

[Оригинальная статья](#)

Глобальные последствия

ядерной войны

для здоровья

Опубликовано в *Бюллетене текущих событий*, Vol. 59,

No. 7, December 1982, pp. 14-26

[pdf опубликованной статьи](#)

Брайан Мартин

Перейти к

[Публикации Брайана Мартина о ядерной войне](#)

[Публикации Брайана Мартина](#)



Дым от лесных пожаров, таких же как этот относительно небольшой на окраине пригорода Сиднея, может существенно уменьшить количество солнечного света, попадающего на землю на короткие периоды времени. В случае полномасштабной ядерной войны дым от образовавшихся пожаров, возможно, может привести к уменьшению солнечного света в средней части северного полушария на 90 процентов или более в течение нескольких месяцев.

**Мы все пойдем вместе, когда пойдем.
Каждый готтентот и каждый эскимос.
Когда воздух станет невыносимым.
Мы все пойдем одновременно.
О, мы все пойдем вместе, когда пойдем.
(Том Лерер)**

В следующей статье д-р Брайан Мартин, не умаляя ужасающих последствий ядерной войны, рассеивает немного мрака, окружающего эту тему – по крайней мере, с точки зрения Австралии – утверждая, что вопреки утверждениям Тома Лерера, мы не можем "все идти вместе". когда мы идем'. В то время как полномасштабная ядерная война опустошит некоторые части Земли, особенно в северном полушарии, имеющиеся данные указывают на то, что «ядерная война не представляет угрозы для выживания человеческого вида».

С тех пор, как 16 июля 1945 года в Аламогордо, штат Нью-Мексико, была взорвана первая ядерная бомба, существует угроза ядерной войны. Пока что единственными ядерными бомбами, использованными в войне, были две бомбы, сброшенные Соединенными Штатами на Хиросиму и Нагасаки шестого и девятого августа 1945 года. Сегодня Соединенные Штаты обладают примерно 30 000 единиц ядерного оружия, Советский Союз – примерно 20 000 единиц, а Китай, Франция. и Британия от нескольких сотен до нескольких тысяч каждая. [1] Некоторые другие страны, такие как Израиль, имеют или вскоре могут иметь небольшие ядерные арсеналы.

В результате бомбардировок Хиросимы и Нагасаки в общей сложности погибло около 300 000 человек – были разные оценки. [2] Каков был бы результат тотальной ядерной войны с использованием сегодняшних арсеналов оружия? Этот вопрос стал более важным для многих людей в 1980-х годах, когда внимание мира снова сосредоточилось на угрозе ядерной войны.

В непосредственной близости от ядерного взрыва большинство жертв происходит в результате взрыва, тепла и осадков в течение первых нескольких дней. [3] Взрыв или высокая температура от бомбы мощностью в одну мегатонну – примерно в 75 раз мощнее бомбы Хиросимы и размера, часто встречающегося в ядерных арсеналах – убьет почти всех людей, даже тех, кто находится в укрытиях, на расстоянии до двух километров. За пределами десяти километров шанс смерти даже для людей без специальной защиты будет очень мал. Если бомба взорвется на высоте, превышающей радиус огненного шара от взрыва, как это произошло в Хиросиме и Нагасаки, то в этом случае локальные осадки минимальны. В случае взрыва на поверхности земли или вблизи неё радиоактивные осадки, смертельные для незащищённых людей, будут выпадать с подветренной стороны – чаще всего на восток, куда дуют преобладающие ветры в верхних слоях атмосферы – на расстояние до сотен километров. Через две недели уровень радиации упадёт примерно до одной тысячной от того, который был через час после взрыва.

Крупная глобальная ядерная война может убить до 400-500 миллионов человек в результате таких последствий, в основном в США, Советском Союзе и Европе и, в меньшей степени, в Китае и Японии. [4] Число погибших будет зависеть от ряда факторов, таких как районы, фактически поражённые оружием, а также степень эвакуации и защиты от радиоактивных осадков. Этот список погибших будет состоять в основном из людей, находящихся в непосредственной близости от ядерных взрывов или с подветренной стороны, и составит около десяти процентов населения мира. Эта цифра была бы намного выше, если бы бомбардировке подверглись большинство крупнейших населенных пунктов в странах по всему миру [5], но нет известных планов *систематических бомбардировок* крупнейших населенных пунктов в таких областях, как Индия, Юго-Восточная Азия и Китай. [6] С другой стороны, если бы ядерная война была ограничена в каком-либо смысле – например, ограничивалась Европой или военными целями, – число немедленных погибших было бы меньше.

Если после ядерной войны случится сельско- хозяйственный или экономический спад или возникнут эпидемии, может погибнуть гораздо больше людей, возможно, несколько сотен миллионов в худшем случае. [7] В первую очередь это будут районы, наиболее сильно бомбардированные, а именно США, Советский Союз и Европа.

Ядерная война также приведёт к различным эффектам дальнего действия, помимо взрыва, тепла и местных осадков. Эти эффекты – эффекты в сотнях или тысячах километров от ядерных взрывов – известны как «глобальные» эффекты. Самый известный из них – это глобальные радиоактивные осадки. Многие люди считают, что эти осадки или какой-либо другой эффект могут привести к гибели большинства или всех людей на Земле в случае крупной ядерной войны. Это идея, изображенная в популярном романе « *На пляже* ». [8] Однако имеющиеся научные данные не подтверждают такой сценарий конца света. Моя цель здесь – описать в общих чертах основные глобальные последствия ядерной войны с прямыми последствиями для здоровья человека. Будут рассмотрены четыре основные категории: глобальные осадки, [9] озон, климат и пожары.

Глобальные последствия

Когда взрывается ядерная бомба, энергия выделяется в результате деления (расщепления) урана-235 или плутония. Есть ряд продуктов этого деления, многие из которых радиоактивны, то есть они нестабильны и рано или поздно распадаются из-за испускания энергичного излучения или частиц. Наиболее известным продуктом деления является стронций-90, который распадается с испусканием бета-частицы. Примерно половина ядер стронция-90 распадается таким образом за период около 28 лет, называемый периодом полураспада. У разных радиоактивных атомов разный период полураспада – от долей секунды до многих миллионов лет. Другими биологически важными радиоактивными веществами, образующимися в результате ядерных взрывов, являются цезий-137 (период полураспада: 27 лет), йод-131 (период полураспада: восемь дней) и углерод-14 (период полураспада: 5600 лет). [10]

Подобная ядерная бомба, взорвавшаяся над Хиросимой, производит в общей сложности около 800 граммов продуктов деления, измеренных через час после взрыва. Огромное тепло, создаваемое взрывом, создаёт огромную волну воздуха, поднимающуюся вверх, в результате чего образуется знакомое грибовидное облако. Высота облака зависит от размера взрыва [11] (см. Рисунок 1). Большая часть продуктов деления уносится в атмосферу этим начальным восходящим потоком. Они становятся опасными для людей, когда возвращаются на Землю.

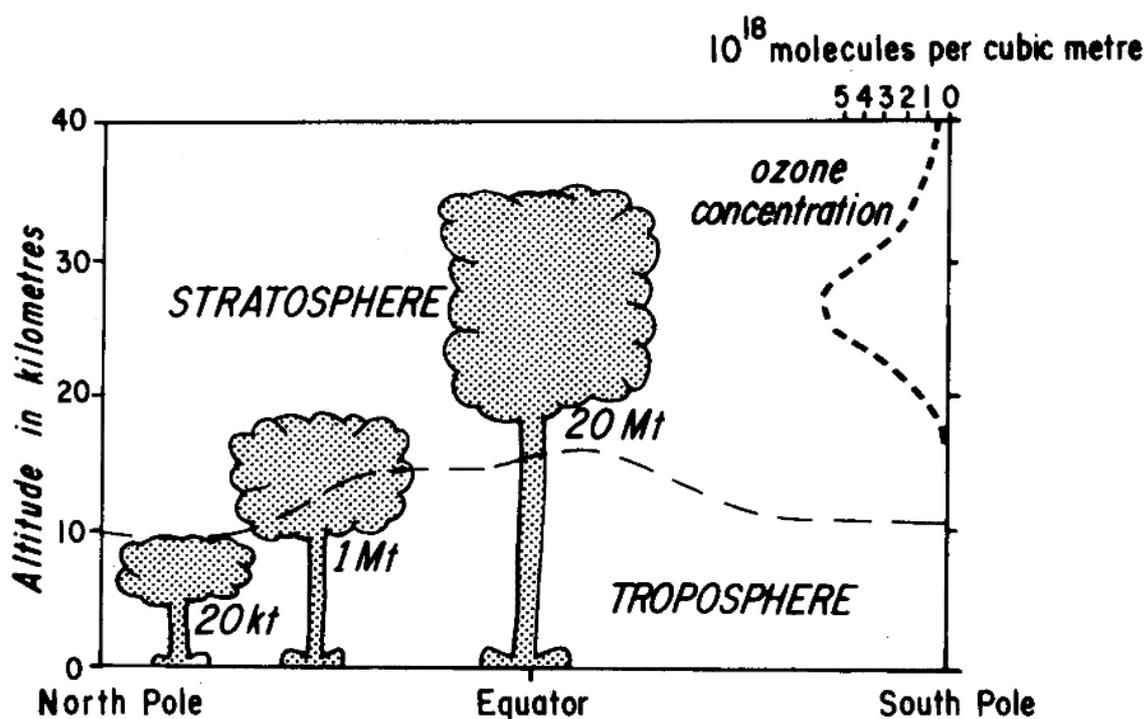


Рис. 1. Типичная конфигурация тропосферы и стратосферы (разделена пунктирной линией) в июле. Приведены примерные высоты облаков от ядерных взрывов мощностью 20 кт, 1 Мт и 20 Мт (ширина не в масштабе). Пунктирная линия – типичное распределение стратосферного озона.

Если бомба взорвётся на или около поверхности земли, большое количество пыли, грязи и других поверхностных материалов также будет поднято восходящим потоком. Некоторые из продуктов деления будут прилипать к этим частицам или к материалу, из которого изготовлена бомба. Самые крупные частицы – камни и галька – упадут обратно на землю в считанные минуты или часы. Более лёгкий материал – пепел или пыль – упадёт на землю в течение нескольких дней или, возможно, превратится в капли дождя. Радиоактивный материал, который возвращается на Землю в течение 24 часов, называется ранними или локальными выпадениями. Это самое опасное.

Как упоминалось ранее, продукты деления содержат смесь различных типов радиоактивных атомов, некоторые из которых распадаются быстро, а другие – гораздо медленнее. Приблизительное эмпирическое правило состоит в том, что с увеличением времени в семь раз средняя скорость распада уменьшается в десять раз. Таким образом, по сравнению со скоростью распада через час после взрыва, скорость будет около десяти процентов через 7 часов, около одного процента через два дня (примерно 7 x 7 часов) и примерно 0,1 процента через две недели (7 часов x 2 дня). (Примерно через шесть месяцев скорость распада падает быстрее, чем эта.) По этой причине раннее выпадение осадков представляет собой наибольшую опасность из-за радиоактивности, вызванной ядерными взрывами.

Радиоактивный материал, который возвращается на Землю более 24 часов, называется отложенными или глобальными выпадениями. [12] Часть отложенных осадков остаётся в тропосфере (см. Рис. 1) в течение дней, недель или месяцев. Эти тропосферные осадки обычно возвращаются на Землю в пределах десяти или 15 градусов широты от первоначального взрыва, в основном за счёт того, что они попадают в капли дождя по мере их образования. Облака ядерных взрывов размером более одной мегатонны частично или полностью проникают в стратосферу и осаждают там продукты деления, которые становятся стратосферными осадками. Поскольку в стратосфере нет дождя и она менее турбулентна, чем тропосфера, радиоактивным частицам в стратосфере могут потребоваться месяцы или годы, чтобы вернуться на Землю. За это время частицы могут перемещаться в любую часть земного шара.

К тому времени, когда стратосферные осадки достигают Земли, её радиоактивность значительно снижается. Например, через год, время, которое обычно требуется для перемещения любого значительного количества продуктов деления из северной в южную стратосферу, скорость распада будет меньше, чем стотысячная, чем через час после взрыва. Именно по этой причине стратосферные осадки не могут вызвать массовое и немедленное заболевание или смерть.

Дозы ионизирующего излучения от четырёх до пяти зивертов [13] на тело человека за один раз достаточно, чтобы вызвать смерть примерно половины людей, подвергшихся его воздействию. Дозы от одного до двух зивертов вызывают болезнь, тогда как доза в ползиверта часто не вызывает явных симптомов, хотя может иметь долгосрочные последствия. Для сравнения: средняя годовая доза ионизирующего излучения для людей от «естественных» причин – от космических лучей, радиоактивности в горных породах и других источников – составляет около одной тысячной зиверта (одного миллизиверта). В среднем ещё один миллизиверт для людей с западным образом жизни вносят источники человеческого происхождения, в основном медицинские рентгеновские лучи. Какое воздействие ионизирующего излучения будет результатом крупной ядерной войны?

В 1950-х и начале 1960-х годов в атмосфере было взорвано большое количество ядерных боеприпасов – всего 430 мегатонн (Мт). Это привело к тому, что среднее воздействие ионизирующего излучения, как внешнего, так и внутреннего, составляет около двух миллизивертов за 30 лет для людей в северном полушарии и примерно одну треть этого уровня в южном полушарии. Крупная ядерная война, приведшая к взрыву 4000 Мт (см. *«Взрывная мощность в ядерной войне»*), в соответствии с простым масштабированием, приведет к среднему облучению в десять раз большему, чем при предыдущих испытаниях.

Многие из взрывов 1950-1960-х годов имели очень высокую мощность, до 60 Мт, но большинство ядерных боеприпасов теперь имеют 2 Мт или меньше. Следовательно, стратосферные осадки от войны в 4000 Мт, вероятно, будут менее чем в десять раз больше, чем от предыдущих атмосферных испытаний. Кроме того, поскольку материал, закачанный в нижнюю стратосферу, с меньшей вероятностью

переместится на большие расстояния перед возвращением в тропосферу, относительные уровни выпадений в южном полушарии из-за взрывов в северном полушарии, вероятно, будут меньше, чем предыдущее соотношение одной трети.

Меньшее попадание радиоактивного материала в стратосферу означает, соответственно, более высокие уровни тропосферных осадков, особенно вблизи широт, где произошли взрывы. Поскольку тропосферные осадки возвращаются на Землю быстрее, чем стратосферные, они более радиоактивны и опасны. Таким образом, переход к ядерному оружию меньшей мощности снизил риск ядерной войны для здоровья от радиоактивности людей, которые находятся далеко от основных регионов ядерного конфликта, но увеличил его для тех, кто находится вблизи широт, где происходят многочисленные ядерные взрывы. Эти выводы являются предварительными, поскольку вполне возможно, что быстрый взрыв 4000 Мт ядерного оружия может сильно изменить атмосферную циркуляцию с неизвестными последствиями для распределения радиоактивных осадков.

Существует две основные опасности воздействия низких уровней ионизирующего излучения: рак и генетические дефекты. По сути, энергетическое излучение и частицы радиоактивного распада могут нарушить структуру клеток в теле или генетическом материале, вызывая или способствуя развитию рака или генетических дефектов. В течение нескольких десятилетий ведутся научные споры по поводу воздействия низких уровней ионизирующего излучения. Поскольку рак и генетические дефекты, вызванные этим излучением, обычно невозможно отличить от рака и генетических дефектов, вызванных другими причинами, имеющихся данных недостаточно для измерения эффекта при низких дозах. Разногласия касаются того, какую теорию лучше всего использовать для экстраполяции доказательств при более высоких воздействиях (от половины до одного зиверта).

В авторитетном отчёте о влиянии ионизирующего излучения под названием Beir III [14] делается вывод о том, что воздействие на все тело 100 миллизивертов приведёт к увеличению смертности от естественных онкологических заболеваний с 0,5% до 1,4% и 50. до 750 дополнительных серьёзных генетических нарушений на миллион живорождений. Согласно этим данным, среднее облучение в 20 миллизиверт в результате отсроченных осадков от ядерной войны может вызвать от 600 000 до 1 700 000 дополнительных смертей от рака и от 40 000 до 600 000 дополнительных генетических дефектов, проявляющихся в течение 50 и более лет. Данные о рисках рака и генетических дефектов от воздействия ионизирующего излучения, используемые Международной комиссией по радиологической защите [15] для целей радиационной защиты находятся в пределах неопределённости, указанной в отчете Бейра. Если учесть влияние углерода-14 на многие тысячи лет, эти цифры следует удвоить.

Ядерные реакторы

Ядерные энергетические реакторы содержат огромное количество радиоактивных материалов. Большое внимание было уделено возможности того, что системы защитной оболочки реактора могут выйти из строя, что приведет к утечке радиоактивности и возможной гибели до десятков тысяч человек. [19] Расплавление и рассеяние части активной зоны ядерного энергетического реактора могло легко произойти в результате нападения на атомную электростанцию с применением обычного или ядерного оружия, которое привело к отключению охлаждения и других систем управления. Однако ещё более разрушительным будет результат прямого попадания ядерного оружия в ядерный энергетический реактор, когда радиоактивный инвентарь ядерного реактора будет непосредственно включен в огненный шар ядерного взрыва. Этот инвентарь затем будет включён в облако выпадений от взрыва. [20]

Короткоживущие продукты распада в реакторе в основном распадаются во время его работы, оставляя более долгоживущие продукты, такие как стронций-90 и цезий-137. Следовательно, хотя радиоактивность от ядерного взрыва мощностью в одну мегатонну остаётся выше, чем от большого (1000 МВт) ядерного энергетического реактора в течение нескольких дней, после этого радиоактивность реактора представляет большую опасность. Если бы таким образом испарились многие активные зоны реакторов, большие территории в сельской местности могли бы стать высокорadioактивными на длительные периоды времени.

Возможно, что ядерные энергетические реакторы станут ядерными целями из-за их высокой экономической ценности, из-за их способности производить плутоний для создания ядерного оружия или из-за разрушительной радиоактивности, которая будет распространяться вокруг. Последний эффект также может быть достигнут путём нападения на хранилища радиоактивных отходов или заводы по переработке. Основные концентрации крупных ядерных реакторов находятся в США, Европе, Советском Союзе и Японии, то есть в тех регионах, которые в любом случае наиболее вероятно будут вовлечены в ядерную войну. Следовательно, если бы ядерные энергетические объекты подверглись атаке, большая часть дополнительных смертей и травм произошла бы в этих регионах. Поскольку активная зона реактора очень хорошо защищена, распространение материалов активной зоны маловероятно, если только они не являются конкретной целью высокоточного оружия.

Плутоний

Особый продукт ядерных взрывов – плутоний. Плутоний-239 является делящимся веществом и используется для создания ядерного оружия. Это также очень опасный радиоактивный материал. Он распадается, испуская альфа-частицу, которая не может проникнуть через лист бумаги или кожу. Но попав в организм, плутоний-239 является сильным канцерогенным агентом. Эксперименты показали, что менее одного миллиграмма нерастворимого оксида плутония определенно достаточно,

чтобы вызвать рак легких у гончих собак. [21] Неизвестно, сколько плутония требуется, чтобы вызвать рак лёгких у человека, но были сделаны оценки всего в несколько миллионных долей грамма.

Преыдущие ядерные взрывы выбросили в атмосферу около 5 тонн плутония. [22] Никто не знает, какое влияние это оказывает на здоровье человека. Одна из самых высоких оценок последствий дана Джоном Гофманом, который считает, что 950 000 человек во всем мире могут умереть от рака лёгких в результате этого плутония в течение многих десятилетий. [23] Ядерная война мощностью 4000 тонн может вызвать выброс в десять раз больше плутония, около 50 тонн, с десятью разовыми последствиями. Большие ядерные энергетические реакторы содержат в среднем около 300 килограммов плутония. Если предположить, что весь плутоний из 20 крупных реакторов – более одной десятой мирового общего количества – был рассеян в ходе ядерной войны в 4000 тонн, это добавило бы ещё шесть тонн плутония к общему количеству, выброшенному в атмосферу. Это будет примерно одна десятая того количества, которое выбрасывается непосредственно в результате самих ядерных взрывов.

Раковые заболевания и генетические дефекты, вызванные глобальными последствиями ядерной войны, проявятся только в течение многих десятилетий и вызовут лишь небольшое увеличение нынешних показателей заболеваемости раком и генетическими дефектами. Научные данные ясно показывают, что глобальные последствия даже самой крупной ядерной войны не представляют угрозы для выживания человечества. Тем не менее, нельзя игнорировать тот факт, что сотни тысяч или миллионы людей, которые пострадают и умрут от глобальных радиоактивных осадков, нельзя игнорировать. Более того, гораздо больше людей погибло бы от радиоактивных осадков в непосредственной близости от ядерных взрывов.

Важность озонового слоя

Солнце излучает свет или излучение в большом диапазоне энергий или частот. Большая часть этого излучения поглощается атмосферой Земли и не достигает поверхности. Человеческие глаза стали очень восприимчивыми к излучению так называемого визуального спектра, которое совсем не поглощается атмосферой. На фиолетовом, высокоэнергетическом конце этой полосы проходящего света находится то, что называется ультрафиолетовым светом или ультрафиолетом.

Ультрафиолетовый свет с высокими энергиями сильно поглощается молекулярным кислородом – кислородом, которым мы дышим – в верхних слоях атмосферы. Это поглощение может привести к распаду молекулярного кислорода на два атома кислорода, каждый из которых, в свою очередь, может реагировать с другим молекулярным кислородом с образованием озона, соединения, состоящего из трех атомов кислорода. В свою очередь, озон сильно поглощает ультрафиолетовый свет, в том числе ультрафиолетовый свет с энергиями ниже, чем у молекулярного кислорода. Небольшое количество ультрафиолетового излучения может быть

полезным, особенно в отношении образования витамина D в коже. Но большие количества могут быть вредными, особенно более энергичные ультрафиолетовые лучи, вызывая солнечные ожоги и рак кожи у людей и отрицательно влияя на рост многих растений. Многие учёные считают, что большая часть биологической эволюции проходила под защитным УФ-экраном озона в верхних слоях атмосферы.

В начале 1970-х годов учёные впервые осознали [24], что оксиды азота играют большую роль в снижении уровня озона путём каталитического разрушения: одна молекула оксида азота может помочь разрушить многие молекулы озона, не разрушаясь при этом сама. [25] Это знание вскоре привело к обеспокоенности по поводу воздействия оксидов азота сверхзвуковых транспортных самолетов (SST) на озон и привело к исследованиям этой проблемы [26], а затем и к исследованиям других угроз для озона, таких как фторуглероды из аэрозолей, спреи и хладагенты. [27]

Ещё одна серьёзная угроза озону исходит от ядерных взрывов. Оксид азота образуется в основном за счёт «сжигания» азота в атмосфере, и это происходит всякий раз, когда температура воздуха достаточно высока: в автомобильных двигателях, в авиационных двигателях и при ядерных взрывах. Исследования образования оксидов азота в результате ядерных взрывов были впервые предприняты в рамках дискуссии по ТПО, чтобы определить, снизили ли испытания ядерного оружия в 1950-х и 1960-х годах наблюдаемые уровни озона. [28] Только в 1974 году Джон Хэмпсон высказал мысль, которую не заметили, а именно, что крупномасштабная ядерная война может вызвать серьёзное и катастрофическое снижение уровня озона. [29]

Проведённые в середине 1970-х годов расчёты, предполагающие наличие крупных ядерных арсеналов с множеством взрывов большой мощности, показали, что сокращение содержания озона может достигнуть 50 процентов или более в северном полушарии с меньшими сокращениями в южном полушарии. [30] Но поскольку количество оружия большой мощности в нынешних ядерных арсеналах теперь меньше, в стратосфере из-за ядерной войны будет выпадать гораздо меньше оксидов азота, чем предполагалось в более ранних расчётах, и поэтому значительное сокращение озона маловероятно. [31]

Этот вывод остаётся предварительным. Реальное поведение стратосферного озона довольно сложно, оно включает в себя множество химических соединений и многочисленные химические реакции, меняющиеся эффекты температуры, угла и интенсивности солнечного света, а также влияние движения воздуха. Компьютерные модели воздействия ядерной войны на озон могут учитывать только часть этой сложности, и, в частности, новая информация о скоростях химических реакций приводила в прошлом к периодическим пересмотрам расчётных эффектов добавленных оксидов азота.

Если бы произошло значительное сокращение озона, наиболее важным прямым воздействием на людей было бы увеличение числа случаев рака кожи. Однако это редко приводит к летальному исходу, и этого можно избежать, уменьшив

воздействие солнечного света. Потенциально более серьёзным будет воздействие на посевы. [32] Некоторые важные зерна, например, чувствительны к ультрафиолету. Трудно оценить, будет ли чистое воздействие на урожайность значительным. Но каким бы ни было сокращение содержания озона, через несколько лет уровни озона в значительной степени вернутся к норме. [9] Кажется маловероятным, что в контексте крупной ядерной войны изменения только в ультрафиолете вызвали бы серьёзную озабоченность. В частности, угроза исчезновения человечества, поднятая Джонатаном Шеллом в «Судьбе Земли», [33] основанный главным образом на эффектах повышенного ультрафиолетового излучения в результате снижения содержания озона, действительно кажется очень незначительным.

Иногда утверждают, что ядерная война может разрушить озон до такой степени, что люди и животные будут ослеплены избыточным ультрафиолетовым излучением. Даже если будет взорвано большое количество высокопроизводительного оружия, такая возможность кажется очень маловероятной, если не считать вклад в снежную слепоту на крайнем севере. Стратосферный озон невозможно полностью удалить, но в лучшем случае он может значительно уменьшить. Даже если произойдёт сокращение озона на 50 процентов или более – а это кажется невероятным с нынешними ядерными арсеналами – защита от ультрафиолета для людей может быть получена с помощью солнцезащитных очков или просто обычных очков, которые поглощают ультрафиолетовое излучение. Для животных актуальны следующие соображения. Уровни озона значительно варьируются от места к месту и время от времени, как сезонно, так и ежедневно (иногда до 50 процентов). Солнечный свет на экваторе обычно проходит через вдвое меньше озона, чем в средних широтах, но известно, что животные на экваторе не слепнут чаще, чем где-либо ещё. Кроме того, наибольшее сокращение озона в результате ядерной войны произойдёт в средних и высоких широтах, где уровни озона выше изначально и где «длина пути» солнечного света через озон увеличивается из-за его наклонного угла падения. Но это не означает, что самоуспокоенность оправдана, как показывают опасения Джона Хэмпсона, количество солнечного света через озон увеличивается из-за его наклонного угла падения.

Альтернативный взгляд Хэмпсона на озоновый слой

Краткое описание вероятных последствий ядерной войны для озона, приведённое до сих пор, по большей части отражает общепринятые научные представления по этой теме. Но есть место разногласиям. Одним из тех, кто думает, что ученые могут недооценивать опасность, является Джон Хэмпсон, который первоначально поднял тревогу по поводу воздействия ядерной войны на озон. Здесь будут изложены некоторые взгляды Хэмпсона [34], чтобы представить его провокационные идеи и проиллюстрировать большие невесомости, связанные с нынешним пониманием глобальных последствий ядерной войны.

Первый важный момент Хэмпсона состоит в том, что стандартные значения, приведённые для количества оксидов азота, выпадающих в результате ядерного оружия в верхние слои атмосферы, могут быть занижены. Он отмечает, что одно из немногих наблюдений оксидов азота после ядерных испытаний с высокой мощностью [35] можно объяснить, если при ядерных взрывах образуется в четыре раза больше оксидов азота, чем в других исследованиях, и что все это депонируется в стратосфере.

Второй важный момент Хэмпсона заключается в том, что значительное сокращение озона может быть вызвано детонацией ядерного оружия на больших высотах. Из-за низкой плотности атмосферы, скажем, на расстоянии 100 километров большая часть гамма-излучения высокого уровня, производимого ядерным взрывом, будет производить рентгеновские лучи, которые проникают на расстояние примерно 40 километров. Из-за низкой плотности атмосферы большая часть энергии бомбы может идти на образование оксидов азота, возможно, в 20 раз больше, чем при взрыве на поверхности.

Если бы оксиды азота оставались на высоте 40 километров, они не вызывали бы большого уменьшения общего содержания озона, поскольку большая часть озона находится на более низких высотах (см. Рисунок 1). Но поскольку озон в 40-километровой зоне будет значительно уменьшен, поглощение ультрафиолетового излучения озоном будет уменьшено, и верхняя стратосфера быстро охладится. Это привело бы к нестабильности в верхней части стратосферы. Хэмпсон считает, что облако оксидов азота будет опускаться примерно на один километр в день, достигнув максимальной высоты озона в 30 километров за 10 дней. Если будет выпущено достаточно взрывной мощности, результатом может быть резкое снижение уровня озона.

Хэмпсон рассматривает несколько сценариев, в которых могут сыграть роль взрывы на большой высоте. Один сценарий включает в себя противоракетные ракеты (ПРО). У Советского Союза есть комплекс ПРО вокруг Москвы, предназначенный для перехвата приближающихся ракет путём взрыва собственного ядерного оружия на большой высоте. Хэмпсон предполагает, что если бы эти ПРО были использованы случайно, возможно, после ложной тревоги, в верхних слоях стратосферы могло бы образоваться большое количество оксидов азота. За десять или 15 дней, необходимых для оседания оксидов азота на расстояние до 30 километров, оксиды азота в облаке разнесутся преобладающими ветрами в верхних слоях атмосферы над Северной Америкой, которые могут подвергаться интенсивному воздействию ультрафиолета в течение недели или около того. Этот сценарий повышает вероятность использования явно «непреднамеренного» использование ПРО или других ядерных взрывов в качестве формы борьбы с окружающей средой за счёт локального истощения озонового слоя.

Хэмпсон согласен с тем, что высокие уровни УФ-излучения не представляют серьёзной прямой угрозы для здоровья человека. Но он менее оптимистичен в отношении воздействия на биосферу. У него есть собственные идеи, противоречащие современной научной ортодоксии, об эволюции озонового слоя в

истории Земли и эволюции жизни под ним. Среди множества поднимаемых им вопросов он считает, что исследования влияния изменений в озоне следует начинать с организмов, которые он называет прокаритоидами, которые способны образовывать аминокислоты непосредственно из природных элементов. Он считает, что следует определить, может ли повышенное УФ-излучение в результате сокращения озона устранить прокаритоиды, и смогут ли люди выжить без своего существования.

Взгляды Хэмпсона изложены здесь не как установленный факт – а это не так, – но для того, чтобы показать те опасности, которые могут существовать, не признанные преобладающими научными взглядами. Это красноречивый комментарий к приоритетам научных исследований: возможности, открытые Хэмпсоном и многими другими, почти не изучаются учёными. На это есть несколько причин. Во-первых, гораздо больше денег доступно для изучения того, как вести ядерную войну – например, как сделать меньшее ядерное оружие или более точные системы наведения ракет – чем на изучение человеческих последствий ядерной войны. Во-вторых, идеи Хэмпсона несколько выходят за рамки основного направления научной мысли об озоне и производстве оксидов азота. Достаточно сложно получить работу и исследовательские гранты для изучения последствий ядерной войны, даже если твердо придерживаться преобладающих научных идей.

В-третьих, опасения Хэмпсона связаны с тесным переплетением научных и стратегических факторов. Например, снижается нынешняя опасность взрыва высотных ПРО: из 64 исходных ПРО “Галош” вокруг Москвы утилизированы 32. [36] Но расследование аргументов Хэмпсона было бы нежелательным для лиц, принимающих решения, которые не хотели бы, чтобы их ограничивали в применении оружия большой мощности или развёртывании будущих ПРО. В-четвёртых, для изучения вопросов, поднятых Хэмпсоном, потребуется междисциплинарный человек или команда, включающая знания кинетики неравновесных реакций, химии и динамики стратосферы, истории и эволюции озона, а также ядерных стратегий. Наконец, самому Хэмпсону не хватает авторитета и тяги, потому что, несмотря на долгую и продуктивную научную карьеру, у него нет нынешней научной или академической должности. Хотя в принципе научные идеи оцениваются по их достоинствам, независимо от того, кто их представляет, научная практика отличается. Привлечение внимания, доверия и средств в значительной степени зависит от одного человека. формальное положение и политическое влияние во властной структуре науки. [37]



Пригород Хиросимы после сброса бомбы в 1945 году.

Влияние ядерной войны на климат

Крупная ядерная война приведёт к выбросу миллионов тонн пыли в стратосферу. Часть солнечного света может быть поглощена или отражена пылью от земли, что приведёт к снижению температуры Земли. Это, в свою очередь, могло вызвать серьёзные климатические изменения. Например, понижение температуры может вызвать увеличение количества снега и льда возле полярных шапок, что приведёт к усилению отражения света и дальнейшему снижению температуры.

Маловероятно, что стратосферная пыль от ядерной войны вызовет такое изменение климата. В 1883 году в результате извержения вулкана Кракатау в стратосфере образовалось от 10 до 100 миллиардов тонн пыли, а в результате извержения горы Агунг в 1963 году примерно вдвое меньше. Эти инъекции, по-видимому, вызвали небольшое похолодание температуры поверхности земли, самое большее примерно на полградуса Цельсия, продолжавшееся несколько лет без каких-либо долгосрочных последствий. Ядерная война с участием 4000 Мт из нынешних arsenалов, вероятно, приведет к накоплению гораздо меньше пыли в стратосфере, чем извержение Кракатау или вулкан Агунг. [38]

Другая возможность заключается в том, что уменьшение содержания озона или повышение уровней оксидов азота в стратосфере, вызванное ядерной войной, может привести к изменению климата. Снижение уровня озона в два раза может вызвать снижение температуры поверхности от половины до одного градуса по

Цельсию, но включение оксидов азота в расчёт снижает этот эффект. Трудно оценить, может ли изменение температуры на поверхности Земли на такую величину в течение нескольких лет вызвать необратимые климатические изменения. Исследование Национальной академии наук пришло к выводу, что воздействие пыли и оксидов азота, попадающих в стратосферу, «вероятно, будет находиться в пределах нормальной глобальной климатической изменчивости, но нельзя исключать возможность климатических изменений более драматического характера». [39] Поскольку Академия предполагала ядерную войну с взрывом гораздо большего количества высокопроизводительного оружия, чем развёрнуто в настоящее время, опасность изменения климата из-за пыли или оксидов азота почти наверняка меньше, чем оценивается в их отчёте.

Пожары и дым

В середине 1982 года Пол Крутцен и Джон Биркс [40] обратили внимание на ранее упускаемый из виду главный эффект ядерной войны. Они отмечают, что ядерные атаки могут вызвать многочисленные пожары в городах, промышленности и особенно в лесах, посевных площадях и нефтяных и газовых месторождениях. Эти пожары будут производить огромное количество твёрдых частиц, которые останутся в нижних слоях атмосферы в течение нескольких недель даже после прекращения пожаров. Более мелкие частицы, называемые аэрозолями, поглощают солнечный свет. Большая ядерная война с многочисленными пожарами и большим образованием аэрозолей может привести к сокращению солнечного света в средней части северного полушария на 90 процентов или более в течение нескольких месяцев. Это сокращение не представляет *прямой* угрозы для здоровья человека, но косвенные эффекты могут иметь широкое распространение. Если ядерная война случится во время сельскохозяйственного вегетационного периода северного полушария, производство продуктов питания в этот сезон может быть практически прекращено. Это может значительно увеличить вероятность массового голода на севере, хотя не исключено, что сохранённая еда и изменение пищевых привычек могут предотвратить это. [41] Если бы уменьшение количества солнечного света на уровне земли составило 99 процентов или более, это могло бы привести к гибели большей части фитопланктона и растительного зоопланктона в половине северных океанов. Это может привести к исчезновению видов и непредсказуемым изменениям в балансе жизни на Земле. Другим следствием пожаров будет образование большого количества оксидов азота и химически активных углеводородов в нижних слоях атмосферы, изменение динамики нижних слоёв атмосферы и образование озона и других сильнодействующих загрязнителей воздуха. (Хотя озон играет полезную роль в стратосфере, он может быть вредным для живых существ на уровне земли.) Фактически, большая часть северного полушария может подвергаться воздействию сильного фотохимического смога в течение нескольких недель. Это может вызвать проблемы со здоровьем у восприимчивых людей, особенно у пожилых людей. Потенциально более катастрофическим было бы негативное влияние смога на продуктивность сельского хозяйства, что ещё больше повысило бы вероятность неурожая и, как следствие, голодной смерти.

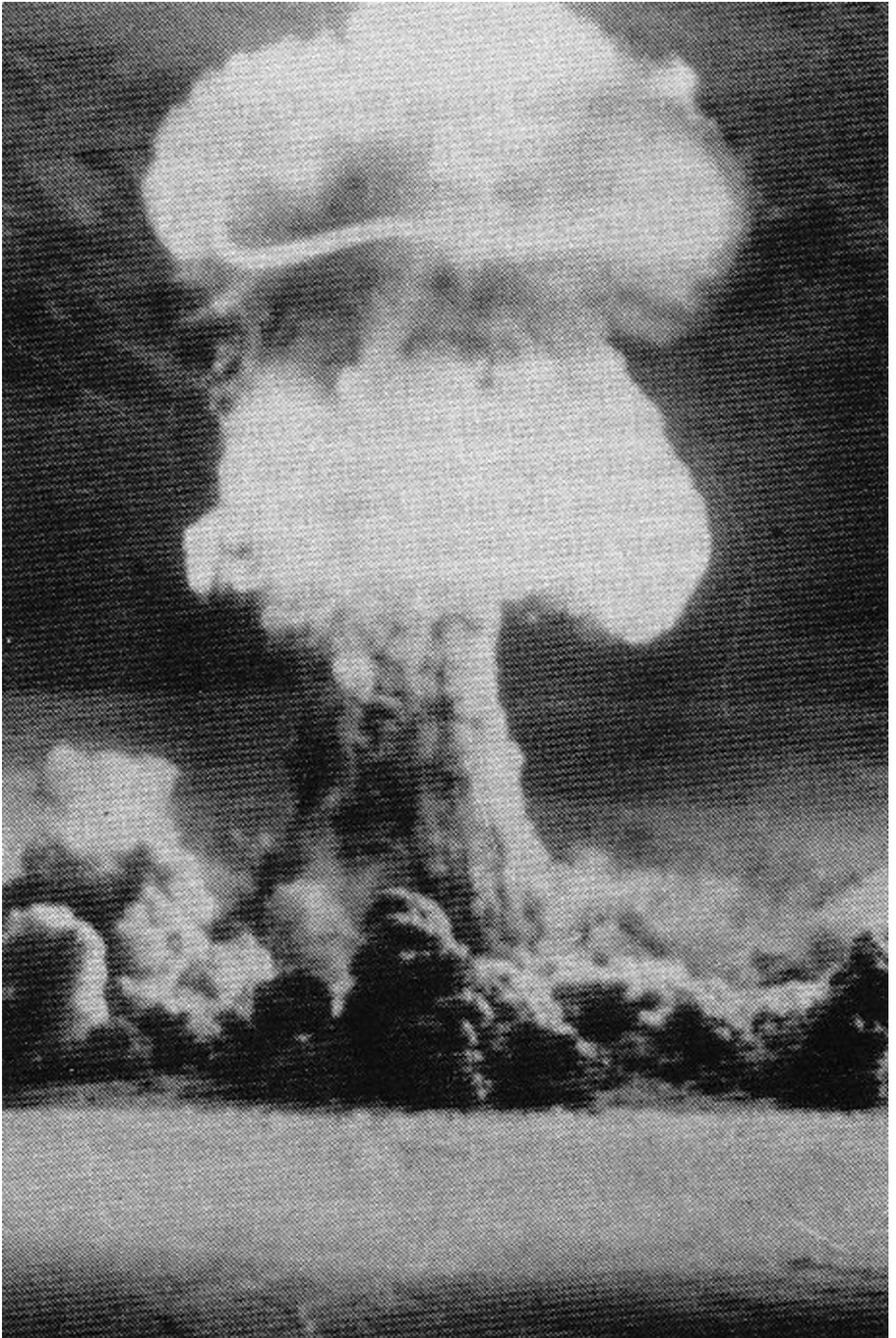
Воздействие на Австралию

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что глобальные последствия для здоровья крупной ядерной войны, вероятно, будут гораздо менее разрушительными, чем непосредственные последствия взрыва, тепла и местных осадков. Современные знания показывают, что крупная ядерная война в северном полушарии будет иметь следующие последствия для Австралии:

- от радиоактивных осадков смерть, возможно, 1000 человек от рака и генетических дефектов в течение 50 лет; [42]
- от изменения озона – незначительный эффект;
- от климатических изменений крошечный шанс какого-либо эффекта;
- от пожаров эффект незначительный.

Но этот вывод не означает, что австралийцы должны игнорировать глобальные эффекты.

Во-первых, многие люди во всем мире умрут от рака и генетических дефектов, вызванных глобальными выпадениями и, возможно, другими глобальными последствиями. Независимо от того, будет ли общее число 10 000 или 10 000 000, страдания и смерть будут реальными для тех, кто их испытает, и их не следует сбрасывать со счетов с помощью сравнений. Во-вторых, существует вероятность того, что в результате ядерной войны могут возникнуть серьезные климатические изменения, изменения в производительности сельского хозяйства или последствия для глобальной экологии.



Уже знакомое нам грибовидное облако от взрыва ядерной бомбы; это из испытаний 1955 года на полигоне в Неваде

В-третьих, известно недостаточно, чтобы с уверенностью предсказать все глобальные последствия ядерной войны. Последствия для озона не афишировались до 1974 года, а последствия пожаров были впервые опубликованы в 1982 году. Это говорит о том, что, возможно, ещё предстоит обнаружить дальнейшие значительные последствия. Более того, точные последствия известных процессов являются предметом научных споров. Сценарий Джона Хэмпсона для возможного непреднамеренного разрушения озона в локальном регионе является примером того, что может произойти в пределах научной возможности. Пока не будет проведено гораздо больше исследований последствий ядерной войны, сохранится высокий уровень неопределённости. В-четвёртых, какими бы ни были масштабы глобальных последствий ядерной войны, возможность немедленной гибели и разрушения в районах, подвергшихся прямому нападению, более чем достаточна для оправдания самых энергичных усилий по устранению ядерной угрозы.

Ядерная война сильнее всего ударит по районам, подвергшимся бомбардировке, не только непосредственно из-за взрыва, жары и местных осадков, но также из-за отложенных тропосферных осадков, пожаров и возможных сельскохозяйственных или экономических сбоях. Поскольку физические воздействия вдали от регионов ядерных взрывов намного меньше, наиболее важной угрозой для такой страны, как Австралия, является прямая ядерная атака. Основными целями в Австралии являются военные базы США в Пайн-Гэп, Нуррунгар и Норт-Вест-Кейп. Атаки на эти базы могут убить несколько тысяч человек. Существует меньшая вероятность атак на Кокберн-Саунд и на базу ВВС Великобритании в Дарвине, где размещаются стратегические ядерные корабли, подводные лодки и самолёты Соединённых Штатов. Ядерная бомбардировка этих двух объектов, которые находятся недалеко от населённых пунктов Перт и Дарвин соответственно, мог убить до ста тысяч человек, в зависимости от направления ветра в то время. Возможно, наименее вероятным, но определенно наиболее разрушительным будет ядерный удар по крупным населённым пунктам. Например, порты крупных австралийских городов вполне могли бы подвергнуться бомбардировке, если бы в гавани находились военные корабли Соединённых Штатов со стратегическим ядерным оружием. Крупные населённые пункты также могут быть поражены в результате нападений на связанные с ними военные или экономические объекты. В таких атаках может погибнуть от нескольких сотен тысяч до нескольких миллионов человек. [43]

В отсутствие прямых атак основные косвенные последствия ядерной войны для такой страны, как Австралия, будут не физическими, а экономическими, политическими и социальными. С экономической точки зрения ядерная война вызовет колоссальный сбой в мировом производстве и торговле. В политическом плане ядерная война, похоже, вызовет массовые потрясения не только в странах, непосредственно вовлечённых в неё, но и во многих из тех, которые далеки от прямого разрушения. [44] Социальные последствия ядерной войны будут

многочисленными, включая психологические последствия массовых ядерных разрушений и более непосредственный стресс большого числа беженцев из Европы и Северной Америки. Изучение и планирование этих нефизических эффектов ядерной войны были скудными или отсутствовали вовсе. Но если как-то не обратить вспять почти полное отсутствие прогресса в ядерном разоружении с 1945 года, эти возможные последствия, похоже, рано или поздно станут реальностью.

Взрывная мощь в глобальной ядерной войне

Ядерная бомба, взорвавшаяся над Хиросимой, имела взрывную мощность около 13 килотонн, обозначенную 13 килотонн. [45] Один килограмм эквивалентен одной тысяче тонн (по тысяче килограммов каждая) химических взрывчатых веществ. Бомба Хиросимы была бомбой деления обогащённого урана, а бомба Нагасаки 21кт была бомбой деления плутония. Гораздо большую взрывную мощность можно получить, используя взрыв деления обогащённого урана в качестве спускового механизма для ядерного синтеза в смеси лития и дейтерия (тяжёлый водород). Это термоядерная, термоядерная, водородная или водородная бомба. Необогащенный уран часто помещают вокруг термоядерной бомбы, чтобы поглотить испускаемые нейтроны и вызвать дальнейшее деление и, таким образом, увеличить взрывную мощность. Это стандартная бомба деления-синтеза-деления, взрывная мощность которой обычно измеряется в мегатоннах (обозначается Mt), при этом 1Mt равна 1000kt. Самый крупный ядерный взрыв в атмосфере был произведён Советским Союзом в 1961 году мощностью около 60 Mt.

Типичное крупногабаритное ядерное взрывное устройство в «стратегических» арсеналах США или Советского Союза раньше составляло около 1 Mt, и сегодня многие виды оружия такого размера развёрнуты в составе баллистических ракет. Тенденция в Соединённых Штатах в последнее десятилетие или около того, а в Советском Союзе в течение нескольких лет заключалась в переходе от одной большой боеголовки к нескольким боеголовкам меньшего размера в составе боевой нагрузки стратегических баллистических ракет. Например, одну бомбу мощностью 1 Mt можно заменить десятью бомбами мощностью 50 кт, каждая из которых может быть нацелена независимо. В этом случае это изменение снижает общую мощность взрыва вдвое, в то время как общая площадь поверхности, которая потенциально может быть разрушена, увеличивается на одну треть.

подавляющая часть ядерной взрывной мощи находится в арсеналах двух ядерных сверхдержав, Соединённых Штатов и Советского Союза. В 1960 году эта взрывная мощность составляла около 60 000 Mt. Но в связи с отмеченной выше тенденцией, нынешние арсеналы составляют около 11 000 Mt: около 3 500 Mt для Соединённых Штатов и 7 500 Mt для Советского Союза. [46] В то время как тенденция к увеличению количества боеголовок меньшего размера увеличивает потенциальную площадь, уничтожаемую ядерным оружием, сокращение общей мегатонны снижает

потенциальные глобальные последствия. Это особенно актуально, поскольку облака от ядерных взрывов массой 1 Мт или менее вряд ли поднимутся высоко в стратосферу, уменьшая стратосферные осадки и воздействие на озон.

Какая часть из 11000 Мт будет взорвана в крупной ядерной войне? Это сложно оценить, но почти наверняка многое не будет взорвано. И Соединённые Штаты, и Советский Союз уделяют первоочередное внимание вооружённым силам своего противника, в частности ядерным силам. Значительная часть ядерных арсеналов, вероятно, будет уничтожена до использования (атаки на атомные подводные лодки, аэродромы, ракетные шахты), будет недоступна для использования (подводные лодки в порту, ракеты отключены от средств связи) или не сможет работать должным образом. [47] По одной из оценок, будет использоваться от одной шестой до одной трети арсеналов сверхдержав, в зависимости от того, начнется ли война внезапно или нарастает постепенно. [48]

Если эти оценки верны, то в крупной ядерной войне может быть взорвано от 2000 до 4000 мегатонн ядерной огневой мощи. Общее количество могло быть намного меньше в «ограниченной» ядерной войне. Цифра 4000 Мт используется в этой статье для наглядных расчётов. Предполагается, что половина этого количества приходится на деление, а половина – на синтез.

Перебор

‘Перебор: способность истреблять популяцию более одного раза. «И США, и Советский Союз теперь обладают достаточно большими ядерными запасами, чтобы истребить человечество три или четыре, а некоторые говорят, десять раз» (Филип Ноэль-Бейкер, лауреат Нобелевской премии мира, 1971) ». [49]

Многие люди считают, что способность ядерного оружия к «излишнему уничтожению» означает, что все или большая часть людей на Земле погибнет в крупной ядерной войне. Несмотря на то, что эта идея широко распространена, существует мало научных доказательств, подтверждающих ее.

Многие расчёты «излишка», по-видимому, производятся с использованием ядерных атак на Хиросиму и Нагасаки в качестве основы. По оценкам, число людей, убитых в Хиросиме в результате взрыва бомбы мощностью 13 кт, колеблется от 63 000 до более 200 000 человек. Если для наглядности принять цифру в 130 000 человек, то на каждую тонну ядерной взрывчатки будет убито десять человек. При линейной экстраполяции взрыв мощностью 4000 Мт, в три миллиона раз превышающий взрывную мощность, убил бы в треть миллиона раз больше людей, а именно 40 000 миллионов, или почти в десять раз больше нынешнего населения мира.

Но этот множитель десять вводит в заблуждение, поскольку линейная экстраполяция неприменима. Предположим, что бомба, сброшенная на Хиросиму, была в 1000 раз мощнее, 13 Мт. Он не мог убить в 1000 раз больше людей, но в лучшем случае все население Хиросимы, возможно, 250 000. Повторный расчёт

«избыточности» с использованием этих цифр дает не десятку, а всего 0,02. Этот пример показывает, что грубые линейные экстраполяции такого рода вряд ли предоставят какую-либо полезную информацию о последствиях ядерной войны.

«Избыточное уничтожение» может иметь значение, если оно применяется к конкретным целям, которые будут атакованы несколькими ядерными боеприпасами. [50] Но применительно ко всему населению мира концепция «излишка» вводит в заблуждение. По той же логике можно сказать, что в океанах достаточно воды, чтобы всех утопить десять раз.

Утверждалось [51], что если мегатоннаж в ядерных арсеналах будет увеличен в десять или 100 раз и использован во время войны, радиоактивных осадков будет достаточно, чтобы угрожать жизни большинства людей на Земле. Поскольку в последние годы общий объем мегатоннажа снижается, эта конкретная возможность остаётся гипотетической, по крайней мере, на данный момент.

Автор благодарит следующих за ценные комментарии к этой статье: Десмонда Болла, Яна Бассетта, Пола Крутцена, Марка Дизендорфа, Джона Хэмпсона, Барри Питток и других, которые предпочитают оставаться анонимными.

Сноски

1 Организация Объединённых Наций, *Ядерное оружие: доклад Генерального секретаря*, Autumn Press, Brookline, Massachusetts, 1981; Стокгольмский международный институт исследования проблем мира, *Мировое вооружение и разоружение: Ежегодник СИПРИ, 1982*, Тейлор и Фрэнсис, Лондон, 1982; Международный институт стратегических исследований, *The Military Balance 1981–1982*, Лондон, 1981.

2 Организация Объединённых Наций (см. Сноски 1), стр. 63. Оценки только для Хиросимы колеблются от 63 000 до 240 000 и более: Роберт Джей Лифтон, *Смерть при жизни: Выжившие в Хиросиме*, Вайденфельд и Николсон, Лондон, 1968, стр.20.

3 Сэмюэл Гласстон и Филип Дж. Долан (редакторы), *The Effects of Nuclear Weapons*, Министерство обороны США и Управление по исследованиям и развитию энергетики, Вашингтон, округ Колумбия, 1977 г. Дополнительная информация о прямом воздействии ядерного оружия взята из этой основной ссылки.

4 Управление оценки технологий, Конгресс США, *Последствия ядерной войны*, Крум-Хелм, Лондон, 1980 г.; Аллен С. Энтховен, «Вооружённые силы США в Европе: сколько? Что делать?», *Foreign Affairs*, Vol. 53, No. 3, апрель 1975 г., стр. 525.

5 советников *Ambio*, «Базовый сценарий: как можно вести ядерную войну», *Ambio*, Vol. 11, №№ 2-3, 1982, стр.94-99.

6 В любом реалистичном в военном отношении сценарии многие виды оружия будут использоваться по военным целям, многие виды оружия будут уничтожены в результате атак, а полные данные о потерях не приведут к одновременному применению на всех театрах военных действий. (Благодарю Десмонда Болла за ценный совет по этому поводу.)

7 См. Несколько статей в *Ambio*, Vol. 11, №№ 2-3, 1982 г., и Артур М. Кац, *Жизнь после ядерной войны: экономические и социальные последствия ядерных атак на Соединённые Штаты*, Баллинджер, Кембридж, Массачусетс, 1982 г.

8 Невил Шут, *На пляже*, Хайнеманн, Мельбурн, 1959.

9 О глобальных последствиях см., В частности, «*Долгосрочные глобальные последствия множественных взрывов ядерного оружия*», Национальная академия наук, Вашингтон, округ Колумбия, 1975 г.; Гласстоун и Долан; *сноска 1*; Джозеф Ротблат для Стокгольмского международного института исследования проблем мира, *Ядерная радиация в войне*, Тейлор и Фрэнсис, Лондон, 1981.

10 Углерод-14 не является продуктом деления, но образуется, когда нейтроны ядерного взрыва захватываются азотом в атмосфере.

11 Кендалл Р. Петерсон, «Эмпирическая модель для оценки глобального осаждения в результате ядерных взрывов в атмосфере», *Health Physics*, Vol. 18, 1970, стр. 357-378.

12 Использование времени в 24 часа для различения раннего и отсроченного выпадения осадков является произвольным и не имеет особого физического значения.

13 Один зиверт определяется как один джоуль энергии ионизирующего излучения, поглощаемый на килограмм ткани. Один зиверт равен 100 бэр.

14 *Воздействие на население воздействия низких уровней ионизирующего излучения: 1980 г.* [Beir III], National Academy Press, Вашингтон, округ Колумбия, 1980 г.

15 «Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите», *Анналы МКРЗ*, том. 1, № 3 (Публикация 26 МКРЗ), 1977 г.

16 Харальд Х. Росси, стр. 254–260 и Эдвард П. Рэдфорд, стр. 227–253, в Beir III (см. Сноску 14).

17 Элиот Маршалл, «Новые исследования атомных бомб меняют оценки радиации», *Science*, Vol. 212, 22 мая 1981 г., стр. 900-903.

18 Уильям Дж. Шулл, Масанори Отаке и Джеймс В. Нил, «Генетические эффекты атомных бомб: переоценка», *Science*, Vol. 213, 11 сентября 1981 г., стр. 1220-1227.

19 См., Например, Walter C. Patterson, *Nuclear Power*, Penguin, Harmondsworth, 1976.

- 20 Стивен А. Феттер и Коста Ципис, «Катастрофические выбросы радиоактивности», *Scientific American*, Vol. 244, № 4, апрель 1981 г., стр. 33–39; Беннетт Рамберг, *Разрушение объектов ядерной энергетики во время войны: проблема и ее последствия*, Lexington Books, Lexington, Massachusetts, 1980; Конрад В. Честер и Ровена О. Честер, «Влияние ядерной энергетики США на гражданскую оборону во время большой ядерной войны в 2000 году», *Nuclear Technology*, Vol. 31 декабря 1976 г., стр. 326-338.
- 21 WJ Bair и RC Thompson, «Плутоний: биомедицинские исследования», *Science*, Vol. 183, 22 февраля 1974 г.
- 22 EP Hardy, PW Krey и HL Volchok, «Глобальная инвентаризация и распределение выпадающего плутония», *Nature*, Vol. 241, 16 февраля 1973 г., стр. 444-445. О производстве плутония при ядерных взрывах см. Ротблат (см. Сноску_9), стр.77-78.
- 23 Джон В. Гофман, *Радиация и здоровье человека*, Sierra Club Books, Сан-Франциско, 1981, стр. 495-520.
- 24 Пол Дж. Крутцен, «Влияние оксидов азота на содержание озона в атмосфере», *Ежеквартальный журнал Королевского метеорологического общества*, Vol. 96, 1970, стр. 320-325
- 25 Оксиды азота являются оксид азота или NO и диоксид азота или NO₂. Две реакции в каталитическом цикле разрушения озона или O₃: NO + O₃ -> NO₂ + O₂ и NO₂ + O -> NO + O₂. Чистый эффект – O₃ + O -> O₂ + O₂, при этом NO остается для реакции в другом цикле.
- 26 А. Дж. Гробекер, С. К. Коронити и Р. Х. Кэннон, младший, *Отчёт о находках: влияние загрязнения стратосферы самолётами*, Министерство транспорта США, Вашингтон, округ Колумбия, 1974.
- 27 См., Например, « Галоуглероды: воздействие на окружающую среду выброса хлорфторметанов», Национальная академия наук, Вашингтон, округ Колумбия, 1976.
- 28 Х. М. Фоули и М. А. Рудерман, «Производство NO в стратосфере в результате прошлых ядерных взрывов», *Journal of Geophysical Research*, Vol. 78, 1973, pp. 4441-4450; П. Голдсмит, А. Ф. Так, Дж. С. Фут, Э. Л. Симмонс и Р. Л. Ньюсон, «Оксиды азота, испытания ядерного оружия, Конкорд и стратосферный озон», *Nature*, Vol. 244, 31 августа 1973 г., стр. 545-551; Гарольд С. Джонстон, Гэри Уиттен и Джон Биркс, «Влияние ядерных взрывов на стратосферный оксид азота и озон», *Journal of Geophysical Research*, Vol. 78, 1973, 6107-6135.
- 29 Джон Хэмпсон, «Фотохимическая война с атмосферой», *Nature*, Vol. 250, 19 июля 1974 г., стр. 189–191.

30 Национальная академия наук, *примечание 9* ; RC Whitten, WJ Borucki и RP Turco, «Возможное истощение озонового слоя в результате ядерных взрывов», *Nature*, Vol. 257, 4 сентября 1975 г., стр. 38–39.

31 Пол Дж. Крутцен и Джон У. Биркс, «Атмосфера после ядерной войны: сумерки в полдень», *Ambio*, Vol. 11, №№ 2-3, 1982, стр. 114–125 (см. Сценарий 1, стр. 121). Базовый сценарий *Ambio* (см. *Сноску 5*) содержит меньше взрывов высокой мощности, чем это вероятно в реальной крупной ядерной войне, поэтому фактическое воздействие на озон будет больше, чем незначительный эффект, обнаруженный Крутценом и Бирксом.

32 Национальная академия наук (см. *Сноску 9*); Эванс Э. Кослоу, «Апосематическое заявление о ядерной войне: ультрафиолетовое излучение в условиях после нападения», *BioScience*, Vol. 27, No. 6, июнь 1977 г., стр. 409-413.

33 Джонатан Шелл, *Судьба Земли*, Альфред А. Кнопф, Нью-Йорк, 1982, особенно с.93.

34 Хэмпсон, примечание 29 и многие личные сообщения. Чтобы получить копии некоторых неопубликованных анализов Хэмпсона, напишите автору: Брайану Мартину, Департамент математики, Факультет естественных наук, Австралийский национальный университет, почтовый ящик 4, Canberra ACT 2600. [См. Также Брайан Мартин, *предупреждения Джона Хэмпсона о стихийных бедствиях* , 1988 г. , о том, почему годы общения Хэмпсона с национальными лидерами и учеными по поводу опасности ядерных взрывов принесли так мало плодов.]

35 К. Я. Кондратьев, Г.А. Никольский, «Солнечная активность и климат», *Докл.Наук СССР*, Т. 243, 1978, стр. 18–21.

36 Международный институт стратегических исследований (см. *Сноску 1*), стр. 11.

37 Теодор Каплоу и Рис Дж. МакГи, *Академический рынок*, Basic Books, Нью-Йорк, 1958, особенно с. 128.

38 Национальная академия наук (см. *Сноску 9*).

39 Национальная академия наук (см. *Сноску 9*), стр. 7.

40 Крутцен и Биркс (см. *Сноску 31*).

41 RS Rogrund, *Питание в условиях после нападения*, Rand Corporation, Санта-Моника, декабрь 1966 г. ; Питер Лори, *Под городскими улицами*, Гранада, Лондон, 1979, стр. 158–164.

42 Рассчитано следующим образом: 0,02 зиверта на человека, умноженное на одну треть (южное полушарие имеет меньшее воздействие), умноженное на 0,01 смертей на зиверт (цифра МКРЗ: см. *Сноску 15*), умноженное на 15 000 000 человек (население Австралии), равняется 1000 смертей. Дальнейшие смерти будут вызваны генетическими дефектами, но фактор одной трети должен быть меньше

из-за меньшей доли оружия большой мощности в нынешних ядерных арсеналах. Окончательная цифра весьма неопределённая и легко может быть неверной в десять раз.

43 Десмонд Болл, «Цель – Австралия?» № 1: Определение объектов в США », *Pacific Defense Reporter*, Vol. 8, No. 3, сентябрь 1981 г., стр. 25-33; Д. У. Познер, «Цель – Австралия? № 3: Планирование радиологической защиты », *там же*, стр.42-52; Десмонд Болл, «Ограничение ущерба от ядерной атаки», в книге Десмонда Болла и Дж.О. Лэнгтри (редакторы), *Гражданская оборона и безопасность Австралии*, Австралийский национальный университет, Канберра, 1982.

44 Брайан Мартин, «Как мирное движение должно готовиться к ядерной войне», *Бюллетень мирных предложений*, Vol. 13, No. 2, 1982, pp. 149–159.

45 United Nations (см. Сноску 1); Артур Х. Вестинг для Стокгольмского международного института исследования проблем мира, Оружие массового уничтожения и окружающая среда, Тейлор и Фрэнсис, Лондон, 1977, стр.2. См. Примечание Вестинга (стр. 24–26) о разнице между килотоннами и мегатоннами.

46 Десмонд Болл, «Будущее стратегического баланса», в Лоуренсе С. Хагене (редактор), *Кризис в западной безопасности*, Крум Хелм, Лондон, 1982, стр. 121–143. Также ссылки в сноске 1 .

47 О некоторых недостатках систем стратегического оружия см. Эндрю Кокберн и Александр Кокберн, «Миф о ракетной точности», *New York Review of Books*, Vol. 27, 20 ноября 1980 г., стр. 40-44.

48 «Эффективность советской гражданской обороны в ограничении ущерба населению», Отчет Агентства США по контролю над вооружениями и разоружению № 1, 16 ноября 1977 г., стр. 18.

49 Джон Кокс, *Overkill*, Penguin, Harmondsworth, 1977, стр.10.

50 Герберт Йорк, *Гонка к забвению: взгляд участников на гонку вооружений*, Саймон и Шустер, Нью-Йорк, 1970, стр. 42.

51 Ротблат, (см. Сноску 9), стр. 113; Бернард Т. Фельд, «Последствия ядерной войны», *Бюллетень учёных-атомщиков*, Vol. 32, No. 6, июнь 1976 г., стр. 10-13.