда большой.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Каждый может извлечь много уроков из озоновой истории, в зависимости от его темперамента и политических убеждений. Вот выводы которые сделала я.

• Политики могут объединиться на международной основе, чтобы не дать человеческой деятельности выйти за приделы земли.

• Людям и государствам не обязательно становиться святыми для того, чтобы наладить эффективное международное сотрудничество по сложным проблемам. Для начала активных действий не обязательно полное знание предмета или научные доказательства.

• Для решения глобальных проблем вовсе не обязательно создавать «всемирное правительство», но необходимо глобальное научное сотрудничество, глобальная информационная система, международный форум который мог бы вырабатывать специальные соглашения.

• Ученые, технологи, политики, предприниматели и потребители в случае необходимости могут реагировать достаточно быстро, но не моментально.

• Если понимание проблемы не является полным, принятие соглашений в области охраны окружающей среды следует подходить гибко и регулярно их пересматривать. Необходим постоянный мониторинг, позволяющий получать данные о состоянии окружающей среды.

• Все главные действующие лица соглашения по озоновому слою сыграли и будут играть важную роль. Это международный посредник, подобный ЮНЕП; некоторые национальные правительства, готовы взять на себя политическое лидерство; гибкие и ответственные корпорации; ученые, которые могут и хотят взаимодействовать с политиками; оказывающие давление активисты движения в защиту окружающей среды; бдительные потребители, желающие изменить свой выбор в пользу экологически чистой продукции; изобретатели и рационализаторы способные сделать жизнь возможной, комфортабельной и приносящей пользу, пусть даже в рамках некоторых приделов.

Из прочитанной озоновой истории мы, безусловно, увидели все структурные элементы системы, вышедший за пределы и потерпевшей крах: экспоненциальный рост, подверженный разрушению экологический предел и длительное запаздывание ответственных физических и политических действий. С момента появления первых научных статей до подписания Монреальского протокола прошло 13 лет. Пройдет еще 13 лет, прежде чем монреальские решения, усиленные Лондонским соглашением, будут притворены в жизнь. И более столетия потребуется, чтобы атомы хлора исчезли из атмосферы.

Эта история о выходе за пределы, и будем надеяться, что она не станет историей о коллапсе. Это зависит от того, насколько подвержен разрушению и способен к восстановлению озоновый слой, насколько вероятно проявление в будущем неожиданных атмосферных явлений и насколько современной будет реакция человека на них.

**Список литературы**

1. Donella H.Meadows, Dennis L.Meadows, Jorgen Randers “Beyond the Limits”, 1995

2. Arjun Makhijani, Annie Makhijani, and Amanda Bickel, Saving Our Skins: Technical Potential and Policies for the Elimination of Ozone-Depleting Chlorine Compounds( Washington, DC: Environmental Policy Institute and the Institute for Energy and Environmental Research, September 1988), 83.

3. Robin Russell Jones, “Ozone Depletion and Cancer Risk”, The Lancet (22 August 1987),443.

4. Office of Air and Radiation, U.S. Environmental Protection Agency, Assessing the Risks of Trace Gases in the Earth’s Atmosphere, vol VIII (Washington, DC: Government Printing Office, december 1987).

5. Richard S.Stolarski and Ralph J.Cicerone, “Stratospheric Chlorine: A Possible Sink for Ozone”, Canadian Journal of Chemmistry52 (1974).

6. Mario J.Molina and F.Sherwood Rowland, “Stratospheric Sink for Chloroflumethanes: Chlorine Atomic Catalysed Destruction of Ozone”, Nature249 (1974):810.

7. J.C.Farman, B.G.Gardiner, and J.D.Shanklin, “Large Losses of Total Ozon in Antarctica Reveal Seasonal ClO/NO2 Interaction”, Nature315 (1985): 207.

8. J.G.Anderson, W.H. Brune, and M.J.Proffitt, “Ozone Destruction by Chlorine Radicals within the Antarctic Vortex: The Spatial and Temporal Evolution of ClO-O3A

9. Mario J.Molina, «The Antarctic Ozone Hole», Oceanus31 (Summer 1988).

10.Mario J.Molina, «Stratospheric Ozone: Current Concerns» (доклад на: Symposium on Global Environmental Chemistry — Challenges and Initiatives, 198thNational Meeting of the American Chemical Society, September 10-15, 1989, Miami Beach, Florida).

11.The Industrial Coalition for Ozone Layer Protection , 1440 New York Avenue NW, Suite 300, Washington, DC 20005.

12.William K. Stevens, «Summertime Harm to Shield of Ozone Detected over U.S.», New York Times, 23 October 1991,1.

При написании реферата основным источником информации являлась книга № 1, сносок на эту книгу в нем нет. Весь материал без сносок построен при использовании этой книги.