



Программа ООН
по окружающей
среде



Distr.
LIMITED

UNEP/WG.69/6
16 October 1981

RUSSIAN
Original: ENGLISH

Специальная рабочая группа ЮНЕП
экспертов по правовым и техническим
вопросам для разработки глобальной
базовой конвенции об охране озонового
слоя
Стокгольм, 20-29 января 1982 года

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСТОЩЕНИЯ ОЗОнового
СЛОЯ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЙ

Документ составлен

Координационным комитетом ЮНЕП
по озоновому слою

ОЦЕНКА ИСТОЩЕНИЯ ОЗОнового СЛОЯ И ЕГО
ПОСЛЕДСТВИЯ, ОКТЯБРЬ 1981 Г.

НАБЛЮДЕНИЯ ОЗОна

1. Окончательное подтверждение теории истощения озона зависит от обнаружения долговременных изменений как в общем, так и в вертикальном глобальном распределении озона, которое в свою очередь требует непрерывного поступления полных и надежных данных от системы наблюдения за озоном. Измерения с поверхности земли составляют важный элемент этой системы как сами по себе, так и в качестве источника данных об истинных условиях на поверхности для систем наблюдения со спутников, которые позволяют собирать наиболее полную информацию об общем и вертикальном распределении озона. Однако проводить точные измерения озона трудно, анализ результатов носит неопределенный во многих отношениях характер (например, уход нуля-пункта за долгий срок) и связан также с трудностью учета значительных колебаний в природной среде (например, синоптических, сезонных, солнечной радиаций и т.п.).

2. Общее количество озона. За последние 6 лет около пятидесяти озоноспектрофотометров Добсона были отрегулированы и/или сравнены с первичным мировым стандартным прибором в НОАА-Боулдер, Колорадо, США, либо с каким-либо из региональных (вторичных) стандартных приборов. Большая часть данных об озоне, сообщаемых Всемирному центру данных об озоне (ВЦДО) в Торонто, обрабатывается с помощью этих приборов. О важности таких сравнений свидетельствует обнаружение ошибок калибровки, которые в некоторых случаях превышали 7 процентов. Хотя подобные отклонения относятся к показаниям лишь немногих приборов, из них все же явствует, что существуют станции, представляющие данные иногда со значительными погрешностями. Точность расчета глобальных среднегодовых величин по данным исправно работающей сети приборов Добсона определяется в $\pm 1,5\%$. Однако данные сети могут оказаться гораздо менее точными вследствие неопределенности коэффициента поглощения. Был обнаружен также уход нуля-пункта, и поэтому считается необходимым проводить частые сравнения (раз в три или четыре года).

3. Можно еще увеличить количество и повысить качество данных, получаемых с сети измерения общего количества озона с поверхности земли. Территориальное размещение станций неравномерно: около двух третей общего числа станций размещено между 30° и 60° северной широты. Более равномерное распределение, частые проверки приборов и более регулярные наблюдения могли бы значительно сказаться на качестве данных.

4. Примерно одна треть имеющихся наземных станций представляет данные Всемирному центру данных об озоне в Торонто нерегулярно и не может поэтому использоваться для анализа тенденций. Значительная часть (около 20%) станций, сообщающих такие данные на регулярной основе, получает их с помощью фильтрующих приборов более низкого качества. Международная комиссия по озону пришла к заключению, что рабочие характеристики еще одного прибора (спектрофотометр Бруера) удовлетворяют всем требованиям наблюдений и не искажают однородности сети, и поэтому она рекомендовала его для включения в сеть измерения озона в дополнение к некоторым приборам Дюсона или, возможно, для их замены.

5. Вертикальное распределение озона. Согласно подсчетам вероятный процент снижения концентрации озона в высших слоях стратосферы вследствие выделения хлорфторуглеродов (фреонов) в несколько раз превышает соответствующий вероятный процент сокращения общего количества озона. Таким образом, данные об изменениях на этом уровне должны обеспечить наиболее достоверную информацию о нарушениях озонового слоя. Это говорит о настоятельной необходимости получения данных о вертикальном распределении озона.

6. К настоящему времени наибольшее количество данных о вертикальном распределении озона обеспечивается измерениями с поверхности земли методом инверсии. Этот комплект данных особенно полезен для анализа условий в атмосфере на высоте 25-50 км. Однако лишь примерно 12 станций проводят такие измерения на регулярной основе. Недавно был разработан новый многоволновой метод "короткой инверсии", использование которого следует поощрять в широких масштабах. Требуются прямые измерения с помощью шаров-зондов для более детального анализа вертикального распределения озона, изучения его обращения и т.д. Известно, что имеющаяся сеть озоновых зондов недостаточна, поскольку менее 12 станций производят еженедельно зондирование с аэростатов и лишь немногие ведут непрерывный учет уже больше десяти лет. Два раза - в 1970 г. и в 1978/1980 гг. - были проведены международные сравнения действующих озонозондов различных типов. На 1982 год планируется проведение дальнейших такого рода сравнений. Следует приложить усилия для дальнейшего использования и усовершенствования озонозондов наряду с распространением косвенных измерений вертикального распределения озона, например, методом инверсии.

7. Измерения со спутников. За последние годы было разработано несколько приборов для измерения со спутников как всего озонового столба, так и вертикального распределения озона с применением различных экспериментальных методов. Приборы,

использовавшиеся или используемые в настоящее время для измерения:

- i) всего озонового столба, основаны на методах измерения солнечной, обратно рассеянной ультрафиолетовой (ОУФ, СОУФ/ТОМС) и инфракрасной радиации в полосе длин волн 9,6 мкм (TIS, MFR, NIRS-2). Обработанные и признанные обоснованными данные оказались чрезвычайно важными. Наблюдается систематическая разница между почти синхронными наблюдениями УФ-Б и наблюдениями общего количества озона по Добсону, причем последние дают величины в среднем примерно на 7% больше;
- ii) вертикального распределения озона, основаны на тех же исходных методах, что и приборы для измерения всего столба озона, а именно, солнечной, обратно рассеянной ультрафиолетовой (ОУФ, СОУФ) и инфракрасной радиации излучения в полосе длин волн 9,6 мкм (LIRP, LIMC). Кроме того использовался метод солнечной оккультации в видимом спектре (SAGE). В настоящее время данные ОУФ и часть данных СОУФ имеются в наличии; показания других приборов для наблюдения со спутников находятся в процессе проверки и обработки.

8. В будущем системы наблюдения со спутников будут играть все более значительную роль в мониторинге озона. Дополняемые измерениями методом инверсии, они представляют собой наилучший способ раннего обнаружения влияния деятельности человека на озоновый слой в верхних слоях стратосферы. Необходимо и впредь поддерживать существующие системы наблюдения со спутников, принимая при этом меры к повышению точности и надежности измерений.

9. Ракеты-озонзонды. Измерения с помощью ракет необходимы, главным образом, для калибровки приборов спутников. Осуществленные за последнее время примерно 60 запусков для сравнения показаний должны позволить произвести оценку данных, полученных в результате предыдущих запусков ракет-зондов, и расширить наши знания о распределении озона в верхних слоях стратосферы.

10. Глобальная система наблюдения за озоном (ГСНЗ). Тщательная оценка рабочих характеристик различных систем наблюдения за озоном привела к заключению, что можно обеспечить непрерывное поступление надежных данных об общем количестве в вертикальном распределении озона, составляющих связное целое,

путем создания системы наблюдения за озоном, объединяющей системы наблюдения со спутников с сетью исправно работающих наземных станций. Для полной интеграции необходимо ввести повседневную практику сравнения действующих озонзондов с различными разрабатываемыми зондами с целью устранения некоторых остающихся несоответствий в измерениях на высоте 30-35 км.

АНАЛИЗ ДАННЫХ ОБ ОЗОНЕ

11. Выявление тенденций затрудняется сравнительно большой естественной изменчивостью концентрации озона в атмосфере. Согласно данным сети наземных приборов Добсона, с 1965 по 1980 гг. было отмечено несколько периодов повышения и снижения концентрации озона в пределах от одного и до нескольких процентов и продолжительностью в каждом случае в несколько лет. Отмечены признаки возможных колебаний солнечного цикла, которые пока еще трудно определить статистически сколько-нибудь достоверно. Ничто не свидетельствует об общем изменении более чем на 2% общего количества озона в течение периода с 1958 по 1980 год. Более подробные статистические анализы данных 36 отобранных станций Добсона подтверждают это и не указывают на сколько-нибудь значительную со статистической точки зрения тенденцию за период с 1970 по 1979 год.

12. Измерения общего количества озона со спутника Нимбус-4 для наблюдения обратно рассеянной ультрафиолетовой радиации (ОУФ), подвергнутые к настоящему времени анализу за ограниченные периоды, показывают колеблющиеся во времени расхождения с данными сети станции Добсона. Предполагается, что произошло смещение данных в измерениях, произведенных с помощью спутников. Без корректировки этого видимого смещения измерения со спутников указывают на сокращение количества озона за период 1970-74 гг., превышающее на 1% сокращение, обнаруженное сетью станций Добсона. При попытке корректировки с учетом сдвига данные, получаемые со спутников, указывают, что количество озона оставалось в период с 1970 по 1974 год по существу неизменным, тогда как согласно показаниям приборов Добсона оно сократилось почти на 2%. В будущем, благодаря весьма удовлетворительному пространственному охвату системы спутников, надлежащая взаимная калибровка с сетью станций Добсона должна позволить значительно повысить точность глобальных показателей общего количества озона. Согласно произведенной оценке погрешность получаемого таким способом глобального среднемесячного показателя общего количества озона не будет превышать 1%.

13. Потенциальное влияние хлористых углеродов на количество озона должно быть наиболее заметным на высоте около 40 км, на которой фотохимический эффект преобладает над эффектом

перемещения озона. Пока не ясно, насколько реально определенное методом Umkehr (инверсии) увеличение на 10% количества озона на высоте 32–48 км в умеренных широтах северного полушария в период с 1965 по 1970 год (возможно, из-за тенденции к увеличению количества озона в периоды максимальной активности солнечных пятен), и насколько оно объясняется искусственными факторами, т.е. влиянием на метод инверсии введения аэрозолей в атмосферу в период извержения вулкана Агунг (1963 г.) и последующего сокращения их количества. В той же зоне (32–48 км) отмечалось значительное уменьшение (примерно на 4%) количества озона непосредственно вслед за извержением вулкана Фуэго в 1974 году. К 1979/1980 году концентрация озона в этой зоне постепенно достигла величины, отмеченной в 1973/74 году. Изучение данных об озоновом слое на высоте 32–48 км, полученных методом инверсии на 12 станциях в северном полушарии за период с 1970 по 1979 год, свидетельствует о том, что сколько-нибудь статистически значимого изменения обнаружить не удалось. Данные наблюдений со спутников на той же высоте, когда они будут опубликованы, несомненно обеспечат дополнительную информацию, которая требует осторожного анализа.

14. Отмечается расхождение между тенденциями озонового слоя на высоте 16–32 км в умеренных северных широтах, определенными методом инверсии и с помощью озонзондов. Измерения методом инверсии указывают, что количество озона за период с 1970 по 1979 год по существу не изменилось, а данные, полученные с помощью озоновых зондов, говорят о его уменьшении на несколько процентов. Таким образом, определить с уверенностью фактические изменения на этой высоте невозможно.

15. На высоте 2–8 км (тропосфера) озонзондами зарегистрировано увеличение количества озона в период с 1967 по 1980 год в умеренных северных широтах примерно на 20%. Поскольку подобное же увеличение произошло в полярных северных широтах, представляется маловероятным, чтобы это увеличение объяснялось фотохимическим загрязнением тропосферы из местных источников в городах. Таким образом, согласно данным озонзондов, почти полное отсутствие изменений в общем количестве озона за последнее десятилетие объясняется частичной компенсацией возможного сокращения количества озона в стратосфере отмеченным увеличением его в тропосфере.

ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ В ДИНАМИКЕ ОЗОНА

16. Если задаться вопросом о том, насколько точно мы можем установить влияние деятельности человека на изменения в общем количестве озона, то придется признать возможность сравнительно точно определить глобальный показатель общего количества озона, хотя это вовсе не означает, что обнаружение антропогенных факторов не составляет труда. Решающее значение имеет фактор сравнительно больших естественных колебаний общего количества озона. При наличии данных лишь за какие-нибудь 20 лет невозможно с уверенностью определить величину этих естественных колебаний. Следовательно, в настоящее время выделить степень влияния деятельности человека при возможном дополнительном одновременном воздействии положительных и отрицательных факторов разного происхождения нелегко даже с использованием сложных статистических методов.

17. Было отмечено, что изменение в общем количестве озона, определенное недавно в трех исследованиях, состояло, согласно оценке, в статистически незначительном увеличении на 1% за период с 1970 по 1979 год при допущении возможных отклонений в среднем $\pm 1,5\%$. Если исходить из того, что показатель необходимой степени уверенности должен быть не ниже 95%, то анализ данных свидетельствует о их неопределенном характере, обусловливаемом естественными и пространственными колебаниями, а также отклонениями в показаниях приборов. Новейшими статистическими методами установлено, что в настоящее время наименьшее изменение общего количества озона вследствие деятельности человека, начиная с 1970 года, которое можно обнаружить с помощью сети мониторинга Добсона, составляет 2%. Однако, с учетом метеорологических факторов и возможных воздействий и факторов, не выявленных при статистическом анализе, этот порог может достигать и 4%. По мере накопления данных статистический анализ в целях выявления тенденций будет становиться более точным.

ИСТОЧНИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ И УЧАСТКИ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ХЛОРФТОРУГЛЕРОДОВ

18. Согласно оценке Ассоциации химиков-предпринимателей США (КМА) общее мировое производство хлорфторуглеродов (фреонов) 11 и 12 сократилось за период с 1974 по 1980 год всего на 18% - с 851 кт (тыс. метр.тонн) до 696 кт в год. Наибольшая доля этого сокращения приходится на период с 1974 по 1977 год; в истекшем году оно сократилось на 1%. Подробные данные приведены в публикациях КМА. Эти оценки основаны на данных, сообщаемых КМА отдельными предпринимателями с точностью, как предполагается, до 5%, причем еще 8% нужно отнести в счет предполагаемого производства в странах, не представляющих данных КМА. Получение данных от этих стран необходимо для обеспечения большей точности оценок глобального производства.

Соответствующие оценки выделения этих фреонов указывают на его сокращение в период с 1974 по 1980 год с 741 кт до 591 кт.

19. Согласно одним лишь представляющим данные предприятиям, общее годовое использование фреонов в производстве аэрозолей и пенопласта с открытыми порами (немедленный выход в атмосферу) в период с 1974 по 1980 год сократилось с 610 кт до 350 кт, а годовое потребление в холодильном деле и производстве пенопласта с закрытыми порами (замедленный выход) в тот же период увеличилось с 203 кт до 290 кт. Отмечается, что в конечном счете сокращение использования фреонов в производстве аэрозолей сопровождалось бы ростом их использования в иных целях. Это говорит о необходимости контролировать все виды использования фреонов 11 и 12.

20. При оценке истощения озона, вызываемого фреоном 11 и фреоном 12 в нынешних моделях учитывается разрушение этих веществ только в стратосфере. Присутствие разрушающего механизма в тропосфере привело бы к сокращению их общего срока жизни и к соответствующему сокращению предполагаемого истощения озона в установившихся условиях при дальнейшем выделении фреонов неизменными темпами.

21. Измерения содержания фреона 11 и фреона 12 в атмосфере выявили непрерывное повышение этой концентрации во всей тропосфере на протяжении прошедшего десятилетия. В принципе, такие измерения, при условии проведения их вместе с данными о выделении в атмосферу, могут использоваться для определения срока жизни фреона 11 и фреона 12 в атмосфере и выяснения того, существуют ли в тропосфере участки поглощения значительных количеств этих веществ. В районах удаленных от крупных источников фреонов, сооружена сеть пяти измерительных станций для получения долгосрочных данных по фреону 11 и фреону 12 (наряду с четыреххлористыми соединениями, метилхлороформом, фреоном 113 и закисью азота) с использованием обычной калибровки, с конкретной целью установить сроки жизни данных веществ в атмосфере. Хотя эта цель должна быть достигнута в ближайшие годы, все же и в дальнейшем будет необходимо располагать сетью сравнимого качества для мониторинга фреонов 11 и 12, равно как и других хлористых углеродов, в течение гораздо более длительного периода, с тем чтобы обеспечивать автономную проверку данных о выделении этих веществ. Кроме того продолжают поиски прямых доказательств существования определенных участков исчезновения фреонов в тропосфере. Имеющаяся в настоящее время информация недостаточна для надлежащей ее оценки.

22. В настоящее время ни одна организация не собирает данных об общем производстве галоидоуглеводородов, помимо фреонов 11 и 12, которые могут оказывать воздействия на озоновый слой. Имеются более ограниченные данные о содержании данных соединений в атмосфере, из которых наиболее важное значение имеют метилхлороформ (CH_3CCl_3), четыреххлористый углерод (CCl_4) и фреон 113 ($\text{CCl}_2\text{F CClF}_2$), однако имеется целый ряд других веществ, которые необходимо подвергнуть подробному исследованию. Исходя из приблизительных оценок текущего производства этих веществ, можно считать, что в установившихся условиях они вызовут дополнительное истощение озонового слоя в объеме, равном одной трети объема его истощения под воздействием фреона 11 и фреона 12. Вместе с тем, за последнее время производство метилхлороформа и некоторых других веществ значительно возросло и наблюдается соответствующее повышение их содержание в атмосфере, хотя об этом имеются лишь отрывочные данные. Если этот рост будет продолжаться при неизменных или снижающихся темпах производства фреонов 11 и 12, то когда-нибудь в будущем эти другие соединения могут приобрести столь же важное значение, что и фреоны 11 и 12. Таким образом, налицо явная необходимость собирать данные об общем их выделении и расширить практику измерения их концентрации в атмосфере.

ФОТОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АТМОСФЕРЕ

23. За последние годы наблюдается значительный прогресс в лабораторном измерении скорости реакций различных сечений и первичного квантового выхода для атмосферного моделирования. Однако ряд проблем остается нерешенным, от небольших расхождений в результатах, получаемых различными лабораториями по одному и тому же параметру, вплоть до возможного опущения существенно важных процессов в фотохимической модели. Ниже делается упор на процессы, которые еще точно не определены и в отношении которых расчеты нарушений озонового слоя имеют особенно важное значение, в отличие от подавляющего большинства процессов, в отношении которых массивы данных представляются в настоящее время прочно установленными. В настоящее время все большее значение придается усвоению механизмов реакций во всем диапазоне атмосферных температур и давлений, поскольку частичное давление других газов, таких как водяной пар или кислород, может иногда воздействовать на скорость реакций, а некоторые реакции могут проходить различными путями.

24. Глобальная тропосфера химически сложна, важную роль в ней играют как однородные, так и разнородные (например, выпадение осадков) процессы. Значительно расширились знания о сопряженности систем углерод/азот/водород/кислород и о механизмах

окисления углеводородов, которые играют жизненно важную роль в регулировании содержания гидроксильных радикалов в тропосфере. Это является большим шагом вперед, поскольку гидроксильный радикал играет центральную роль в фотохимическом регулировании озона в тропосфере и содержании в ней таких газов как CH_3Cl и CH_3CCl_3 . Что касается фотохимии хлора в стратосфере (т.е. связанной системы кислород/азот/водород/хлор), следует подчеркнуть, что основная формулировка не отличается от предложенной первоначально Роуландом и Молина в 1974 году, согласно которой нет определенных каталитических циклов, включающих хлорированные вещества и приводящих, как предполагается, к образованию несвязанного кислорода. Многочисленные изменения, введенные в оценки скорости некоторых реакций, относятся главным образом к временным источникам, таким как COCl , NO_2NO_2 , HNO_3 , ClONO_2 . Это изменило наши понятия о низших слоях стратосферы, но не наше основное представление о роли ClO_x в зонах выше 30 км, где преобладают фотохимические факторы, а временные скопления таких веществ как NOCl ClONO_2 играют гораздо менее значительную роль. Ниже различные группы химических веществ рассматриваются отдельно, хотя и признается, что они тесно сопряжены между собой.

25. Реакции, дающие несвязанный кислород (O_x). Основные фотохимические процессы, касающиеся только групп O_x , считаются в настоящее время хорошо освоенными. Еще отмечаются малозначительные неопределенности в отношении некоторых процессов, но они не создают больших проблем для моделирования стратосферы.

26. Реакции, дающие несвязанный водород (HO_x). Скорость реакций, обуславливающих количество и разграничение радикалов несвязанного водорода (OH и HO_2), должна определяться с большой точностью ввиду центральной роли гидроксильного радикала в регулировании каталитической активности NO_x и ClO_x . К сожалению, именно в этой категории реакций наблюдаются некоторые из наиболее значительных неопределенностей и наибольших колебаний, отмеченных за последнее время. До последнего времени предполагалось, что большинство простых реакций OH хорошо известны, но недавно проведенная работа над $\text{OH} + \text{H}_2\text{O}_2$ и $\text{OH} + \text{HNO}_3$ опровергло это предположение. Как указывалось в последнем докладе, в прошлом году были изучены ключевые реакции $\text{OH} + \text{HNO}_3$, $\text{OH} + \text{HO}_2\text{NO}_2$, $\text{OH} + \text{HO}_2$ и были по-новому установлены условия равновесия каталитических химических циклов в низших слоях стратосферы. Понимание реактивности радикала HO_2 все еще является одной из главных задач в области атмосферной фотохимии. Однако при всей важности понимания воздействия водяного пара или реакционной способности HO_2 , важно признать, что такие факторы имеют гораздо большее значение с точки зрения фотохимии тропосферы и низших слоев стратосферы, чем для фотохимии высших слоев стратосферы. Вопрос о зависимости реакций OH

и HO_2 от давления и температуры по-прежнему важен и требует исчерпывающего изучения, тем более, что наблюдается необычная зависимость некоторых реакций ($\text{OH} + \text{CO}$, $\text{HO}_2 + \text{HO}_2$) от давления и других реакций ($\text{HO}_2 + \text{HO}_2$, $\text{HO}_2 + \text{ClO}$, $\text{OH} + \text{HNO}_3$) от температуры.

27. Реакции, дающие несвязанный азот (NO_x). В целом массив данных о скорости реакций, дающих несвязанный радикал NO_x , сравнительно удовлетворителен. Главные проблемы уже указаны в предыдущем разделе (например, процессы, затрагивающие HNO_3 и HO_2NO_2). Снижение концентраций NO_x в низших слоях стратосферы привело к значительному увеличению роли несвязанного азота в этих слоях. Требуется дополнительные исследования процессов, в которых участвуют NO_3 , N_2O_5 но вряд ли они могут сколько-нибудь повлиять на результаты моделирования.

28. Реакции, дающие несвязанный хлор (ClO_x). За последние годы массив данных о скорости реакций, дающих несвязанный радикал ClO_x , значительно улучшился, но остается еще несколько недостаточно изученных областей. Вопрос о том, какие изомеры ClNO_3 образуются при реакциях $\text{ClO} + \text{NO}_2 + \text{M}$ и что именно представляют собой продукты распада этих изомеров, еще не решен. Происшедшие недавно изменения в относительном значении ClO_x в низших слоях стратосферы уменьшили предсказанное в модели влияние фреонов на озон, особенно в низших слоях стратосферы. Полученные в прошлом году результаты определения зависимости образования HOCl от температуры и сечения поглощения HOCl , наряду с отмеченным недавно снижением предполагаемых концентраций NO_x в низших слоях стратосферы сильно уменьшили значение, придаваемое HOCl .

29. Реакции, дающие несвязанный бром (BrO_x). Снижение ClO_x в низших слоях стратосферы практически устраняет всякое потенциальное воздействие BrO_x на химию озона при существующих его концентрациях в стратосфере.

СОСТОЯНИЕ МОДЕЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

30. Большинство прогнозов истощения озона в стратосфере вследствие деятельности человека по-прежнему основываются на одномерных (1-D) моделях. Внимание все еще сосредотачивается, главным образом, на влиянии продолжающегося выделения фреонов 11 и 12, хотя на содержание озона в стратосфере в течение подобного же периода могут воздействовать и многие другие факторы. Без учета остальных потенциальных изменений, по текущим прогнозам воздействие продолжающегося выделения фреонов 11 и 12 темпами 1977 года вызывает сокращение количества озона при устойчивых состояниях* примерно на 5-10 процентов по сравнению с сокращением на 10 процентов, указанным на сессии Координационного комитета ЮНЕП по озоновому слою в ноябре 1980 года. Это занижение объясняется в основном корректировкой скорости упомянутых выше реакций NO_x . Приведенный выше диапазон процентных значений отражает лишь неопределенность наших понятий о химии NO_x в количественном отношении и параметризации перемещений NO_x в нижних слоях стратосферы. Другие неопределенные факторы, не учтенные непосредственно в данном выше диапазоне, рассматриваются ниже в пунктах 45-50. Оценка истощения озона в настоящее время во всем озоновом столбе, вызываемого одним лишь выделением фреонов 11 и 12, также занижена и составляет менее 1 процента - значение ниже существующего порога обнаружения.

31. Исследования с двухмерными моделями свидетельствуют о вероятности колебаний прогнозируемого истощения озона в зависимости от широты и от времени года. Наибольшее сокращение количества озона наблюдается поздней зимой/ранней весной, а наименьшее - поздним летом/ранней осенью. В больших широтах сокращение значительнее, чем в экваториальной зоне, причем в северном полушарии сокращение в целом несколько больше, чем в южном. Разница между средними показателями сокращения в низких и в высоких широтах качественно

* Хотя термин "устойчивое состояние" в обычном смысле представляет точно определенное математическое понятие, в физике он означает лишь условия в будущем, в которых все относящиеся к делу колебания во времени всех рассматриваемых параметров сведены к очень низкому уровню. Время, требуемое для достижения подобного положения, весьма различно в зависимости от каждой конкретной ситуации (см. пункт 46).

одинакова во всех двухмерных моделях, хотя и неодинакова количественно. Двухмерные модели все еще остаются предметом научных исследований. Указанные широтные и сезонные колебания определяют изменения в интенсивности УФ-Б радиации на поверхности земли по сравнению с глобальными средними результатами, полученными с одномерными моделями. Прогнозы глобальных средних изменений, составленные с двухмерными моделями, в общем соответствуют прогнозам одномерных моделей.

32. Прогнозируемое сокращение количества озона значительно колеблется в зависимости от высоты, причем наибольшее местное сокращение — примерно на 35 процентов — должно иметь место при устойчивых состояниях на высоте примерно 40 км. В настоящее время местное сокращение количества озона на этой высоте оценивается примерно в 4 процента. Недавние изменения в химии NO_x оказывают меньшее влияние на прогноз сокращения количества озона в этой зоне, чем в низших слоях стратосферы, где наблюдается наибольшая концентрация озонного столба.

33. Достоверность разрабатываемых с помощью моделей прогноза условий в стратосфере зависит от правильности и полноты входных данных и их охвата в отношении одновременного воздействия других загрязнителей атмосферы. Нереально рассматривать глобальное сокращение количества озона как результат одного лишь выделения фреонов 11 и 12. Многие другие факторы могут вызвать увеличение или сокращение глобального количества озона, и именно совокупное действие всех таких факторов определит фактические условия в озонном слое. В исчерпывающем исследовании должны учитываться все эти факторы, поскольку они могут взаимодействовать нелинейно, что характерно для очень сопряженной системы. Помимо естественных нарушений, вызываемых, например, молнией, извержением вулканов, космическими лучами, солнечными протонными явлениями, изменениями в глобальном обращении и колебаниями солнечного излучения, необходимо учитывать:

- i) другие искусственные хлористые соединения, такие как метилхлороформ, четыреххлористый углерод и другие хлорфторуглероды (фреон 113, фреон 114, фреон 115 и фреон 22). Определить потенциальное увеличение их выделения в атмосферу — более трудная задача, но согласно произведенным оценкам, если их выделение будет продолжаться нынешними темпами, то истощение озона в установившихся условиях, вызываемое воздействием одних лишь фреонов 11 и 12, может увеличиться на одну треть. Большую часть этого увеличения можно отнести в счет выделения CCl_4 , фреона 113 и метилхлороформа и, в меньшей степени, фреонов 114, 115 и 22;
- ii) увеличение выделения N_2O из почвы вследствие внесения удобрений и изменений в режимах использования земли. Увеличение содержания N_2O в атмосфере приводит к увеличению концентрации NO_x в стратосфере и, следовательно, к уменьшению количества озона. Однако в гипотетическом сценарии удвоения концентрации N_2O при продолжающемся выделении фреонов нынешними темпами итоговый результат не является простой суммой воздействий отдельных факторов. Это объясняется большим числом сочетаний в основных каталитических циклах. С учетом недавних изменений в химии NO_x , сокращение общего количества озона в установившихся условиях под совокупным действием N_2O и фреонов оценивается в 9–17 процентов, под действием только удвоения N_2O в 8–16 процентов, а под влиянием только фреонов 11 и 12 — в 5–10 процентов;
- iii) увеличение содержания в атмосфере двуокиси углерода (CO_2), которое может вызвать увеличение количества озона в стратосфере вследствие понижения температуры в ней. Недавние исследования как с одномерными, так и с двухмерными моделями позволяют предположить, что гипотетический сценарий совокупного действия фреонов и CO_2 приводит к уменьшению общего истощения озона в установившихся условиях до 50–75 процентов истощения, вызываемого только действием фреонов 11 и 12. В этих подсчетах было принято предположение, что при дальнейшем выделении фреонов 11 и 12 темпами 1977 года концентрация CO_2 в атмосфере в конечном итоге удвоится.

Изменения температуры в стратосфере и тропосфере могут также повлиять на содержание H_2O в стратосфере, изменение которого в свою очередь изменит количество NO_x . Однако теоретическая основа для этих предположений слишком неопределенна, чтобы можно было делать точные количественные оценки;

- iv) выбросы в результате полетов самолетов и операций в воздушном пространстве. Недавние изменения в химии NO_x в сторону уменьшения нарушений, вызываемых фреонами, в то же время повлияли на принятое ныне понимание влияния повышения содержания NO_x в стратосфере. Кроме того, выбросы NO_x в результате полетов самолетов дозвуковой скорости, особенно в средних и высоких северных широтах, возможно, значительно увеличили содержание озона в высших слоях тропосферы. Расчеты показывают, что большие авиапарки самолетов, летающих с дозвуковой или сверхзвуковой скоростью в нижних слоях стратосферы, и выше, по-видимому, привели к значительному истощению озонового слоя; при более низких полетах они вызовут некоторое увеличение количества озона. Таким образом, изменение в количестве озона, обуславливаемое исключительно операциями существующих или планируемых воздушных флотов, будет зависеть от размера и высоты операций этих флотов;
- v) увеличение CO и NO_x в результате сгорания. Такие выбросы могут не только увеличить количество озона в тропосфере, но и изменить концентрацию OH в тропосфере. Увеличение выбросов в результате сгорания может, тем самым, воздействовать на выделение CH_3Cl , CH_3CCl_3 и CH_4 в стратосферу. В настоящее время не имеется достаточно подробной информации о химическом балансе тропосферы для проведения количественной оценки;
- vi) проведенные в прошлом ядерные испытания в атмосфере. Хотя имеющиеся результаты моделирования и наблюдений, касающиеся общей тенденции в изменении озонового слоя в 60-х гг., согласуются между собой, вследствие общепризнанных неопределенностей эта видимая согласованность не считается окончательной. Если проведенные в прошлом ядерные испытания оказали значительное воздействие на озоновый слой, то эти прошедшие события могут затруднить анализ ранее собранных данных об озоне с целью выявления влияния возможных других факторов до настоящего времени. Этот вопрос все еще требует своего окончательного решения.

34. В настоящее время мы еще далеки от разработки последовательной и реалистичной стратегии изучения всех нарушений озонового слоя. Это значительно снижает надежность прогнозов изменения количества озона. Тем не менее, следует отметить, если исходить из сценария, в котором учитывается динамика выделения фреонов 11 и 12 до 1980 и предполагается неизменный объем их выделения после этого года, удвоение CO_2 к 2050 году, рост концентрации N_2O на 0,2 процента в год и увеличение парка самолетов дозвуковой скорости в 10 раз за период с 1975 по 1990 гг., который останется неизменным после этого года, то согласно недавним подсчетам общее количество озона в северном полушарии изменится в течение ближайших десятилетий менее чем на 0,5 процента. Предсказывается уменьшение содержания озона в средних широтах на целых 40 процентов на высоте 40 км и увеличение на целых 25 процентов на высоте 10 км в устойчивых состояниях. Это сильное искажение вертикального распределения озона может оказать значительное влияние на климат, которое еще предстоит анализировать.

35. Усовершенствование одномерных моделей быстро приближается к пределу своей полезности. В конструкции двумерных моделей преодолены некоторые трудности и недостатки одномерных моделей и с их помощью получается информация о зависимости изменений количества озона от времени года и широты. Начата работа по учету динамических обратных связей, и это может привести к повышению качества прогнозирования таких изменений. В последнее время имел место ряд теоретических достижений в области двумерного моделирования. До настоящего времени новых практических моделей, основанных на этих теоретических достижениях, не разработано, но перспективы в этой еще недостаточно изученной области представляются обнадеживающими.

СРАВНЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И ИЗМЕРЕНИЙ МИКРОКОМПОНЕНТОВ АТМОСФЕРЫ

36. Первым и до сих пор единственным общим критерием годности любой фотохимической модели является точность, с которой в ней воспроизводится распределение газообразных микрокомпонентов сегодняшней атмосферы. К сожалению, некоторые факторы препятствуют убедительному сравнению прогнозируемого с помощью моделей и фактически измеряемого распределения газообразных следовых микрокомпонентов:

- i) хотя по-прежнему ведется большая работа, имеющиеся данные все еще недостаточны для полной характеристики пространственных и временных колебаний в распределении следовых газообразных микрокомпонентов стратосферы. За исключением озона, по большинству следовых микрокомпонентов имеются лишь отрывочные вертикальные профили, а некоторые важные виды микрокомпонентов вообще еще не измерялись;
- ii) вследствие естественных колебаний, а также, в некоторых случаях, неопределенности результатов опытов, в измеренных величинах, определяющих концентрацию данных компонентов в атмосфере, некоторая погрешность обычно допускается;
- iii) большинство измерений представляет местные и мгновенные концентрации, тогда как с помощью моделей рассчитываются средние концентрации в широком пространстве и за длительный период.

37. Несмотря на такую ограниченность, подобные сравнения представляют собой приемлемый метод проверки, по крайней мере для одномерных моделей, поскольку, в целом, производимые измерения довольно сильно ограничивают диапазон значений концентрации различных газообразных микрокомпонентов, которые могут быть предположительно определены с помощью модели. Использование этих моделей, в общем, оправдало себя в отношении определения среднего вертикального распределения газообразных микрокомпонентов стратосферы. Это особенно относится к некоторым устойчивым газообразным микрокомпонентам, таким как CH_4 , NO_2 , CF_2Cl_2 , H_2 , средние характеристики которых в глобальном масштабе определены удовлетворительным образом с помощью одномерных моделей. С появлением за последнее время профилей видов микрокомпонентов, обнаруженных в различных широтах, могут выявиться более тонкие подробности, которые потребуют анализа с помощью многомерных моделей. Имеющийся массив данных еще недостаточен для обоснования использования таких моделей.

38. Что касается неустойчивых видов, образующихся и разрушаемых в стратосфере, то здесь, в общем, наблюдаются иные условия. В отношении некоторых измеренных видов, таких как O_3 , NO и HCl , результаты, получаемые с помощью моделей, в целом согласуются с фактическими измерениями на рассматриваемой высоте. Недавно внесенные в данные о химии NO_3 коррективы значительно способствовали преодолению ранее возникших трудностей в сравнении данных о NO_2 и ClO в нижних слоях стратосферы. Результаты последующих наблюдений NO в высших слоях стратосферы также гораздо ближе соответствуют прогнозам моделей. Однако понять механизм распределения HNO_3 и ClO в высших слоях стратосферы пока еще трудно.

39. Произведенные недавно измерения легких углеводородов в нижних слоях стратосферы заставили несколько усомниться в точности наших понятий о химическом разграничении различных видов хлористых соединений.

40. В итоге представляется, что существующие модели довольно хорошо воспроизводят большинство характеристик фотохимических процессов в стратосфере, обнаруживаемых путем ограниченных наблюдений. Проявившийся за последнее время интерес к разработке надлежащих методов интерпретации и диагноза при использовании моделей и проведении опытов приведет, как ожидается, к созданию нового типа наблюдений атмосферы, лучше поддающихся прямой интерпретации и позволяющих, следовательно, лучше испытывать надежность моделей, как это недавно имело место, например, при одновременных измерениях NO_3 , O_3 и температуры.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА

41. Поскольку все модели являются лишь приближением к действительности, необходимо, чтобы неопределенные в количественном отношении предположения, на которых основаны принятые приближения, рассматривались наряду с другими легко определяемыми в количественном отношении параметрами. Неопределенности в отношении измеренной интенсивности солнечного излучения, коэффициентов кинетической реакции химических веществ, предельных условий модели, коэффициентов перемещения, распределения источника и других аспектов, в принципе, поддаются оценке. Хотя эти параметры известны с неодинаковой степенью точности, недавний прогресс в области анализа методов и программ измерения говорит о возможности постоянного совершенствования в ближайшие годы. Нынешний анализ моментов неопределенности, присущих предсказаниям по модели, может рассматриваться лишь в качестве наилучших имеющихся в наличии данных. Неопределенность в количественном отношении, такая как возможность упущения определенных химических аспектов в том, что касается соответствия или несоответствия формул переноса в одно-, двух- и трехмерных моделях, дневных, сезонных и пространственных усредняющих процедур для нелинейных взаимодействий, соответствия или несоответствия процедур утверждения моделей, должна неизбежно оцениваться на субъективной отчасти основе.

42. Существующие мнения относительно способности моделей дать представление о нынешнем состоянии атмосферы и предсказать потенциальные изменения обнаруживают значительный разброс, начиная с очень твердой уверенности, основанной на положительных результатах, обсужденных в предыдущих разделах, и кончая серьезными оговорками, основанными на все еще неопределенных в количественном отношении неопределенностях. Субъективный элемент толкования предсказаний в рамках моделей, по всей вероятности, будет сохраняться и в дальнейшем.

43. Взаимодополняющая связь между одно-, двух- и трехмерными моделями широко признана, и последние данные поддерживают эту точку зрения. Последние результаты, полученные на основе двухмерных моделей по изучению нарушений состояния озонового слоя стратосферы, служат основой разработки концепции различий сезонных и широтных изменений в озоновом слое, однако они не вносят значительных изменений в глобальные средние предсказания, основанные на одномерных моделях. Кроме того, многомерные модели указали на новые сопряженные процессы, особенно в стратосфере, которые не могли быть изучены на одномерных моделях.

44. Трудности утверждения одномерных моделей сохраняются и в случае двухмерных моделей. Это вызвало новый интерес к повторному исследованию вопроса о том, были ли включены в эту модель основные химические процессы в нижней стратосфере. Происходящие ныне изменения могут повлиять на осуществляемые с помощью моделей предсказания о влиянии хлорфторуглеродов в плане количественном, но не в качественном, т.е. повышение ХФУ ведет к уменьшению суммарного озона.

45. Два основных аспекта, сделанных с помощью предсказаний моделей, а именно, о прошлой эволюции и краткосрочной тенденции и об изменениях озона в устойчивых состояниях, по-разному реагируют на вводимые в модель параметры. При анализе возможных тенденций неопределенность, главным образом, заложена в параметрах перемещения. В то же время в отношении постоянных изменений состояния дополнительную озабоченность вызывает неопределенность будущего состояния атмосферы. Заинтересованность в последнее время исследователей в сопряженных нарушениях, вызываемых целым рядом причин, привела к широкому признанию степени сложности этой проблемы. Для отображения действительности, будь-то в прошлом или будущем, отдельных изолированных моделей необходимо уделять все большее внимание оценке наиболее вероятных сопряженных моделей, исходя из учета глобального развития экономики и культуры. Только предсказания, основанные на таких моделях, могут использоваться для сопоставления с наблюдениями озона для испытания теории химии озонового слоя.

46. Нынешнее понимание химии и обращения озона в стратосфере по-прежнему указывает на принцип продолжающихся последствий прошлых выбросов, выражающихся в пертурбации озонового слоя в стратосфере. Более конкретно это означает, что если бы были приняты меры противодействия по обнаружении определенных изменений в озоновом слое, вышеуказанные последствия скорее всего сохранились бы в течение десятилетий до того, как они были бы компенсированы. Далее, вследствие сложности сочетаний многочисленных воздействий, приводящих к пертурбациям, трудно обеспечить общее руководство в области оценки возможных нарушающих озоновый слой эффектов и их продолжительности. Продолжительность таких эффектов может колебаться от нескольких лет (пертурбации в результате выделения NO_x самолетами) до нескольких десятилетий (пертурбации в результате выделения фреонов) и до столетий (пертурбации в результате выделения CO_2 и N_2O). Такая оценка масштабов и продолжительности должна производиться для каждого конкретного случая по соответствующей модели.

47. Снижение содержания озона в атмосфере приводит к увеличению проникновения на поверхность земли вредоносной коротковолновой ультрафиолетовой радиации УФ-Б*. Это увеличение нелинейно и в высокой степени зависит от длины волны; оно тем более резко, чем короче волны солнечного излучения. В большинстве спектров действия, рассматриваемых при изучении биологических последствий ультрафиолетового излучения, например его воздействия на ДНК, вызываемых им реакций в виде эритемы или реакций растений, указывают, что эффективность фотонов 290 нм приблизительно на 4 порядка выше, чем эффективность фотонов 320 нм. Поэтому важно рассматривать поток радиации в каждой полосе длин волн всего спектра УФ-Б.

48. Разработаны модели, которые позволяют взвешивать в количественном отношении увеличение облучения УФ-Б в различных спектрах действия, принимая во внимание колебания толщины озонового столба, угла падения солнечных лучей, толщину аэрозоля и альбедо поверхности. Процентное изменение суточной дозы эффективной УФ-Б радиации в результате изменения толщины озонового столба на 1 процент определяется как фактор усиления радиации. Данные указывает на то, что в целом для спектров биологического действия, широко используемых фотобиологами, этот фактор усиления радиации колеблется в пределах приблизительно 1,60 и 3 в большинстве широт и сезонов, причем наиболее высокий показатель отмечается в районах, близких к полюсам.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

49. Если произойдет истощение озона в атмосфере, облучение УФ-Б возрастет во всех районах мира. Это может оказать биологическое воздействие на растения, животных и человека. Поэтому необходимо определить биологические последствия, которых следует ожидать, и по возможности, провести количественную оценку этих последствий, особенно в отношении сельскохозяйственного производства, рыболовства и здоровья человека.

* УФ-Б - ультрафиолетовая радиация от 280 до 315 нм.
УФ-А - ультрафиолетовая радиация от 315 до 380 нм.

50. Последствия для растений на суше. Высшие растения явно важны как для сельского хозяйства, так и для природных экосистем суши, таких как леса. Растения развивались таким образом, что значительная часть их живых тканей находится под непосредственным воздействием солнечных лучей, чтобы использовать их энергию. Таким образом, снижение общего количества озона с сопровождающим его увеличением солнечной УФ-Б радиации может иметь большое значение для растений.

51. Проводились исследования в специальных камерах роста, приспособленных к естественному ритму дневного света, в парниках и на поле в условиях увеличенной УФ-Б радиации. Несмотря на различные условия роста, но при одинаковых условиях освещенности, у видов растений, чувствительных к УФ-Б радиации, были достигнуты схожие результаты. Были отмечены вредные последствия для параметров роста, структуры поверхности листьев, состава, физиологических функций, развития пыльцы и продуктивности у различных видов растений, включая многие важные культуры, такие как пшеница, рис, соя, ячмень, картофель и бобы. Уровень усиленного облучения УФ-Б, на котором начинают проявляться пагубные последствия, зависит от чувствительности данного вида растений и колеблется от естественного уровня солнечной радиации до 50-процентного усиления УФ-Б радиации. Результаты испытания более 100 видов и разновидностей растений в камерах роста с контролируемой средой указывают на то, что приблизительно 20 процентов растений уже реагируют на нынешние суточные дозы УФ-Б на северных широтах около 30°, 60 процентов растений проявляют среднюю чувствительность, а 20 процентов оказались устойчивыми даже к четырехкратному увеличению нормальной дозы УФ-Б. Некоторые эксперименты показали, что растения особенно чувствительны к увеличению УФ-Б на начальных стадиях роста. Наблюдения, проводившиеся в течение нескольких сезонов роста, показали также, что при усиленном облучении УФ-Б изменяется характер межвидовой конкуренции растений в зависимости от состава растительного сообщества.

52. Спектры воздействия ультрафиолетовой радиации на растения схожи в большинстве случаев со спектрами ее воздействия на ДНК и реакцию эритемы. Однако спектр вредного воздействия на фотосинтез значительно от них отличается. Эффективность снижается лишь в 3 раза в полосе волн 280-340 нм по сравнению с минимум 1000 раз в большинстве других спектров в еще более узкой полосе длин волн.

53. У многих растений были обнаружены безвредные, но весьма четкие и специфические последствия УФ-Б радиации на формирование вторичных растительных веществ, которые могут выступать в роли естественных предохранительных агентов.

54. Условия среды, в которых проводились эксперименты в камерах роста, могли в некоторых случаях изменить чувствительность растений к УФ-Б радиации. Прежде чем сделать какие-либо определенные выводы относительно последствий для сельскохозяйственного производства, потребуется провести эксперименты, моделирующие соответствующие условия естественной радиации, как в лабораториях, так и на местах.

55. Последствия для водных организмов. Солнечная УФ-Б радиация, вызывающая биологические последствия, была измерена на глубинах более 20 метров в прозрачной воде и более 5 метров в мутной воде. Значительная часть морской фауны и флоры, чувствительной к такому уровню ультрафиолетовой радиации (рыбная икра, личинки и т.д.), обитает в верхних 20 метрах морских вод. Экспериментальные исследования в условиях повышенной УФ-Б радиации от 0 до 50 процентов выше естественного уровня, указывают на последствия для рыбы (икры, личинок и молодняка), креветок, крабов, зоопланктона и других растений, играющих важную роль в водной пищевой сети. Кроме того, в результате исследования фитопланктона в лабораторных условиях обнаружилось, что рост ускоряется при фильтровании УФ-Б радиации из падающих солнечных лучей; это свидетельствует о том, что существующие уровни УФ-Б радиации подавляют продуктивность.

56. Относительная чувствительность семи видов в выборочной водной экосистеме, изученная в лабораторных условиях при повышенной УФ-Б радиации, вызвала сдвиги в составе сообщества. Эти результаты были подтверждены исследованием в естественной морской экосистеме. Исследование более 60 водных микроорганизмов, простейших, водорослей и малых беспозвоночных, которые составляют основу пищевой сети в экосистемах океанов и эстуариев, показало, что большинство из них также чувствительно к нынешнему уровню УФ-Б радиации, падающей на поверхность вод. Проведенные недавно количественные исследования указывают на то, что при дозах, сравнимых с существующим суточным уровнем естественной УФ-Б радиации, падающей на поверхность вод, снижение уровня УФ-Б радиации ускоряет рост цецеобразующих диатомов, и подобным же образом воздействует на биомассу и разнообразие видов морских водорослей,

а также на выживание эпифауны коралловых рифов. В условиях повышенной УФ-Б радиации наблюдалось снижение темпов роста, воспроизводства, выживания и других функций этих организмов.

57. Для оценки возможных последствий для многих сложных экологических взаимодействий, а также для продуктивности популяций рыбы, необходимо далее исследовать масштабы естественных экологических неопределенностей, которые в значительной степени превышают неопределенности в области конкретных фотобиологических последствий.

58. Последствия для здоровья человека. В исследованиях последствий повышенной ультрафиолетовой радиации для здоровья человека отмечается значительный прогресс. Ультрафиолетовая радиация воздействует на здоровье человека различными путями, вызывая, например, формирование витамина Д-3, солнечные ожоги, глазные болезни, аллергические реакции и кожные болезни, включая рак кожи. Среди этих последствий рак кожи представляет главную проблему, поскольку именно здесь повышение интенсивности УФ-Б радиации может оказать наибольшее воздействие. Серьезность последствий радиации для здоровья и ее других биологических последствий зависит от ее спектрального состава, ее интенсивности и времени облучения. Реакция может меняться в зависимости от биологических факторов и экологических условий. Было продемонстрировано, что УФ-Б радиация биологически более эффективна, чем УФ-А радиация.

59. Эпидемиологические исследования показали, что заболеваемость немеланомным раком кожи связана с облучением солнечным светом; эти данные касаются, главным образом, людей со светлым цветом кожи. Эксперименты на животных обнаружили, что УФ-Б радиация является наиболее эффективной полосой длин волн в канцерогенезе от ультрафиолетовой радиации. Эти данные указывают на то, что в случае усиления УФ-Б радиации следует ожидать роста заболеваемости немеланомным раком кожи. Немеланомный рак кожи занимает особое место среди обсуждаемых биологических последствий, поскольку по нему имеются цифровые статистические данные. Это позволило провести относительно детальные количественные экстраполяции. Данные исследования указывают на то, что помимо уже упомянутого усиления радиации в отношении этого конкретного биологического последствия происходит также и биологическое усиление; при увеличении эффективной интенсивности УФ-Б радиации на 1 процент заболеваемость немеланомным раком кожи будет в конечном счете увеличиваться более чем на 2 процента.

60. Некоторые данные свидетельствуют о том, что солнечный свет может также быть одним из факторов патогенеза злокачественной меланомы, которой заболевают люди с любым типом кожи. Эти данные получены на основе эпидемиологических наблюдений, которые касаются полного солнечного облучения без выделения какой-либо определенной области длин волн в солнечном спектре. Испытаний на животных для определения эффективного диапазона длин волн не проводилось. Если же речь идет об УФ-Б радиации, то снижение содержания озона в стратосфере может привести к повышению заболеваемости меланомой. Это возможно, однако такой вывод не может быть подкреплён на основе имеющихся в настоящее время данных.

61. Исследования, проведенные на мышах, указывают на то, что УФ-Б радиация изменяет реакции иммунологической системы; это приводит, например, к снижению способности животного отторгать опухоль, образовавшуюся в результате ультрафиолетовой радиации, как инородный предмет и к повышению подверженности животного к первичным новообразованиям, вызванным ультрафиолетовой радиацией.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

62. Даже если общее содержание озона не претерпит значительных изменений, предполагаемое искажение вертикального разреза приведет, по всей вероятности, к климатологическим последствиям. На них также накладывается предполагаемое воздействие хлорфторуглеродов и CO_2 на температуру. С другой стороны, отмеченное увеличение в прогнозах концентрации озона в тропосфере приведет путем видоизменения потока инфракрасной радиации к повышению температуры на поверхности, что также увеличит тепловое действие CO_2 на поверхности. В связи с этим срочно необходимо расширить исследования по этим проблемам, особенно в рамках Всемирной программы климатических исследований* ВМО-МСНС.

* Неофициальный перевод.

СЦЕНАРИИ ИСТОЩЕНИЯ ОЗОНА

63. Представитель Организации экономического сотрудничества и развития представил доклад о сценариях истощения озона, которые в настоящее время разрабатываются этой организацией. Было отмечено, что в 1981 г. ОЭСР подготовила доклад о сценариях выделения хлорированных углеводородов. Эти сценарии, а также сценарий выделения других веществ, воздействующих на озоновый слой, были использованы в качестве входных данных различных одномерных и двумерных моделей атмосферы. Этот доклад, который содержит краткий обзор результатов моделирования и отчет об обсуждении этой работы на совещании Специальной группы в сентябре, будет представлен в декабре 1981 г. Комитету по окружающей среде ОЭСР, который определит направление дальнейшей работы в этой области.

НЕОБХОДИМОСТЬ ПЕРЕСМОТРА ВСЕМИРНОГО ПЛАНА ДЕЙСТВИЙ ПО ОЗОНОВОМУ СЛОЮ

64. Документ UNEP/SCOL/5/5, озаглавленный "Всемирный план действий по озоновому слою", был рассмотрен с целью определить, сохранили ли требования плана свою силу и полноту, достаточно ли он детален и достаточен ли его охват и восполняются ли отмеченные в плане пробелы в знаниях с должной активностью и удовлетворительными темпами.

65. Многие делегации, сознавая неточность некоторых частей первоначального плана в свете поступившей новой информации, сочли, что изменять текст не следует, но следует уделить особое внимание содержащемуся в плане действию требованием об осуществлении и дальнейшей разработке плана.

66. Некоторые делегации выразили мнение, что Координационный комитет по озоновому слою несколько небрежно выполнял свои функции, уделяя одним аспектам плана больше внимания, чем другим, в частности социально-экономическим аспектам. Однако некоторые делегации указали, что будет трудно расширить рамки нынешней и прошлой деятельности Комитета ввиду дополнительных расходов, связанных с расширением состава их делегаций с целью рассмотрения более обстоятельно повестки дня.

67. Было отмечено, что не было назначено ведущего учреждения для осуществления данного раздела, в отличие от других разделов, и одна делегация заявила, что, по всей очевидности, выбор должен пасть на ОЭСР. После того, как эта точка зрения была поддержана другими делегациями, ЮНЕП было предложено связаться с Комитетом ОЭСР по окружающей среде с целью заручиться в этой связи его содействием. ЮНЕП, обращаясь к членам с просьбой направить ей их ежегодные доклады о проводимых и планируемых мероприятиях, попросит их также включить доклад о национальных социально-экономических мерах.

РЕШЕНИЕ 9/13 В ДЕВЯТОЙ СЕССИИ СОВЕТА
УПРАВЛЯЮЩИХ ЮНЕП ОТ 26 МАЯ

68. Были проведены общие прения с целью принять решение относительно наилучшего выполнения ККОС просьбы Директора-исполнителя о вкладе в работу Специальной рабочей группы экспертов по правовым и техническим вопросам, проведение которой намечено с 20 по 29 января 1982 года в Стокгольме.

69. Было решено создать небольшую рабочую группу для рассмотрения данного вопроса и представления по окончании ее работы доклада пленарной сессии ККОС. Доклад группы приводится в документе UNEP/WG.69/7.

70. Секретариат доложит членам об ответах, полученных от правительств на письмо Директора-исполнителя от 21 июля 1981 года с просьбой о представлении информации, включая статистические и технические данные, об осуществлении рекомендаций, содержащихся в решении 8/7 В от 29 апреля 1980 года, в частности в отношении использования хлорфторуглеродов 11 и 12, а также мощностей по их производству. Секретариат отметил, что на данный момент было получено 13 ответов. Комитет был проинформирован относительно того, что полный доклад по этому вопросу будет представлен правительствам в докладе Директора-исполнителя десятой сессии Совета управляющих в мае 1982 года и Специальному совещанию группы экспертов по правовым и техническим вопросам в Стокгольме в январе 1982 года.

ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА, ИНЫЕ ЧЕМ ХЛОРФТОРУГЛЕРОДЫ
11 И 12, ПРИВОДЯЩИЕ К ИСТОЩЕНИЮ ОЗОНА

71. Комитет рекомендовал секретариату ЮНЕП собрать данные о химических веществах, иных чем хлорфторуглероды (фреоны) 11 и 12, которые могут оказать воздействие на озоновый слой стратосферы. Наиболее важные из этих химических веществ приведены в разделе I, озаглавленном "Оценка истощения озонового слоя и его последствий". Секретариату было предложено доложить ККОС на его следующей сессии о полученной информации.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕРОПРИЯТИЯМ

72. Координационный комитет по озоновому слою представил конкретные рекомендации по деятельности, связанной с осуществлением Всемирного плана действий по озоновому слою. К ним относятся:

1. Окончательно ввести в действие Глобальную систему наблюдения за озоном (ГСНО), основанную на совмещении полностью действующих спутниковых и наземных систем, призвать к регулярному представлению докладов о данных наблюдений соответствующим всемирным центрам.
2. Предложить ЮНЕП и дальше содействовать усилению и катализации международной деятельности в рамках проекта ВМО по глобальным исследованиям и мониторингу озона.
3. Усилить мероприятия по совершенствованию и сопоставлению показаний приборов Добсона.
4. Расширить измерения вертикального распределения озона путем продолжения запусков зондов и на основе широкого распространения измерений методом "short-Umkehr", а также путем поощрения разработки надежных спутниковых сенсоров для получения точных измерений во всех слоях стратосферы, включая дальнейшую разработку методов полетной калибровки.
5. Поощрять проведение измерений следовых количеств веществ, имеющих важное значение для озонового слоя.
6. Производить одновременные измерения *in-situ* относительно концентрации фотохимических составляющих различных семейств.
7. Содействовать систематическому обзору (с использованием данных калибровки) измерений общего содержания озона для обеспечения однородности результатов, полученных в течение продолжительного периода времени.

8. Обратить внимание всех стран, которые еще не докладывают об объемах производства хлорфторуглеродов 11 и 12, а также других хлоруглеродов, на необходимость представления данных о производстве, выбросах и использовании соответствующих химических веществ.
9. Содействовать исследованию излучающего воздействия озона и других менее важных веществ, имеющих отношение к фотохимии озона и динамике стратосферы, для выявления возможного воздействия на климат.
10. Содействовать исследованиям, направленным на уточнение физических процессов и явлений, воздействующих на процесс выявления погрешностей результатов измерения озонового слоя.
11. Обратиться к странам с просьбой уделять больше внимания измерениям УФ радиации типа Б, главным образом вблизи станций, занимающихся измерением озонового слоя, поскольку было отмечено, что измерения УФ радиации типа Б производятся до сих пор лишь в порядке отдельных национальных мероприятий, без нормирования и интеграции на международном уровне.
12. Продолжить разработку многомерных моделей и продолжить исследования одновременного воздействия на различные вещества, которые могут привести к нарушению состояния атмосферного озона.
13. Продолжить разработку методов мониторинга тропосферы с целью оценки источников бассейнов, стока и тенденций изменения концентрации хлорфторуглеродов 11 и 12, хлоруглеродов, N_2O и CH_4 .
14. Активизировать проводимые в настоящее время исследования по отражению процессов распространения в химических моделях.
15. Расширить определение коэффициентов давления и температурных колебаний, отмечаемых в атмосфере, и выявить результаты.
16. Выявить и исследовать любые дополнительные реакции, которые могут оказывать воздействие на химию стратосферы.

17. Продолжить усилия по дальнейшему исследованию химии тропосферы.
18. Распространить измерения веществ с радикалами на нижнюю стратосферу и верхнюю тропосферу с использованием автономных методов.
19. Получить с помощью спутников данные о трехмерных областях распространения важных следовых количеств веществ и данные о метеорологических переменных.
20. Расширить знания в области:
 - i) взаимоотношения между коэффициентом дозы и реакции на различные биологические последствия УФ радиации;
 - ii) взаимосвязь между воздействием на человека ультрафиолетового излучения солнца и развитием немеланомы, и дать более совершенные определения возможных взаимоотношений между солнечным излучением и меланомическим раком кожи, включая социальные и экологические условия, и на основе этих исследований получить глобальные базовые данные о случаях заболевания раком кожи;
 - iii) выявить группы населения, подвергающиеся особой опасности;
 - iv) возможного взаимодействия между химическими веществами, фармацевтическими веществами, загрязнителями и ультрафиолетовой радиацией.
21. Исследовать биологические последствия повышенного УФ излучения типа Б на сельскохозяйственные культуры в различных географических точках и при местных условиях возделывания.
22. Распространить исследования последствий, связанных с водой, на естественную водную среду с целью получить новые данные относительно последствий возросшей УФ-Б радиации на питательную продуктивность водной среды.
23. Продолжить исследования биологически активного спектра и реакции на его воздействие с использованием полихроматического излучения с целью учесть возможные взаимодействия различных диапазонов волн.

24. Включить механизмы фотовосстановления, приспособления и защиты в общий процесс рассмотрения последствий УФ-Б радиации.
25. Определить воздействие существующего и увеличенного уровня УФ-Б радиации на:
 - i) чувствительность и функции насекомых, играющих важную роль в балансе биосферы (цепи питания животных, перекрестное опыление растений и т.д.);
 - ii) такие микроорганизмы, которые вызывают заболевания растений и животных;
 - iii) такие первичные процессы, как фотосинтез, биосинтез и т.д.;
 - iv) фотодегградацию гербицидов, пестицидов, удобрений и подобных сельскохозяйственных химических веществ;
 - v) последствия иных стрессовых ситуаций.
26. Определить механизм воздействия УФ-Б радиации на биологические виды и экосистемы.
27. Содействовать публикации учебных пособий, содержащих руководящие принципы исследований воздействия УФ-Б радиации и облегчающих сопоставление результатов биологических исследований.
28. Разработать усовершенствованные индивидуальные и биологические дозиметры УФ-Б радиации.

Краткий обзор оценки и рекомендаций ККОС содержится в приложении I.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

КРАТКИЙ ОБЗОР

Координационный комитет по озоновому слою (ККОС) Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде провел свою пятую сессию с 12 по 16 октября 1981 года в Копенгагене. Комитет изучил документы по существу вопроса, представленные различными странами и организациями, а также результаты исследований в области наблюдений, оценки и моделирования, необходимых для изучения стратосферы. На основе существующей и новой информации Комитет пришел к следующим выводам:

1. По-прежнему сохраняется опасность истощения озонового слоя в результате выбросов хлорфторуглеродов, хотя естественные колебания и иные соединения, которые могут оказать воздействие на озон, требуют более повышенного изучения.
2. Если рассматривать только выбросы хлорфторуглеродов 11 и 12 на их нынешнем уровне, то реальное сокращение содержания озона в соответствии с нынешними моделями будет находиться на уровне от 5 до 10 процентов по сравнению с около 10 процентов по оценкам, содержащимся в прошлогоднем докладе ККОС. Изменение цифр по сравнению с 1980 годом вызвано новыми данными относительно коэффициентов определенных химических реакций. Если выбросы иных хлоруглеродов сохранятся на нынешнем уровне, они могут увеличить возможные масштабы истощения озона в результате эмиссий хлорфторуглеродов 11 и 12 приблизительно на одну треть.
3. Учитывая одновременное и сложное воздействие деятельности человека на озон, содержащийся в атмосфере, были разработаны более реалистические модели с целью изучения сопряженного характера потенциальных изменений в озоновом слое. Изменения концентрации следовых микрокомпонентов газов N_2O , NO_x и CFC и хлорфторуглеродов могли в прошлом оказать воздействие на количества озона. Согласно произведенным оценкам, нынешнее снижение общего содержания озона составляет менее одного процента, что ниже нынешнего порога обнаружения.

4. Довольно крупные естественные колебания атмосферного озона делают очень трудным выявление долгосрочных тенденций. В соответствии с исследованиями, основанными на многосторонних моделях с использованием исторических данных, не было обнаружено никаких свидетельств изменений общего содержания озона. Это говорит о продолжающемся значительном прогрессе в области статистического анализа данных наблюдений за озоном.
5. Данные наблюдений указывают на повышение содержания озона за последние десять лет в тропосфере северного полушария, что согласуется в качественном отношении с предсказаниями моделей о воздействии в прошлом дозвуковых самолетов и сжигания топлива другими аппаратами. Наблюдения в верхних слоях стратосферы все еще не позволяют с достоверностью определить предсказанные путем моделирования изменения в результате выбросов хлорфторуглеродов 11 и 12 в течение последних десятилетий. В соответствии с комплексными моделями предполагается, что искажение вертикального разреза озонового слоя может приобрести большее значение, чем изменение общего содержания озона в отношении возможных климатических последствий.
6. Продолжающееся пополнение базы данных по следовым микрокомпонентам веществ, содержащихся в атмосфере, внесло вклад в решение ряда прошлых проблем, связанных с анализом данных, и указало на возможные новые проблемы.
7. По оценке Ассоциации химических производителей с 1974 по 1980 гг. произошло снижение суммарного мирового производства хлорфторуглеродов 11 и 12 на 18 процентов. Большая часть этого снижения была зарегистрирована с 1974 по 1977 гг.; за последний (1980 г.) произошло снижение производства только на один процент. Произошло снижение применения аэрозолей, однако было зарегистрировано увеличение применения, например пенопласта и кондиционеров воздуха. Признано, что реальное сокращение применения хлорфторуглеродов в виде аэрозолей может быть компенсировано увеличением применения неаэрозолей. Есть также указания на то, что растет производство других соединений, содержащих хлор, которые также могут оказывать воздействие на озоновый слой.

8. Если содержание озона в атмосфере снизится, то до поверхности земли будет доходить большая доля ультрафиолетового излучения солнца в диапазоне УФ-Б. Недавние исследования подтвердили прежние оценки соотношения между снижением содержания озона и повышением УФ-Б. Ожидаемые последствия для здоровья и биологические последствия такого увеличения ультрафиолетовой радиации явились основной темой обсуждений на совещании. Большая часть известных последствий радиации УФ-Б носит пагубный характер, и эти пагубные последствия вызывают озабоченность, особенно в отношении сельскохозяйственного производства, рыболовного промысла и здоровья человека.
9. Результаты проведенных недавно исследований указывают на то, что многим наземным растениям и водным организмам может быть нанесен ущерб в результате повышения УФ-Б радиации; это касается таких важных культур, как пшеница и рис, таких водных организмов, как икра рыбы и личинки. Тем не менее, необходимо проведение дальнейших исследований с целью оценки общих последствий в сложных условиях реального роста.
10. Широко признано, что в отношении здоровья человека увеличение проникновения солнечной радиации УФ-Б может привести к увеличению числа заболеваний немеланомическим раком кожи, особенно у людей со светлым цветом кожи. Есть также ряд свидетельств того, что солнечное излучение является одной из причин злокачественной меланомы, которая развивается у людей со всеми типами кожи. В настоящее время еще неизвестно, связано ли это с ультрафиолетовой радиацией УФ-Б; если это действительно связано с этой радиацией, снижение содержания озона в атмосфере, по всей видимости, увеличит число заболеваний меланомой.
11. Комитет подчеркнул важность предоставления государствами-членами и такими международными организациями как ВМО, при поддержке ЮНЕП, данных о производстве, эмиссиях и использовании соответствующих химических веществ, а также продолжения сотрудничества в области исследований по озоновому слою.