

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ**

ОЗОНОВЫЙ ЦЕНТР КЫРГЫЗСТАНА

**Монреальский протокол и
здоровье человечества**

**Как глобальное сотрудничество защищает нас от
разрушительных последствий ультрафиолетовой
радиации**

Краткое изложение

Успешная реализация Монреальского протокола, по веществам, разрушающим озоновый слой, говорит о том, что мир может объединиться чтобы противостоять общей угрозе для человечества. В 1987 году был подписан договор, о постепенном сокращении использования веществ, разрушающих стратосферный озон, и он имел значительные преимущества для охраны здоровья людей по всему миру. Это было достигнуто, в основном, предупреждением увеличения уровня ультрафиолетовой радиации (УФИ) во многих обитаемых частях земного шара.

Истощение озонового слоя приводит к тому, что на поверхность Земли поступает больше УФ радиации. Научные исследования последних лет выявили ясное понимание того, как истощение озонового слоя влияет не только на здоровье человечества, но и на производство продуктов питания и жизнеобеспечивающих экосистем.

Мир был бы совсем иным, если бы не Монреальский протокол. Обобщая настоящие знания о том, как УФ радиация влияет на человеческое здоровье, данная брошюра приводит картину каким бы был мир, если бы мы не смогли контролировать озоноразрушающие вещества. Произошло бы полное разрушение озонового слоя в стратосфере к середине 21 века, которое привело бы к высокому уровню УФ радиации во всех частях мира, от полюсов до тропиков.

Выгоды для здоровья человека от успешной реализации Монреальского протокола, можно оценить подсчитав, что до конца этого столетия по крайней мере 100 миллионов человек избежали рака кожи. Последняя модель расчета предполагает, что только в США было предотвращено 300 миллионов случаев рака кожи у людей. И множество миллионов избежали болезни катаракты глаз до конца 2100 года, по одним подсчетам, только в США 10 миллионов случаев этой болезни были предотвращены.

Воздействие УФ радиации также негативно влияет на иммунную систему человека, и Монреальский протокол, ограничив разрушение озонового слоя, тем самым помог избежать вредного влияния УФИ на функции иммунной системы человека. Сейчас озоновый слой восстанавливается, но это не приводит к уменьшению уровня УФ радиации, также не меняется время пребывания человека на солнце, для синтеза витамина Д, который жизненно необходим для здоровья.

Увеличение уровня УФ радиации влияет на урожайность зерновых культур и наносит экономический ущерб некоторым видам рыболовства, а также морской экосистеме столь важной для рыболовства. Таким образом Монреальский протокол способствовал улучшению здоровья человечества, путем обеспечения продовольственной безопасности. Другим положительным эффектом является вывод из общего употребления токсичного вещества бромистого метила. И наконец, протокол помог уменьшить риски для здоровья человека, связанные с изменением климата, путем снижения озоноразрушающих веществ, которые также являются парниковыми газами. Масштаб вреда для здоровья был бы огромным, если бы мы не смогли защитить озоновый слой. Здоровье и благополучие ста миллионов людей, многие из которых еще не родились, начиная с 1987 года, было защищено действиями сторон.

Содержание

Краткое изложение	2
Введение	4
Ультрафиолетовая радиация: взаимосвязь между стратосферным озоном и человеческим здоровьем.....	5
УФ излучение и здоровье человека: экология, биология и поведение.....	7
Рак кожи, как мировой вызов здоровью	9
Рак кожи, недавние изменения уровня УФИ и поведение на солнце.....	11
Монреальский протокол и будущее озонового слоя	12
Рак кожи в сценарии “То, чего мир избежал”	14
Истощение озонового слоя, УФ радиация и глазные болезни	18
Истощение озонового слоя, УФ радиация и иммунная система.....	20
Истощение озонового слоя, УФ радиация и витамин D	21
Другие выгоды Монреальского протокола для здоровья	22
Выводы: экономическая оценка преимуществ Монреальского протокола для здоровья	24
Заключительные замечания.....	25

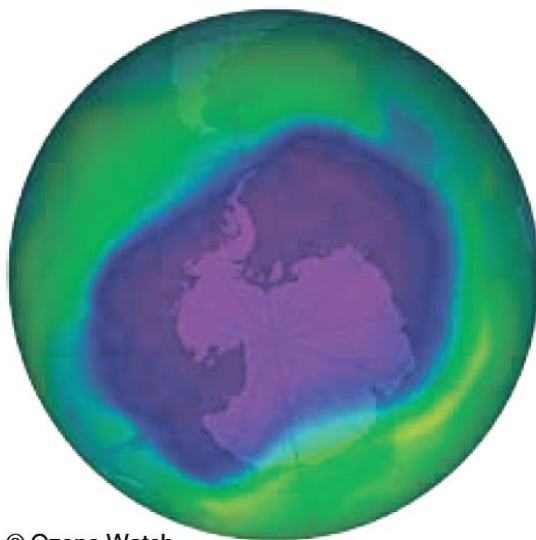
Введение

«Пример Монреальского протокола говорит о том, что действия против глобальных вызовов не только возможны, но и финансовые и человеческие выгоды от них намного превышают их стоимость.»

Генеральный секретарь ООН Пан Ги Мун

Несомненно, успех Монреальского протокола бесспорен. С 1987 года, когда было подписано соглашение, сначала было сокращение основных озоноразрушающих веществ, а сейчас их использование почти прекращено. Теперь мы можем быть уверены, что стратосферный озоновый слой начнет восстанавливаться. Благодаря совместным усилиям всех 197 сторонам, подписавших Протокол нам удалось «залатать дыру в озоновом слое».

Когда мы думаем о стратосферном озоне, возможно первое, что придет на ум, это рисунок «Озоновой дыры над Антарктидой» (см. Рис.1) Такие рисунки стали символами защиты окружающей среды, но они также могут произвести впечатление, что истощение озонового слоя происходит где-то далеко на ненаселенном континенте. Многие могут спорить о ценности защиты Антарктиды и ее животного мира, но разве это единственная причина защищать озоновый слой?



© Ozone Watch

Рисунок 1. Озоновая дыра над Антарктидой

Как насчет здоровья людей, урожайности или экосистем? Конечно, защищая озоновый слой мы защищаем и все эти элементы, но каким образом? Как, в действительности, озоновый слой, занимающий лишь маленькую часть атмосферы (почти меньше одной миллионной доли) и находясь на многокилометровой высоте в атмосфере, влияет на людей и другую жизнь на земной поверхности?

Глубокие исследования последних нескольких десятилетий (см. Блок 1) ясно показывают, как изменения в концентрации стратосферного озона могут изменить условия окружающей среды, и как это, в последствии, повлияет на здоровье человека.

Основная взаимосвязь между здоровьем человека и истощением озонового слоя в стратосфере – это повышение уровня ультрафиолетовой (УФ) радиации на поверхности Земли, как результат истощения озонового слоя.

Теперь мы знаем, что УФИ, в спектре солнечного света, имеет различное влияние на здоровье человека. За миллионы лет подверженности УФ излучению, человечество достигло баланса между разрушительными действиями слишком маленького и слишком высокого уровня УФ радиации (Рис. 2).

Однако, сейчас мы стали более ясно понимать, какого масштабного разрушения озонового слоя мы избежали, благодаря успеху Монреальского протокола. Используя эти знания мы можем оценить, как такие отрицательные изменения, могли бы повлиять на здоровье человечества.

Блок 1. Группа экспертов по оценке экологических последствий ЮНЕП (ЕЕАР)

С 1987 года, группа экспертов по оценке экологических последствий ЮНЕП (ЕЕАР), обеспечивала стороны Монреальского протокола своевременной информацией о развитии исследований по последствиям истощения озонового слоя. ЕЕАР оценивает все возможные последствия истощения озонового слоя и повышения уровня УФИ на водные и земные экосистемы, природные круговороты, качество воздуха и строительные материалы. Влияние истощения озона на человеческое здоровье всегда беспокоило стороны Монреальского протокола, и, следовательно, основное внимание уделяется результатам оценок ЕЕАР. Эта брошюра использует самые последние оценки ЕЕАР, опубликованные в 2015 году.

Ультрафиолетовая радиация: взаимосвязь между стратосферным озоном и человеческим здоровьем

Ультрафиолетовая радиация — это связь между изменением концентрации озона высоко в атмосфере и изменениями на поверхности Земли, т.е. той среды где мы живем. Видимый свет и цвета радуги от красного до фиолетового (Рис. 3) – это лишь маленькая часть спектра солнечной радиации. Солнце излучает весь спектр радиации от радио волн (длинные волны/низкая энергия) до гамма лучей (короткие волне/высокая энергия). Солнечное ультрафиолетовое излучение колеблется от коротких волн до гораздо более коротких волн, и их нельзя увидеть человеческим глазом.

Самые короткие ультрафиолетовые волны называют коротковолновым ультрафиолетовым излучением УФ-С. УФ-С излучение присутствующее в солнечном свете в космосе полностью поглощается атмосферой, и поэтому не достигает поверхности Земли.

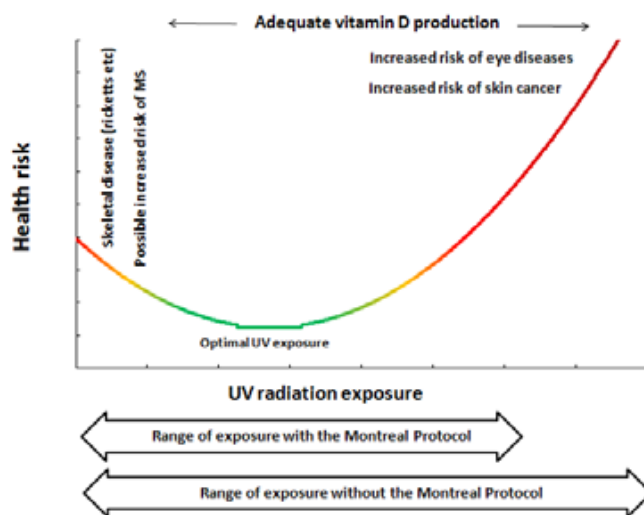


Рисунок 2. «U образная» зависимость между УФИ и здоровьем. При современном уровне УФ радиации существуют риски недополучить УФ излучение (к примеру, на полярных широтах зимой), а также получить сверх нормы (например, в экваториальных широтах, летом). Риски, связанные с нехваткой, включают некоторые заболевания костей, и возможно, некоторые аутоиммунные заболевания, такие как рассеянный склероз. Превышения уровня УФИ, вследствие неконтролируемого истощения озонового слоя, может привести к рискам, связанными с повышенным уровнем УФ радиации, такими как рак кожи и болезни глаз.

Атмосфера земли почти не влияет на длинноволновое ультрафиолетовое излучение (УФ-А). УФ-А излучение полностью не поглощается озоновым слоем или другими газами атмосферы, и поэтому оно достигает поверхности земли. Многие животные способны видеть УФ-А излучение, и это играет важную роль в их поведении. Существуют предположения, что младенцы тоже способны видеть УФ-А, но оно не видимо для взрослого человека. Однако, мы знаем о нем благодаря его влиянию на нашу кожу. В основном УФ-А излучение стимулирует загар бледной кожи. При долгом времени пребывания под УФ-А, это может привести к преждевременному старению кожи, и способствовать другим повреждениям кожного покрова.

Короткая полоса ультрафиолета между УФ-А и УФ-С также известна как ультрафиолетовое излучение Б (УФ-Б). УФ-Б излучение полностью поглощается озоновым слоем, таким образом истощение озонового слоя приводит к тому, что УФ-Б излучение достигают земной поверхности. Мы узнаем о УФ-Б, потому что это - часть солнечного света, которая способствует солнечному загару. Солнечный загар возникает за короткий период, за несколько часов, пребывания под УФ-Б излучением. **Долгое пребывание под УФ-Б излучением, может привести к значительно серьезным проблемам со здоровьем.**



Рисунок 3. Свет, который мы видим, как цвета радуги, является лишь небольшой частью спектра солнечного излучения. Если бы мы могли видеть за пределами радуги, тогда более коротковолновое излучение, например, ультрафиолетовое, было бы дополнительными полосами ниже фиолетовой полосы в радуге. Если бы люди обладали «УФ-зрением», то ультрафиолет А (УФ-А) появлялся бы в виде другой цветовой полосы сразу под фиолетовым. Многие птицы и насекомые видят УФ-А, поэтому они действительно различают дополнительные цвета в радуге, невидимые для нас. Таким же образом, ультрафиолет Б (УФ-Б) был бы другой полосой ниже УФ-А. Если бы мы могли видеть УФ-Б как цвет, тогда мы могли бы даже увидеть разрушение озона в радуге. Истощение озонового слоя привело бы к тому, что УФ-Б-полоса, стала бы ярче, так как больше УФ-Б проникает на поверхность, а другие цвета оставались бы такими же.

УФ излучение и здоровье человека: экология, биология и поведение

Чтобы понять воздействие солнечной ультрафиолетовой радиации на здоровье человека, мы должны рассмотреть не только экологические факторы, такие как озоновый слой, но также и биологию (например, разные длины УФ волн по-разному воздействуют на биологические молекулы) и человеческое поведение.

Экология

УФИ нужно пройти через толщу атмосферы до поверхности земли, чтобы воздействовать на здоровье человека.

УФ-С радиация не достигает поверхности земли, даже при чрезмерном истощении озонового слоя, поэтому УФ-С не является фактором, влияющим на здоровье человека (хотя она очень опасна при распространении из искусственных источников, таких как сварочные работы или специальные лампы). УФ-А и УФ-Б достигают поверхности земли, поэтому они имеют значительное воздействие на здоровье человека.

Биология

Влияние УФ-А и УФ-Б на человеческое здоровье связано со способностью биологических молекул поглощать излучение и меняться под его действием. Химическое свойство молекул, включая ДНК и белков, которое важно для жизни, является их способность поглощать УФ-А и/или УФ-Б излучение. Это часто, но не всегда, разрушает их функционирование (См. Блок 2). УФ разрушение основных жизнеобеспечивающих молекул может серьезно навредить человеческому здоровью, но конечно, не все молекулы так реагируют на солнечный свет. Кожа с

темным пигментом, имеет некоторую защиту от УФ разрушений, но эта защита, конечно, не полноценная.

Поведение

Мы все можем выбирать как реагировать на солнце. Ведь очевидно, что УФ излучение не сможет влиять на наше здоровье, пока мы не находимся под прямыми солнечными лучами. Если мы остаемся в помещении или в тени, особенно в середине дня, когда УФ радиация наиболее интенсивна, тогда мы сводим риск заболеваний, связанных с УФ излучением к минимуму, включающих такие заболевания, как рак кожи и катаракта глаз. С другой стороны, если мы все время находимся на солнце, например, чтобы получить загар, мы неизбежно увеличиваем риск чрезмерного воздействия УФ излучения. Другие предпочтения в поведении, такие как защита кожи одеждой, а глаз шляпой, также являются важными факторами в уменьшении рисков.

Блок 2: Биологические цели для УФ разрушения

ДНК широко известен как «генетический код», который передается из поколения к поколению. Однако, ДНК также является «руководством», которое позволяет каждой клетке тела выполнять свои функции. Если руководство повреждено, тогда клетка может умереть или функционировать неправильно, это то, что случается, когда клетка подвергается воздействию УФ излучения, особенно УФ-Б излучению. Когда это происходит, энергия света может разрушить или исказить структуру ДНК, и повредить ее функцию.

Иногда под воздействием УФ-Б ДНК разрушается и клетка погибает, и это хорошо, так как наше тело может быстро заменить мертвую клетку. Однако, разрушение ДНК можно починить, и наши клетки знают множество путей как сделать это, и после этого клетка продолжает правильно функционировать. Огромный вред здоровью наносится тогда, когда клетка выживает, а нарушения ДНК не исправлены полностью. В зависимости от определенных разрушений, проблемы со здоровьем могут возникнуть не сразу, а через какой-то промежуток времени. Однако, если клеточная ДНК нарушена снова, возможно от большей УФ радиации или других химических и физических факторов, кумулятивное нарушение может оказаться достаточным, чтобы запустить необратимые изменения в функции клетки, что несомненно приведет к раку.

Если ДНК является «руководством», тогда белки жизненно-необходимы как инструменты для передачи команд, или построения блоков из которых состоят клетки. Влияние УФ-И на старение кожи – это следствие разрушения белков, которые поддерживают структуру кожи. Катаракты – это тоже результаты разрушения белков УФ излучением, в этом случае белков в зрачке глаза.

Наконец, поглощенная УФ-И запускает в нашей коже реакцию по производству витамина D. Поэтому витамин D называют «витамином солнечного света». Хотя мы можем получить витамин D из некоторых продуктов питания (таких как жирная рыба), также некоторые производители добавляют витамин D во время производства продуктов, но несмотря на это, многие люди во всем мире предпочитают получать необходимый для здоровья витамин D от воздействия солнечного света на кожу.

Рак кожи, как мировой вызов здоровью

Рак кожи - это не одно заболевание, большинство случаев приходится на один из трех видов болезней: базальноклеточная карцинома, плоскоклеточная карцинома (оба вида известны как рак кожи немеланомного происхождения) и злокачественная меланома (см. Блок 3 для большей информации). Каждый год во всем мире насчитывается от двух до трех миллионов случаев заболевания раком кожи. Это означает, что рак кожи занимает одну треть всех новых раковых заболеваний в мире. У населения, которое имеет светлую кожу, рак кожи встречается чаще, чем остальные виды раковых болезней.

За последние десятилетия отмечается очень высокий рост этих заболеваний. Повсеместным явлением становится высокий рост заболеваний раком кожи, особенно среди людей, со светлым пигментом кожи. В некоторых странах случаи немеланомного рака кожи увеличились в два раза, начиная с 1960-х годов. Также очевидно увеличение роста заболеваний злокачественной меланомой (она чаще отмечается в данных по общественному здоровью).

Увеличение случаев злокачественной меланомы поднимает серьезный вопрос, об истинных причинах ее происхождения.

Рак кожи и УФ радиация

Взаимосвязь между УФ радиацией и развитием злокачественной меланомы и раком кожи немеланомного происхождения ясно показана в следующих доказательных фактах.

- Риск заболеваний злокачественной меланомой и раком кожи, немеланомного происхождения, среди людей со светлой кожей, увеличивается на экваториальных широтах, где уровень солнечной УФ радиации более интенсивен.
- Некоторые формы рака кожи, немеланомного происхождения, появляются чаще на лице, шее и предплечьях, это те части тела, которые наиболее подвержены солнечному воздействию в течении жизни.
- У молодых людей злокачественная меланома, вероятнее всего, появляется на открытых частях тела и конечностях. Отмечается, что в последние декады, увеличиваются случаи появления злокачественной меланомы на теле у людей со светлой кожей. Эти наблюдения говорят о том, что периодическое интенсивное воздействие УФ радиации, является существенным фактором риска для появления злокачественной меланомы. Периодическое воздействие высокой УФ радиации, может быть существенным фактором для некоторых случаев рака кожи, немеланомного происхождения.

Блок 3. Основные виды рака кожи

Злокачественная меланома встречается всего в 3-5 процентах случаев всех заболеваний раком кожи (Рис. 4), и при ранней диагностике, она успешно излечивается. Однако, если не лечить злокачественную меланому, она может распространиться на другие части тела. И в результате, в 75-80 процентах случаев

злокачественная меланома приводит к смертельному исходу, хотя она занимает лишь 5 процентов от всех случаев заболевания раком кожи. Хотя злокачественная меланома больше встречается у людей со светлой кожей, она также может возникать и у людей с более темной кожей. По данным США, у американцев с темной кожей злокачественная меланома появляется в 20 раз реже, чем у американцев со светлой кожей. Но, ранние признаки меланомы трудно определить на темной коже, и поэтому, когда заболевание будет обнаружено, оно может быть на запущенной стадии и это уменьшает шансы успешного исцеления.



Рисунок 4. Иллюстрация злокачественной меланомы

Базально-клеточная карцинома и плоскоклеточная карцинома

Большинство заболеваний раком кожи, около 95 процентов, являются «раком кожи, немеланомного происхождения», и называются базально-клеточные карциномы и плоскоклеточные карциномы. Базально-клеточная карцинома встречается 3-4 раза чаще, чем плоскоклеточная карцинома. Однако, рак кожи немеланомного происхождения очень редко ведет к летальному исходу, по сравнению со злокачественной меланомой. Но несмотря на это, немеланомный рак кожи может локально распространиться, привести к некрасивым новообразованиям, снизить качество жизни и способствовать существенному ухудшению самочувствия. Операция по удалению немеланомного рака кожи является болезненной и может привести к обезображиванию кожи. Также, как и злокачественная меланома, немеланомный рак кожи реже встречается у людей с темной кожей. Однако, немеланомный рак кожи диагностируется гораздо позже у людей, с темной кожей, и это приводит к сильному ухудшению здоровья и высокому риску смерти.

Достаточное воздействие солнца, которое может привести к сильным солнечным ожогам, особенно в детстве, в последствии, может стать фактором риска для появления злокачественной меланомы во взрослой жизни. Это утверждение является ключевым аспектом взаимосвязи между УФ и раком кожи. Может пройти долгий период времени, годы или декады, между первичным разрушением кожного покрова УФ излучением и раком кожи. Другими словами, злокачественная меланома – это не результат УФ излучения, которое было год или два назад, а излучения, которое произошло более двадцатью годами ранее. Поэтому временной период важен при понимании, почему происходит увеличение заболеваний раком кожи в последние декады.

Рак кожи, недавние изменения уровня УФИ и поведение на солнце.

Если бы не было успешной реализации Монреальского протокола, было бы значительное повышение УФ радиации, возникшее из-за сильного истощения озонового слоя. Фактически, повышение уровня УФ радиации было отмечено лишь в нескольких населенных частях планеты.

Мир был бы совсем другим, если бы не Монреальский Протокол. Однако, не смотря на его успех, мы не можем сказать, что в результате неконтролируемого истощения озонового слоя, было выявлено определенное количество случаев рака кожи. Так что же стало причиной такого роста количества рака кожи в последние декады?

Высокая информированность людей о раке кожи, привело к тому, что большая часть всех случаев рака кожи была зафиксирована. Высокая огласка через медиа ресурсы об истощении озонового слоя способствовало увеличению информированности, и возможно спасло много жизней, благодаря своевременной диагностике и лечению.

Тем не менее, ясно, что увеличение заболеваемости раком кожи намного больше, чем приводятся в отчетности. Частота появления этого вида рака, в действительности, увеличилась. Главным фактором, влияющим на случаи рака кожи в последние декады стало то, как люди ведут себя под прямыми лучами солнца. За последние полвека, некоторые изменения в поведении привели к тому, что увеличилось время пребывания на солнце:

- предпочтение иметь загорелую кожу, среди людей со светлой кожей, которые так уязвимы перед солнечными повреждениям их кожи;
- изменения в моде, в стиле одежды и шляп, которые привели к тому, что большая часть кожи подвергается солнечному облучению;
- изменения в поведении на отдыхе, много времени проводится на солнце, включая “солнечные каникулы” в местах, с высоким уровнем УФ.

Вместе все эти изменения привели к длительному пребыванию под воздействием УФ излучения, и повышают риск заболевания раком кожи. Хотя агитационные компании по здоровью человека успешно распространяли информацию о защите от солнца, это не всегда приводило к изменению в поведении людей. **Несмотря на будущие изменения озонового слоя, нужно принять устойчивые меры для изменения поведения человека (См. Блок 4).**

Блок 4: Программа Организации Объединенных Наций INTERSUN

В начале 1990-х, понимая опасность истощения озонового слоя, и имея доказательства резкого увеличения случаев заболеваний раком кожи, Всемирная организация здравоохранения и другие создали программу INTERSUN. Программа INTERSUN имеет следующие цели:

- обеспечивать информацией, практическими советами и точными научными прогнозами о влиянии УФ радиации на здоровье человека
- поощрять страны к принятию мер по сокращению рисков, связанных с вредным воздействием УФ-излучения на здоровье; и

- предоставлять национальным органам власти и другим учреждениям рекомендации об эффективных программах информирования о солнечном излучении.

Несмотря на то, что Монреальский протокол был успешен в предотвращении увеличения уровня УФ радиации, деятельность INTERSUN имеет международный приоритет. Индивидуальный выбор поведения, как вести себя при воздействии солнечной радиации, очень важен, поэтому главной задачей INTERSUN остается обучение и информированность населения.

Программа INTERSUN использует термин “Индекс УФ”, понятный для широкого круга людей, как распространенная мера оценки риска, при излишнем облучении УФ радиацией (Блок 7). Индекс УФ имеет простую шкалу от 1 до 12 (сейчас от 1 до 15, учитывая высокий уровень УФ радиации в тропических горах). Изменчивость УФ радиации, в спектре солнечного света, легко оценить используя индекс УФ в зависимости от времени суток, времен года, широты местности и облачности. Это подсказка для человека, чтобы он смог сделать осознанный выбор о том, сколько времени проводить на солнце, одеть ли защитную одежду или использовать солнцезащитные средства, и т.д.

Эффективность обучения влияет на то, как человек принимает наилучшее решение при воздействии на него солнечной УФ радиации. В приоритете INTERSUN находятся обучающие программы для детей, так как воздействие УФ в раннем возрасте, приводит к большому риску заболеваний злокачественной меланомой или некоторыми видами немеланомного рака кожи во взрослой жизни. Например, разработаны инновационные подходы обучения для детей, учителей, врачей, и для тех, кто постоянно находится под воздействием солнечного излучения.

Монреальский протокол и будущее озонового слоя

Мир, в котором мы живем, и мир, которого мы избежали.

В 2014 UNEP заявил, что озоновый слой начал восстанавливаться. И мы уже можем подумывать о будущем интенсивном восстановлении глобального озонового слоя в течении 21 века. Следует продолжать эффективный контроль над веществами, разрушающими озоновый слой, так как изменение климата вряд ли станет доминирующим фактором, влияющим на озоновый слой. Возможно, мы даже станем свидетелями “супер восстановления” в средних широтах, с повышением концентрации содержания общего озона до уровня, что был в 1960-х и ранее.

Конечно, такое будущее, в котором мы будем жить, не было единственным возможным вариантом нашего будущего в то время, когда впервые было обнаружено истощение озонового слоя. Одинаковые климатические и атмосферные модели позволили нам спрогнозировать изменения озонового слоя для будущего, которое происходит сейчас, и для будущего без Монреальского протокола, называемое сценарием “То, чего Мир избежал”.

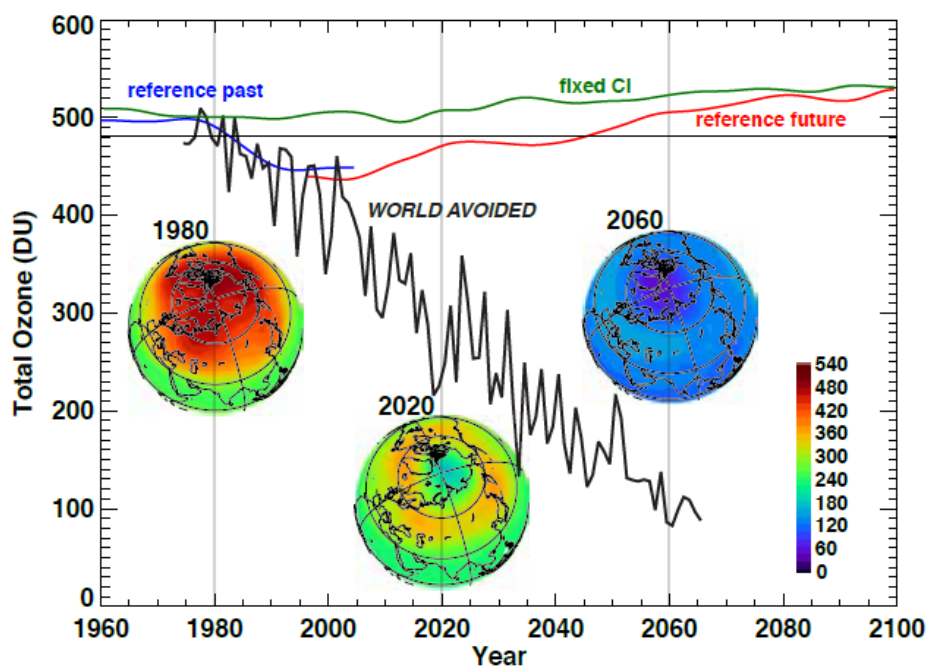


Рисунок 5. Истощение озонового слоя в 21 веке по сценарию “То, чего Мир избежал”. Данные симуляции получены для апреля в северном полушарии по сценарию “То, чего Мир избежал”, т.е. без успешной реализации Монреальского протокола (черная линия), и будущее, с успешной реализацией Монреальского протокола (красная линия). Две дополнительные линии показывают содержание озона в период между 1960 и 2005 (синяя линия) и мир, в котором озоноразрушающие вещества никогда не превышали уровень 1960 года (зеленая линия). Цветные изображения показывают географическое распределение озона в 1980, 2020 и 2060 годах (шкала представлена в единицах Добсона). Заметьте, что глобальное разрушение стратосферного озона произошло бы к 2060 году

На самом деле, существует много моделей для прогнозирования изменений озонового слоя для сценария “То, чего Мир избежал”. Каждая использует различные методы и предположения, но все они подчеркивают сильные изменения, которые могли бы произойти, если бы не было контроля над озоноразрушающими веществами. Все модели указывают на интенсивное снижение концентрации общего озона, которое со временем ускорилось бы, и повлияло бы на всю планету в целом (Рис.5). Согласно прогнозам, особенно значительные изменения произошли бы над тропиками, учитывая нынешнее состояние, когда истощение общего озона происходит на полюсах. **Модели предсказывают, что общее содержание озона над тропиками оставалось бы относительно стабильным до середины века, а потом резко стало бы снижаться.**

Последствия глобального разрушения озонового слоя, оказали бы серьезное влияние на уровень УФ. Можно использовать индекс УФ, как шкалу для определения уровня УФ, которому мы подвергаемся во многих частях мира, где значения имеют диапазон от 0 до 12. В высокогорных тропических местностях, например, в Андах УФ индекс может иметь значение 15. Иногда в таких местах уровень индекса УФ может достигать значения 25, но это происходит в течении

короткого периода. Всемирная организация здравоохранения считает, что любые значения индекса УФ превышающие 10, являются “высоким риском вреда для незащищенных участков кожи”. Такие случаи сопровождаются предупреждением “незащищенные участки кожи и глаза могут обгореть в считанные минуты”. Данный диапазон индекса УФ используется для прогнозов моделей “То, чего мир избежал”.

Без Монреальского протокола, значения индекса УФ достигали бы отметки 25 во всех обитаемых местах планеты (Рис.6). На тропических равнинах, индекс УФ превышал бы отметку 50, что в четыре раза превышает допустимый предел. Такие запредельные значения индекса УФ были бы реальными, не будь Монреальского протокола, человечество такого не испытывало за всю историю своей эволюции. И становится абсолютно ясно, как эти небывалые индексы УФ, из сценария “То, чего мир избежал”, повлияли бы на возникновение рака кожи и другие аспекты здоровье человека.

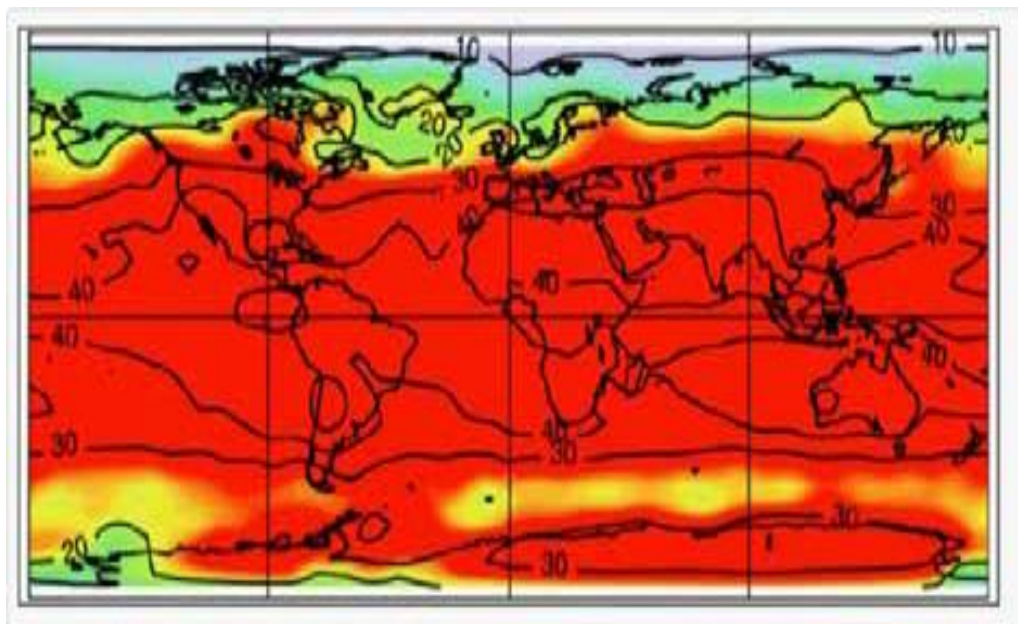


Рисунок 6. Индексы УФ в сценарии “То, чего мир избежал”. Значения индексов УФ (смотрите Блок 7) для 2090 года из сценария “То, чего мир избежал”, т.е. без успешной реализации Монреальского протокола. Заметьте, что регионы, закрашенные красным, превышают максимальный допустимый уровень УФ индекса, который есть на земле в настоящее время (примерно равен 25, встречается в высокогорных районах в Андах, при определенных условиях).

Рак кожи в сценарии “То, чего мир избежал”

Количество моделей, показывающих как стратосферный озон и индексы УФ будут меняться, не будь Монреальского протокола, продолжает расти. Начиная с 1990 годов, в эти модели включены взаимосвязи между повышенным уровнем УФИ и риском развития рака кожи, чтобы произвести количественную оценку случаев заболевания раком кожи в сценарии “То, чего мир избежал”.

Одна из последних моделей, разработанная Нидерландским национальным институтом здравоохранения и защите окружающей среды, на базе предыдущих

моделей рассчитывает, как изменилась бы скорость заболевания раком кожи в сценарии “То, чего мир избежал” (Рис.7). Основные цифры этого исследования говорят, что успешная реализация Монреальского протокола, ежегодно предотвратила 2 миллиона случаев заболевания раком кожи в период до 2030 года. Эта модель не делает прогнозов после 2030 года, но, если мы примем самые обычные предположения, о том, что влияние УФ на возникновение рака кожи остается на уровне 2030 года, мы получим такие данные, что около 150 миллионов случаев заболевания раком кожи будут предотвращены к 2100 году.

Однако, существует временная задержка равная годам или декадам, между первичным нарушением кожного покрова и развитием видимого рака кожи (см. выше). Это означает, что увеличение количества заболеваний раком кожи до 2030 года, по большому счету, было бы результатом воздействия УФИ в конце 1990-х годов или в начале 21 века. Это еще до того, как произошло бы значительное разрушение озонового слоя в середине века, по сценарию “То, чего мир избежал”.

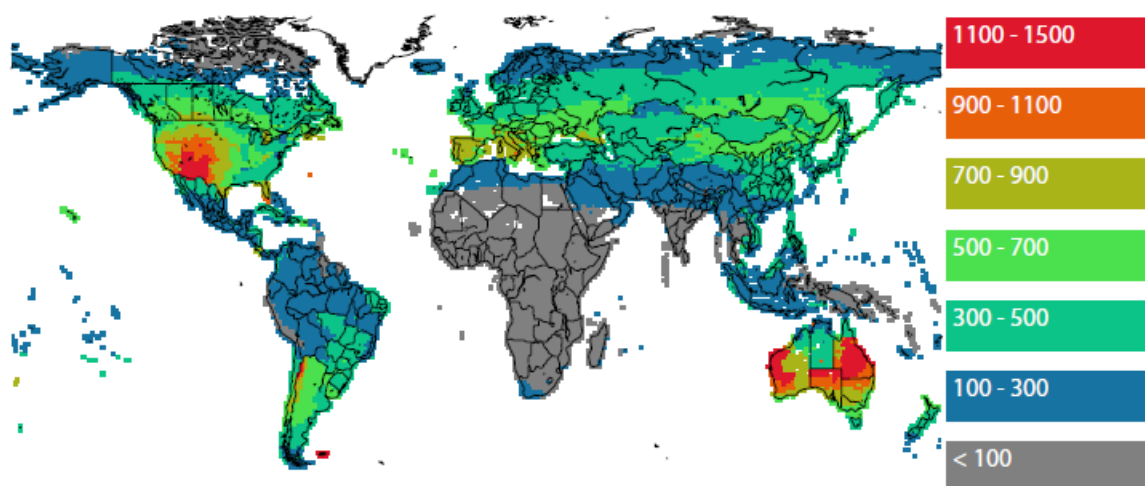


Рисунок 7. Модельные расчеты, не произошедших случаев заболевания раком кожи, благодаря реализации Монреальского протокола за период до 2030 года. Данные показывают новые случаи заболевания среди миллиона людей за год.

Другие модели оценили влияние Монреальского протокола на снижение количества заболеваний раком кожи в течении долгого периода, но лишь для определенных частей света. Еще в 1996 году была первая публикация о такой модели. Это исследование рассматривало изменения в динамике заболеваний раком кожи до 2100 года в США и северо-западной Европе. Модель предсказала, что без эффективной защиты озонового слоя, случаи заболевания раком кожи постепенно увеличивались бы. Такой рост заболеваний был бы относительно небольшим в ранних декадах века, но потом он бы стремительно ускорился (Рис. 8). Было предсказано, что эффективная реализация Монреальского протокола предотвратит примерно два миллиона дополнительных случаев заболевания раком кожи ежегодно в США и северо-западной Европе до 2100 года.

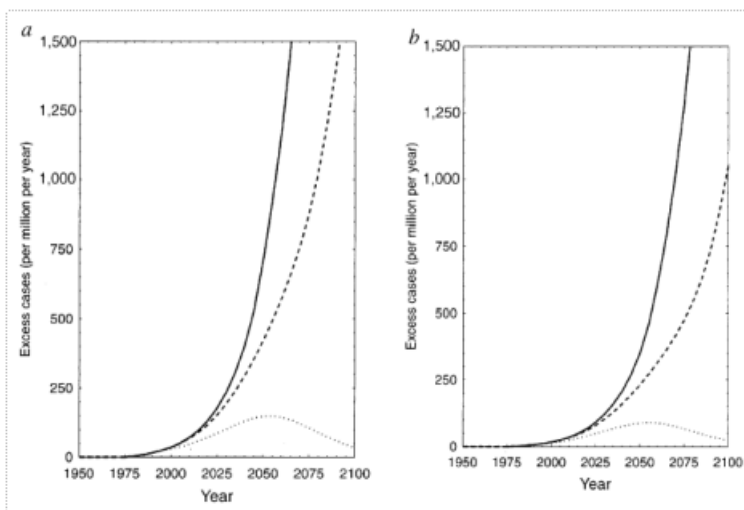


Рисунок 8. Модельные расчеты увеличения количества заболеваний раком кожи в США (a) и северо-западной Европе (b) по сценарию “То, чего мир избежал”, т.е. без успешного осуществления Монреальского протокола, по сравнению с базовым уровнем с полной реализацией протокола. 2030 год – это дата, используемая для глобальной модели, показывающей, сколько случаев рака были предотвращены.

Агентство по охране окружающей среды (АООС), США, разработало модели, которые рассматривают долгосрочные преимущества Монреальского протокола для здоровья человека, связанного с раком кожи, в сценарии “То, чего мир избежал”. Эти модели, впервые были разработаны в 2006 году, и обновлены в 2015 году, и они рассматривают случаи рака кожи лишь в США, для людей родившихся в период с 1980 года по 2100 год. **В отчете АООС за 2015 год сказано, что только в США, Монреальский протокол и его поправки, предотвратят в общем количестве 275-330 миллионов случаев заболевания немеланомным раком кожи, и 8-10 миллионов случаев злокачественной меланомы.** Даже несмотря на то, что в США предоставляется медицинское лечение на высоком уровне, эти дополнительные случаи рака кожи привели бы к более чем полутора миллиону дополнительных смертей. Согласно отчету АООС за 2006 год, эти дополнительные случаи рака кожи произошли бы во второй половине века. Более 80% дополнительных раковых заболеваний пришлось бы на людей, родившихся после 2015 года.

Ни одна из этих моделей, не может предсказать точное количество случаев рака кожи в будущем. Все они признают ограниченность методологии, и что их прогнозы имеют некоторую степень неопределенности (см. Блок 5). Однако, все существующие модели показывают одинаковые “приближенные” предсказания, о том, что Монреальский протокол предотвратит как минимум сто миллионов случаев рака кожи к 2100 году, или может даже и больше.

Блок 5. Методы и ограничения в моделировании здоровья человека в сценарии “То, чего мир избежал”.

Все модели, предсказывающие заболевания раком кожи в сценарии “То, чего мир избежал”, большое внимания уделяют к ограниченности своих прогнозов. Даже если понимать все аспекты влияния истощения озонового слоя на здоровье человека, моделирование будущих случаев заболевания раком кожи требует того, чтобы учитывались экологические факторы, биологические факторы заболевания и факторы человеческого поведение.

Из этих трех факторов наименьшую неопределенность, вероятно, имеют переменные, характеризующие данные окружающей среды, т.е. будущие

изменения в озоновом слое и ультрафиолетовом излучении. Однако, модели были со временем обновлены, и они применяли новые данные о будущих тенденциях озоноразрушающих веществ и содержания озона, включая воздействие климата на стратосферный озон. Также в моделях были уточнены влияние облачности и других факторов на ультрафиолетовое излучение.

К биологическим факторам относятся уровень влияния различных длин волн ультрафиолетового излучения на основные виды рака кожи, уровни смертности и защитные свойства кожи, в зависимости от пигментации. Эффект растущего и стареющего населения тоже надо учитывать. Отчет АООС США от 2006 года предполагает, что биологические факторы могут иметь долю неопределенности равную 60 процентам в оценке рака кожи в США. Расширения моделирования до глобального уровня приведет еще к большей неопределенности.

Самую большую долю неизвестности, при прогнозировании будущего рака кожи, имеет фактор поведения. Конечно, в мире, где нет Монреальского протокола, люди бы ясно осознавали угрозу УФ излучения. И они могли бы предупредить некоторое количество случаев рака кожи, просто избегая пребывания на солнце. Какие необходимые изменения в поведении человека могли бы произойти – это все еще остается неизвестным фактором. Согласно сценарию “То, чего мир избежал”, человечество бы жило в мире, где уровень УФ радиации превышал бы во много раз тот уровень, что сейчас описывается как “незащищенные участки тела и глаза могут обгореть за считанные минуты”. Трудно даже представить, степень изменения в поведении человека в таком опасном мире.

Ожидаемые показатели рака кожи в будущем.

Как было сказано ранее, Монреальский протокол, снизил истощение озонового слоя, и тем самым предотвратил значительного повышения уровня УФ радиации. Согласно предсказаниям, продолжение реализации Монреальского протокола позволит повысить концентрацию стратосферного озона до конца 21 века. Такое повышение концентрации будет происходить и на полюсах, в южном полушарии будет уменьшаться огромная озоновая дыра, возникшая еще в 1970-х годах. Также эти изменения будут происходить и в содержании общего озона над Антарктидой, и это повлияет на уровень УФ радиации. Интенсивность УФ радиации будет снижаться до уровня, что был до значительного разрушения озонового слоя. В других частях планеты потенциальное сверх восстановление озонового слоя (смотрите главу 20) может привести к тому, что интенсивность УФ радиации окажется ниже, чем была в прошлом.

Однако, изменения уровня УФ радиации, связанные с изменением озонового слоя, вероятно, будут незначительными в тропических широтах. Так как другие экологические факторы могут иметь большее влияние на интенсивность УФ радиации в будущем. К этому относятся изменения облачности, связанные с будущим изменением климата. В больших городах, загрязнение воздуха имеет большое влияние на интенсивность УФ радиации, так как загрязнители воздуха, такие как твердые частицы и приземный озон, поглощают УФ радиацию и снижают ее уровень. Улучшения городского воздуха, которые ожидаются во многих городах развивающихся стран, означают уменьшение концентрации этих загрязнителей, и

это приведет к местному увеличению индекса УФ, по сравнению с настоящим уровнем.

Сильная взаимосвязь между воздействием УФ и раком кожи, требует сохранения бдительности относительно будущих изменений в интенсивности УФ. Анализ результатов показал, что незначительное увеличения УФ радиации, которое произошло в 1970-х годах, даже и с действием Монреальского протокола, может привести к дополнительным заболеваниям раком кожи, и пик этих заболеваний будет в период между 2040 и 2060 годами. Однако, **возможно поведение человека будет иметь наисильнейшее влияние на будущие случаи заболевания раком кожи.** В некоторых странах уровень заболеваний злокачественной меланомой стабилизировался, но это может быть и исключением из правил. А в некоторых странах, уровень информированности населения о рисках, связанных с долгим пребыванием под солнечными лучами, стал ниже, чем несколько лет назад.

Эффективные программы государственного здравоохранения и образования, например, как INTERSUN (см. Блок 4), будут оставаться актуальными. Без них, предотвращение рака кожи, благодаря успеху Монреальского протокола, может быть под угрозой, из-за неспособности изменить отношение общества к солнечному излучению.

Истощение озонового слоя, УФ радиация и глазные болезни

Чтобы мы могли видеть, свет должен пройти к светочувствительным клеткам сетчатки глаза. В человеческом глазе, происходит поглощение обоих видов лучей УФ-В и УФ-А, прежде чем они достигнут сетчатки. Несмотря на то, что сетчатка имеет защиту от УФ, часть поглощенной УФ радиации может нанести вред здоровью глаза.

Недолгое влияние УФ радиации может навредить глазам (роговице или конъюнктиве, см. Рис. 9). Широко известное заболевание глаз, на сегодняшний день, является слепота. Снег, с высоким коэффициентом отражения, вместе с интенсивным солнечным облучением в высокогорных районах, могут привести к высокому уровню УФ радиации, и это значит, что нужны более эффективные меры защиты глаз. Такой же вред могут нанести искусственные источники УФ радиации. Например, ожог роговицы глаза происходит из-за УФ-С радиации, образующейся при сварочных работах.

В более долгосрочной перспективе, воздействие УФИ связано с рядом серьезных глазных заболеваний. К ним относятся раковые болезни глаза, которые сопоставимы с раком кожи, вызванными УФ излучением, но встречаются они гораздо реже. Вероятно, самым важным долгосрочным воздействием УФИ на глаза является повышенный риск возникновения катаракты. По данным ВОЗ, около 51% слепоты во всем мире вызвано катарактой. Ежегодно около 16 миллионов человек страдают от потери зрения из-за развития катаракты.

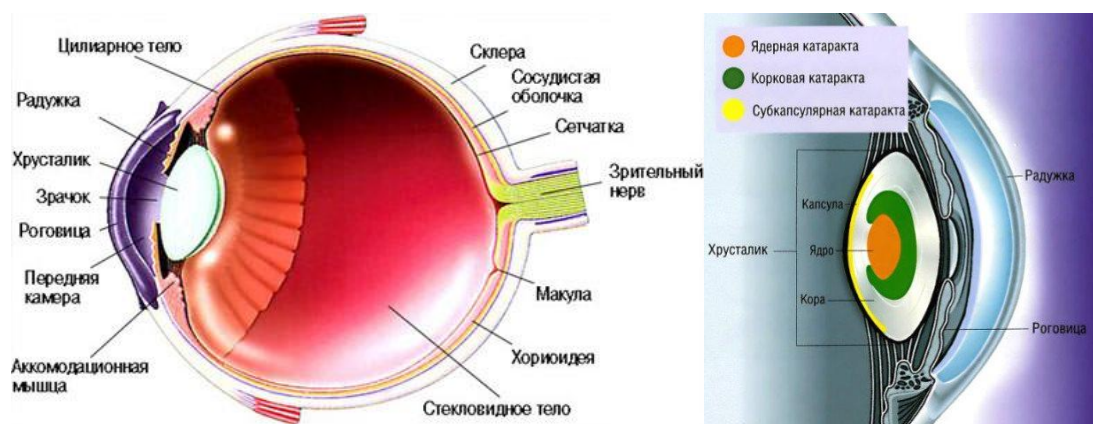


Рисунок 9. Структура человеческого глаза. Рисунок слева иллюстрирует основную структуру глаза в поперечном сечении. Рисунок справа - увеличенная иллюстрация объектива, показывающая расположение трех основных типов катаракты. Ультрафиолетовое излучение сильно способствует образованию катаракты глаза.

УФ и катаракта

Катаракта возникает, когда хрусталик глаза становится мутным (Рис. 9). На ранней стадии катаракта вызывает помутнение зрения. Без соответствующего лечения, изменения в хрусталике глаза и потеря зрения становятся необратимыми. Катаракта классифицируется в зависимости от того, какая часть хрусталика повреждена. Взаимосвязь между катарактой и воздействием солнечного ультрафиолетового излучения заключается в том, что УФИ приводит к одному типу катаракты – кортикальной (корковой) катаракте. Также очевидно, что УФ-В, оказывает большее влияние, чем УФ-А [7].

Агентство по охране окружающей среды США опубликовало результаты исследования, которое позволяет оценить степень изменения заболеваний катарактой в мире, как и для случаев рака кожи, в случае, если Монреальский протокол не был успешно реализован. В отчете АООС от 2015 года сделан вывод о том, что к 2100 году **отсутствие контроля над истощением озона, привело бы к тому, что только в США, были бы зафиксированы в общей сложности от 45 до 50 миллионов случаев дополнительной катаракты глаз.**

Как и в случае с моделями, для прогнозирования заболеваемости раком кожи, моделирование будущей заболеваемости катарактой, в сценарии «То, чего мир избежал», может дать только широкие оценки. Авторы отчета оценивают неопределенности в своей модели и отмечают, что они обрабатывают все типы катаракты вместе, тогда как УФ воздействует только на один тип [16]. Несмотря на то, что методы, используемые АООС, могут переоценивать данные о США, их необходимо принимать во внимание, так как катаракта имеет опасную особенность, она вызывает слепоту, не только в США, но и во всем мире. Прогнозы о заболеваниях катарактой, при помощи глобальных моделей «То, чего мир избежал», не были опубликованы ранее, но на основе имеющихся доказательств разумно предположить, что к 2100 году Монреальский протокол, вероятно, поможет избежать десятков миллионов случаев катаракты во всем мире.

Истощение озонового слоя, УФ радиация и иммунная система

Люди, как и все другие живые организмы, постоянно подвергаются атаке микроорганизмов, которые могут привести к заболеваниям. Наши тела защищены от таких атак, в теле есть много механизмов защиты, и вместе они формируют иммунную систему (см. Блок 6). В последние декады, стало очевидным, что УФ радиация влияет на иммунную систему человека, и это влияние имеют сложный характер. УФ-В и УФ-А излучения оказывают разное влияние на иммунную систему, и различные компоненты иммунной системы реагируют по-разному на эти воздействия (см. Блок 6).

Исследования на животных показали, что воздействие УФИ может ухудшить состояние здоровья при некоторых инфекционных заболеваниях. Имеются также свидетельства того, что повышенное воздействие солнечного излучения может ухудшить состояние при инфекции простого герпеса у людей и, возможно, снизить эффективность вакцинации.

Аутоиммунные заболевания включают такие заболевания, как диабет I типа, рассеянный склероз, ревматоидный артрит и воспалительное заболевание кишечника. Частота или тяжесть некоторых из этих заболеваний различны по всему миру, особенно в зависимости от широты местности. Это привело к предположениям, что аутоиммунные заболевания могут зависеть от воздействия УФ излучения. Рассеянный склероз является серьезным доказательством того, что изменение УФИ оказывает значительное влияние на это аутоиммунное заболевание. Доказательство заключается в том, что заболеваемость и тяжесть рассеянного склероза снижаются в более низких широтах, по крайней мере, у людей со светлой кожей. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что воздействие ультрафиолетового излучения в раннем детстве или даже во время беременности, может быть особенно важным риском для заболевания рассеянным склерозом в будущем.

Как и в случае других последствий для здоровья, успех Монреальского протокола в сохранении озонового слоя означает, что небольшие изменения в УФ, которые произошли с 1970-х годов, и предсказанные в 21 веке, вряд ли окажут видимое воздействие на иммунную функцию человека. Тем не менее, реакция иммунной системы на изменение УФ облучения, в зависимости от местности, или поведения на солнце, остается актуальной для понимания особенностей ряда заболеваний.

Блок 6. Иммунная система и реакция на УФ радиацию

Иммунная система человека имеет множество механизмов, чтобы защитить нас от нападения микроорганизмов и химических веществ. Врожденная иммунная система реагирует мгновенно, используя механизмы против воспаления такие, как защитные химические вещества (антимикробные пептиды) и некоторые типы белых кровяных телец (фагоцитов). В отличие от врожденной иммунной системы, приобретенная иммунная система очень специфична и долговечна. Приобретенный иммунитет включает производство антител и ряда белых кровяных клеток, которые имеют определенные свойства, в зависимости от инородной молекулы. Вакцинация обеспечивает длительный приобретенный иммунитет против

некоторых распространенных инфекций. УФИ может влиять на иммунную систему посредством воздействия на несколько молекул-мишеней. Несмотря на эту сложность, вероятно, что воздействие УФ излучения увеличивает активность врожденной иммунной системы, но снижает активность приобретенной иммунной системы.

Истощение озонового слоя, УФ радиация и витамин D

В последние несколько десятилетий было серьезное переосмысление того, как солнечный УФ может влиять на здоровье, особенно при производстве витамина D в коже.

На протяжении веков известны такие костяные деформации, как рахит. С более глубоким пониманием роли витаминов для здоровья человека стало ясно, что рахит был вызван недостатком витамина D. К 20-м годам стало понятно, что люди могут синтезировать витамин D в коже, если она подвергается воздействию солнечного света. Теперь известно, что именно УФ-В лучи в солнечном свете способствуют синтезу витамина D.

Такие продукты, как жирная рыба, являются естественными источниками витамина D, а некоторые продукты могут содержать добавленный витамин D, но для большинства людей основным источником витамина D является его синтез в коже. Дефицит витамина D может развиваться, когда кожа становится неспособной синтезировать необходимый витамин D.

УФ-излучение и дефицит витамина D

Производство витамина D в коже зависит от воздействия солнечного света. Зимой, в умеренных широтах, УФ-В лучей в солнечном свете может быть недостаточно для синтеза витамина D. Зимняя одежда, которая скрывает большую часть кожи, а также, то, что человек мало проводит времени на открытом воздухе, еще больше уменьшает синтез витамина D. Пигменты, которые защищают нашу кожу от УФ-повреждений, также могут уменьшить производство витамина D, поэтому люди, живущие на одной и той же широте, но с более темной кожей чаще испытывают дефицит в витамине D, по сравнению с людьми со светлой кожей.

Многие исследования показали, что концентрация витамина D в организме снижается зимой в умеренных широтах. Пока точно не ясно, до какого уровня должна упасть концентрация витамина D, чтобы считаться дефицитной и как это может повлиять на здоровье.

Болезни, связанные с дефицитом витамина D

В последние годы было высказано предположение, что витамин D играет гораздо более большую роль в здоровье человека, чем просто предотвращение заболеваний костей. Дефицит витамина D связан с повышенным риском ряда заболеваний. К ним относятся такие инфекции, как туберкулез, аутоиммунные заболевания, особенно рассеянный склероз, и ряд внутренних раковых образований (например, рак толстой кишки, груди, матки и предстательной железы).

Влияние витамина D на здоровье человека, является предметом многих дискуссий. Отчасти это объясняется тем, что некоторые доказательства влияния витамина D основаны на изменчивости заболеваемости в зависимости от широты

местности. Такое изменение легко коррелирует с изменением интенсивности УФ излучения. Однако влияние УФ излучения, например, на иммунную систему, также может объяснить эти географические особенности некоторых заболеваний.

Сейчас стало известно, что **небольшое воздействие солнечного УФ** полезно для здоровья, и это связано не только с витамином D, или другими процессами. Этот факт ставит человека, и тех, кто ответственен за здоровье человека перед трудным выбором. Как мы можем получить достаточное количество УФ, и при этом избежать его переизбытка? И кроме того, позволят ли будущие изменения озонового слоя, найти баланс между “полезным” и “вредным” воздействием УФ радиации.

К сожалению, не существуют точных правил о “правильном количестве” воздействия солнечного света. Все люди имеют разную степень чувствительности к УФ радиации, и разную потребность в УФ для синтеза необходимого количества витамина D. Большое влияние, также, оказывает широта местности, в экваториальных широтах наблюдается низкий уровень риска, связанный с дефицитом витамина D, а вот риск получить вред от УФ очень велик.

Восстановление озонового слоя в течении следующих десятилетий вряд ли будет способствовать снижению уровня УФ радиации, и также это не повлияет на время пребывания на солнце, для получения загара или синтеза витамина D. Например, модели изучающие эти аспекты воздействия УФ радиации, предполагают, что для людей со светлой кожей, время пребывания на солнце чтобы получить загар и синтезировать витамин D, увеличится лишь на несколько минут, в течении периода между сегодняшним днем и 2100 годом (Рис. 10). Времени, для выработки нужного количества витамина D, требуется гораздо меньше, чем для получения загара. Останется неизменной информация о том, что излишнее воздействие УФ радиации в долгосрочной перспективе несет вред здоровью, особенно повышает риск заболевания раком кожи. Такие программы, как INTERSUN (Блок 4) будут оставаться важными для образования в сфере здоровья.

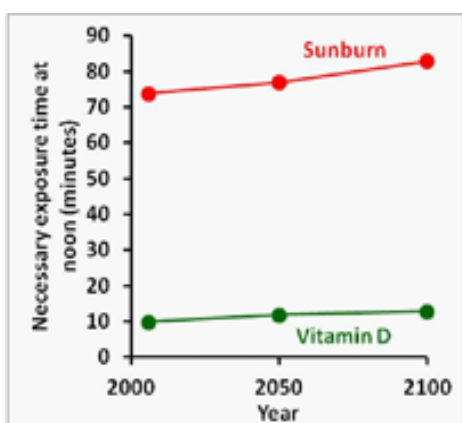


Рисунок 10. Прогнозируемые изменения во времени, необходимом для получения легкого загара или для синтеза витамина D, с учетом изменений в уровне УФ радиации в 21-м веке. Время воздействия указано для 52° северной широты весной, и предположительно для человека, со светлой кожей, и чувствительного к УФ радиации (II тип кожи). Время, необходимое для синтеза 1000 международных единиц витамина D, для человек с открытыми лицом и руками.

Другие выгоды Монреальского протокола для здоровья

Предупреждение увеличения заболеваний раком кожи и катарактой, это очевидные преимущества для здоровья человека от защиты озонового слоя. Мы

даже можем начать количественную оценку преимуществ реализации Монреальского протокола.

Однако, Монреальский протокол имеет ряд других положительных сторон для здоровья. Некоторые вещества, разрушающие озоновый слой, очень токсичны для человека. Замена таких токсичных озоноразрушающих веществ на менее токсичные, способствует понижению риска для здоровья пользователей. А некоторые озоноразрушающие вещества такие, как ХФУ также имеют высокий уровень потенциала глобального потепления. Монреальский протокол способствовал замене таких ХФУ, химикатами, которые имеют меньшую степень парникового эффекта, и таким образом внес неоценимый вклад в защиту климата. На самом деле, это поможет снизить риски для здоровья, связанные с повышением температуры и других показателей изменения климата.

Сценарий “То, чего мир избежал” рассматривает влияние повышенной УФ радиации не только на человека. Неконтролируемое разрушения озонового слоя повлияло бы на другие организмы, экосистемы и экологические процессы, и это могло бы иметь существенные последствия для здоровья человека.

Наши знания о механизмах косвенного влияния разрушения озонового слоя на качества воды и воздуха или на производство пищевых продуктов, показывают, что истощение озонового слоя приведет к изменениям в этих процессах через короткий промежуток времени. Этот период равен временному периоду от нескольких лет до декад, когда проявляется прямое влияния на здоровье человека. Таким образом, эти косвенные изменения проявились бы немного раньше, чем рак кожи и катаракта, в сценарии “То, чего мир избежал”. Такие “косвенные” изменения затронули бы каждого человека на земле. Так как каждому необходимы соответствующая, питательная пища, и каждый нуждается в питьевой воде и чистом воздухе.

Пока невозможно уточнить масштабы или сроки этих косвенных последствий истощения озонового слоя для здоровья человека. Но, несмотря на неопределенность в отношении косвенных последствий, они, несомненно, должны учитываться в оценке преимуществ Монреальского протокола для людей и стран по всему миру.

Влияние истощения озонового слоя на климат

Исследования экологических последствий истощения озонового слоя почти полностью сосредоточены на изменениях УФ излучения. В последние несколько лет стало ясно, что истощение озона также может оказывать значительное воздействие на климат, и что это может повлиять и на для людей. Даже при успешном осуществлении Монреальского протокола, антарктическая озоновая дыра вызывает изменения климата на значительных участках южного полушария, включая изменения температуры и количества осадков.

Изменения качества воды

УФ-излучение, естественно присутствующее в солнечном свете, может убивать болезнетворные микроорганизмы в водных объектах и тем самым уменьшать количество болезней, передающихся через воду. УФ может также увеличить скорость разложения органических загрязнителей. В сценарии “То, чего мир избежал” эти очищающие эффекты УФ-излучения увеличились бы. Однако

любое положительное воздействие УФ на здоровье человека, вероятно, было бы очень небольшим по сравнению с негативными последствиями.

Изменения в продовольственной безопасности

Многие зерновые культуры реагируют на нормальное сезонное изменение интенсивности УФИ, но эти влияния редко наносят ущерб производству или качеству зерновых культур. С другой стороны, есть веские доказательства того, что, если УФ, особенно УФ-В, увеличится выше нынешнего диапазона, тогда он может угрожать урожаю и его качеству. В настоящее время, соотношения между увеличенным УФ-В и производством продуктов питания, в сценарии “То, что мир избежал”, не могут быть количественно определены.

Это связано с тем, что каждый вид зерновой культуры будет реагировать по-разному, и лишь немногие из них изучены подробно. Дополнительным фактором является диапазон УФ излучения, используемый в полевых исследованиях зерновых культур. Например, инновационный обзор о реакциях зерновых культур, оценивал более чем 20 процентную потерю озона, как «высокий уровень истощения озонового слоя». Вероятно, это была точная оценка мира, где Монреальский протокол был реализован лишь частично, но он не так критичен по сравнению с предсказаниями истощения озонового слоя в сценарии “То, чего мир избежал”. В некоторых случаях эти прогнозы приближаются к 80% разрушению озонового слоя. Тот же обзор, о реакциях зерновых культур, показал, что «более высокие» потери озона (20-30 процентов) сократили бы биомассу растений в среднем на 16 процентов. Эта цифра включает большинство основных продовольственных культур в мире, и дает некоторое представление о потенциальных последствиях неконтролируемого истощения озонового слоя для сельскохозяйственной отрасли.

Понятно, что некоторые экономически выгодные виды рыб могут быть подвержены влиянию УФ, либо в зрелом возрасте, либо во время развития. УФИ может также оказать негативное последствие на планктон, который составляет основу морской пищевой цепи и, в конечном счете, снизить продуктивность рыбного промысла. Однако трудность заключается в том, что экспериментальные исследования влияния УФ на водные экосистемы, особенно морские, не могут оценить масштабы влияния неконтролируемого истощения озонового слоя на рыбный промысел.

В заключении, мы пока не можем количественно оценить масштабы косвенных последствий истощения озонового слоя для здоровья человека. Однако, можно сказать, что неконтролируемое истощение озонового слоя способствует глобальной продовольственной нестабильности, со всеми вытекающими последствиями для здоровья человека.

Выводы: экономическая оценка преимуществ Монреальского протокола для здоровья

Несколько раз была произведена финансовая оценка выгод от Монреальского протокола. Самые последние из этих оценок свидетельствуют о том, что польза для здоровья составляет около 80 процентов от общего экономического эффекта Монреальского протокола, который к 2060 году будет оцениваться в 1,8 триллиона

долларов США (Рис. 11). Часть такой выгоды исходит из того, что не было расходов на медицинское обслуживание, связанное с лечением большого количества не летальных раковых заболеваний кожи и катаракты, ожидаемых в сценарии «То, чего мир избежал».

Гораздо большую финансовую выгоду составляет спасенные жизни, которые могли бы заболеть раком кожи, особенно злокачественной меланомой. Это составляет около 50 процентов всей экономической выгоды Монреальского Протокола.

Согласно сценарию “То, чего мир избежал”, продолжение разрушение озонового слоя вплоть до 2050 года, привело бы к сильному увеличению интенсивности УФ радиации во второй половине века. Экономические последствия таких изменений для мирового здравоохранения еще следует подсчитать (см. выше). Однако, возможно, финансовые выгоды Монреальского протокола к концу века будут значительно превышать подсчитанные финансовые выгоды до 2060 года.

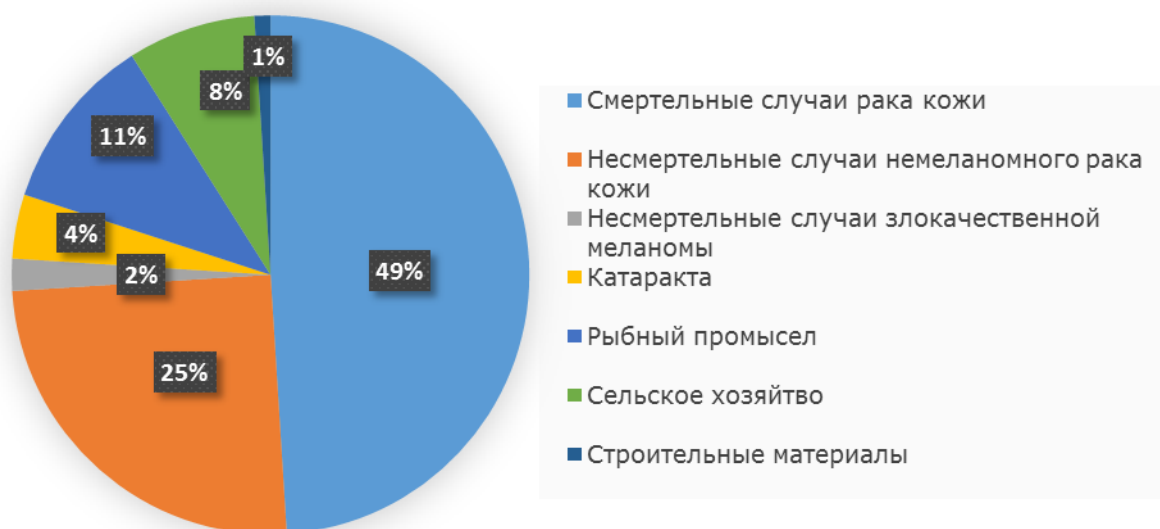


Рисунок 11. Финансовые выгоды от Монреальского протокола до 2060 года. На рисунке указаны значения в миллиардах долларов США в соответствии с курсом 1997 году.

Заключительные замечания

Большая часть этой брошюры рассказывает о том, как бы изменилось состояние здоровья человечества, если бы Монреальский протокол не был бы успешно реализован. Модель “То, чего мир избежал” показала нам тот мир, в котором, к счастью, ни мы, ни наши дети, ни дети наших детей, не будут жить. Эти модели, в совокупности с глубоким пониманием биологического влияния УФИ на здоровье, подтвердили ту угрозу, что висела над здоровьем людей, и которую признали все стороны, когда они подписывали Монреальский протокол в 1987 году. Наши знания о сценарии “То, чего мир избежал” будут углубляться и расширяться. Модели озонового слоя и УФ радиации для сценария “То, чего мир избежал” становятся все точнее. Возможно, мы движемся к тому, чтобы объединить все эти бесчисленные модели, чтобы сделать более точные предсказания. И это может нам помочь заполнить пробелы в знаниях, которые нам мешают оценить все выгоды от реализации Монреальского протокола.

Например, мы не в состоянии сейчас оценить, как изменилось бы здоровье человека в сценарии “То, чего мир избежал” после 2100 года. Ограниченность нынешних моделей также не дает нам оценить косвенные выгоды такие, как производство продуктов питания.

Там не менее, сейчас понятны каковы бы были масштабы вреда здоровью, если бы мы не защитили озоновый слой. Здоровье и благосостояние сотен миллионов людей, многие из которых еще не родились, были защищены согласованными действиями Сторон с 1987 года. Существует ли лучший ответ на вопросы о причинах защиты озонового слоя? И есть ли какая-нибудь причина, чтобы не отметить достигнутых успехов этой защиты?

Блок 7: Измерение УФ радиации – индекс УФ

УФ излучение, достигающее поверхности Земли, разделяется на УФ-А и УФ-В излучения. Эти две части УФ спектра определяются по длине волны. УФ-В имеет длину волны от 290 до 315 нм, УФ-А - от 315 до 400 нм.

Часто можно обобщить влияния УФ-А и УФ-В, например, сказав “УФ-В более опасен, чем УФ-А”. Однако этого недостаточно для полного понимания воздействия УФ на здоровье человека. Каждый объект, на который воздействует УФ, будь то молекула, подобная ДНК, или процесс, такой как развитие рака, имеет особую реакцию на различные длины волн ультрафиолетового излучения.

Используя эти характерные реакции на длину волны, мы можем увидеть изменения в балансе различных ультрафиолетовых волн в солнечном свете. Эти изменения зависят от широты местности и времени года, также от степени истощения озонового слоя.

Для исследований влияния УФ на здоровье человека, используется загар, как индикатор реакции на определенную длину волны. Исследователи часто определяют уровень УФ по степени солнечного ожога (технически известный как “эритемальный УФ”). Это то же самое солнечное УФ, которое было взято как основа для УФ индекса.

УФ индекс показывает уровень солнечной УФ радиации в виде простой, стандартизированной шкалы, которая может использоваться в прогнозах погоды и в другой общей информации. Она описывает «картину», которая позволяет людям делать разумный выбор, касающийся их поведения на солнце.

