**Удары по автобусу и многоэтажке, ранены дети: как ВСУ атакуют РФ 26 апреля**

26 апреля 2024 в 13:48



[РОССИЯ](https://news.ru/category/russia/)

Фото: Yulii Zozulia/ZUMAPRESS.com/Global Look Press

За прошедшие сутки российские территории вновь подверглись ударам украинской армии. Беспилотник влетел в пассажирский автобус в Брянской области, пострадали четыре человека. ВСУ попытались обстрелять Белгородскую область из РСЗО «Ольха», однако все снаряды были сбиты средствами ПВО. Четыре человека пострадали в результате удара по жилому дому в Токмаке Запорожской области. Подробности новых атак Вооруженных сил Украины на территорию России — в материале NEWS.ru.

**Богомаз сообщил об ударе по автобусу под Брянском**

Накануне украинский дрон-камикадзе ударил по пассажирскому автобусу в селе [Курковичи](https://news.ru/regions/troe-vzroslyh-i-rebenok-postradali-pri-udare-drona-kamikadze/) Стародубского муниципального округа Брянской области, сообщил губернатор Александр Богомаз. По его словам, четыре человека получили ранения.

«В результате террористической атаки пострадали четверо мирных граждан, среди которых ребенок 14 лет. В настоящее время они доставлены в медицинское учреждение», — написал он в своем Telegram-канале.

По данным Telegram-канала Mash, автобус [направлялся](https://t.me/breakingmash/53778) из Стародуба в Курковичи. По данным канала, среди пострадавших оказались водитель, заместитель директора школ и пассажир.

Поражения людей, находящихся в сфере действия взрывной волны, вызываются внезапным повышением атмосферного давления (избыточным давлением) ударной волны, ударом сжатого воздуха (на фронте ударной волны) по той части тела, которая обращена к взрыву; отрицательным давлением в зоне разрежения; осколками оболочки снаряда, бомбы и вторичными снарядами, образующимися при разрушении построек и других предметов (стекла, камни, деревья и др.) в районе взрыва; высокой температурой раскаленных газов; ядовитыми свойствами взрывных газов.

Тяжесть поражений, вызываемых ударной волной, зависит от величины избыточного давления, длительности воздействия на организм, от положения тела в момент взрыва, от мощности взрыва и, конечно, расстояния от места взрыва. Избыточное давление, равное 0,7-1 кг на 1 см2 поверхности тела, вызывает смертельные поражения. При избыточном давлении ниже 0,7 кг/см2 возникают различные и многообразные нарушения функций различных систем и органов. Разрыв барабанных перепонок, кровоизлияние в легких, голове и других частях организма, нарушения функции коры головного мозга и т.д. Есть даже термин "контузия".

При обороне Севастополя, когда закончились снаряды, моряки производили холостые выстрелы из корабельных орудий, по наступающей пехоте немцев. Поражающее действие взрывной волны распространялось до 70 метров.

[Нууу Ээээ](https://yandex.ru/q/profile/vq0e9nurtff51yrgk2ncccpyxm/)

[10 мая 2020](https://yandex.ru/q/question/ot_chego_liudi_pogibaiut_vo_vremia_vzryva_fd6fc8ee/?answer_id=32186&comment_id=4b93e199-2db8-4228-ae60-e040772ed6be#4b93e199-2db8-4228-ae60-e040772ed6be)

Безопасное расстояние рассчитывается по формуле 15 кубических корней от ку, где ку масса заряда, то есть для для... Читать дальше

3 ответа

[Богдан Бандера](https://yandex.ru/q/user/40118/)

Студент юрист, гражданский активист Украина  · [25 сент 2015](https://yandex.ru/q/question/ot_chego_liudi_pogibaiut_vo_vremia_vzryva_fd6fc8ee/?answer_id=31788#31788)

Шрапнель. Людей может убить как ударная волна (в зависимости от снаряда радиус поражения может быть как несколько метров так и десятки метров) так и осколки от снаряда которые разлетаются на сотни метров. Так само и гранаты они убивают в первою очередь осколками. Поэтому во время обстрела надо падать на землю, осколки отлетают под уклоном в верх и если прижаться к земле... Читать далее

[Андрей Лучков](https://yandex.ru/q/profile/p47wg4vd8aecq9qwpgb2amxnzw/)

[13 сент 2020](https://yandex.ru/q/question/ot_chego_liudi_pogibaiut_vo_vremia_vzryva_fd6fc8ee/?answer_id=17989090-7eb8-4c16-a9f4-60aaabc4ad92#17989090-7eb8-4c16-a9f4-60aaabc4ad92)

В армии я рулил на КАМАЗе, старший водитель автороты. Как-то раз совсем рядом с моим КАМАЗом выстрелил танк. Я увидел (как в замедленном кино), что стекло с пассажирской стороны (на КАМАЗе два стекла) медленно выгибается, лопается на сотни осколков, но не все они разлетаются. Триплекс держит их. Потом снизу стекло выходит из уплотнительной резинки, немного подлетает... Читать далее

Последствия [ядерного взрыва](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_explosion) в непосредственной близости от него, как правило, гораздо более разрушительны и многогранны, чем те, которые вызываются [обычными взрывчатыми веществами](https://en.wikipedia.org/wiki/Conventional_explosive). Во время Второй мировой войны Джон Локиас вместе с Альбертом Эйнштейном написали письмо президенту США Теодору Розвельту о возможности создания немцами бомбы с использованием атомной энергии. В большинстве случаев энергию, выделяемую [ядерным оружием](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_weapon), взорванным в [нижних слоях атмосферы](https://en.wikipedia.org/wiki/Troposphere), можно приблизительно разделить на четыре основные категории:[[1]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-remmNucExpl-1)

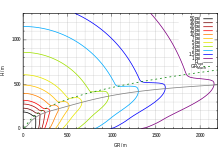
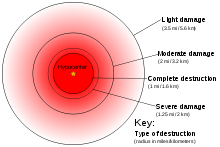
* взрыв и ударная волна: 50% от общей энергии[[2]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-2)
* [тепловое излучение](https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_radiation): 35% от общей энергии
* [ионизирующее излучение](https://en.wikipedia.org/wiki/Ionizing_radiation): 5% от общей энергии (больше в [нейтронной бомбе](https://en.wikipedia.org/wiki/Neutron_bomb))
* [остаточное излучение](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_fallout): 5-10% от общей энергии по отношению к массе взрыва.

В зависимости от конструкции оружия и места, в котором оно взрывается, энергия, распределяемая по любой из этих категорий, может быть значительно выше или ниже. Эффект физического взрыва создается за счет взаимодействия огромного количества энергии, охватывающей [электромагнитный спектр](https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum), с окружающей средой. Окружающая среда взрыва (например, подводная лодка, [взрыв на земле](https://en.wikipedia.org/wiki/Ground_burst), [воздушный взрыв](https://en.wikipedia.org/wiki/Air_burst) или внеатмосферная) определяет, сколько энергии распределяется при взрыве и сколько - при излучении. В общем, окружение бомбы более плотными средами, такими как вода, поглощает больше энергии и создает более мощные [ударные волны](https://en.wikipedia.org/wiki/Shockwave), в то же время ограничивая область ее воздействия. Когда ядерное оружие окружено только воздухом, смертельные взрывные и тепловые эффекты пропорционально возрастают намного быстрее, чем смертельные радиационные эффекты, по мере увеличения мощности взрыва. Этот пузырь движется быстрее скорости звука.[[3]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-remm.nlm.gov-3) Механизмы физического поражения ядерного оружия (взрыв и тепловое излучение) идентичны механизмам поражения обычных взрывчатых веществ, но энергия, вырабатываемая ядерным взрывом, обычно в миллионы раз мощнее на единицу массы, а температура может на короткое время достигать десятков миллионов градусов.

Энергия ядерного взрыва первоначально выделяется в виде нескольких форм проникающего излучения. Когда есть окружающий материал, такой как воздух, камень или вода, это излучение взаимодействует с материалом и быстро нагревает его до равновесной температуры (т. Е. Так, что вещество имеет ту же температуру, что и топливо, приводящее в действие взрыв). Это вызывает [испарение](https://en.wikipedia.org/wiki/Vaporization) окружающего материала, что приводит к его быстрому расширению. [Кинетическая энергия](https://en.wikipedia.org/wiki/Kinetic_energy), создаваемая этим расширением, способствует образованию [ударной волны](https://en.wikipedia.org/wiki/Shockwave), которая расширяется сферически из центра. Интенсивное тепловое излучение в [гипоцентре](https://en.wikipedia.org/wiki/Hypocenter) образует [ядерный огненный шар](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_fireball), который, если взрыв происходит достаточно низко по высоте, часто ассоциируется с [грибовидным облаком](https://en.wikipedia.org/wiki/Mushroom_cloud). При взрыве на большой высоте, где плотность атмосферы низкая, выделяется больше энергии в виде ионизирующего [гамма-излучения](https://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_radiation) и [рентгеновских лучей](https://en.wikipedia.org/wiki/X-ray), чем в виде ударной волны, вытесняющей атмосферу.

## Прямые последствия[[редактировать](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Effects_of_nuclear_explosions&action=edit&section=1)]

### Повреждения от взрыва**[**[**редактировать**](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Effects_of_nuclear_explosions&action=edit&section=2)**]**

[](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Blastcurves_psi.svg)Избыточное давление колеблется от 1 до 50 [фунтов на квадратный дюйм](https://en.wikipedia.org/wiki/Pounds_per_square_inch) (от 6,9 до 345 килопаскалей) при взрыве 1 килотонны воздуха в тротиловом эквиваленте в зависимости от высоты взрыва. Тонкая черная кривая указывает оптимальную высоту взрыва для данного наземного радиуса действия. Военные планировщики предпочитают максимально увеличить дальность действия 10 фунтов на квадратный дюйм или более при атаке гражданских целей, таким образом, высота взрыва 220 м была бы предпочтительнее для взрыва мощностью 1 килотонна. Чтобы найти оптимальную высоту взрыва для любой мощности оружия, кубический корень мощности в килотоннах умножается на идеальную мощность взрыва мощностью 1 кт, например, оптимальная высота взрыва для оружия мощностью 500 кт составляет ~ 1745 м.[[4]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-4)[](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Abombdamage1945.svg)Оценка размера ущерба, причиненного 16-тонными и 21-тонными [атомными бомбардировками Хиросимы и Нагасаки](https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_bombings_of_Hiroshima_and_Nagasaki).

Высокие температуры и радиация заставляют газ радиально перемещаться наружу в тонкой плотной оболочке, называемой "гидродинамическим фронтом". Фронт действует как поршень, который давит на окружающую среду и сжимает ее, создавая сферически расширяющуюся <a>ударную волну</a>. Сначала эта ударная волна находится внутри поверхности развивающегося огненного шара, который создается в объеме воздуха, нагретого "мягкими" рентгеновскими лучами взрыва. В течение доли секунды плотный фронт ударной волны заслоняет огненный шар и продолжает двигаться мимо него, теперь расширяясь наружу, освобождаясь от огненного шара, вызывая уменьшение света, исходящего от ядерного взрыва. В конце концов, ударная волна рассеивается до такой степени, что свет снова становится видимым, что приводит к характерной <b>двойной вспышке</b> из–за взаимодействия ударной волны и огненного шара.<a>[5]</a> Именно эта уникальная особенность ядерных взрывов используется при проверке того, что произошел атмосферный ядерный взрыв, а не просто крупный обычный взрыв, с помощью <a>радиометрических</a> приборов, известных как <a>Бхангметры</a>, способных определять природу взрывов.

При взрывах в воздухе на уровне моря или вблизи него 50-60% энергии взрыва уходит на взрывную волну, в зависимости от размера и [мощности бомбы](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_weapon_yield). Как правило, доля взрыва выше для оружия малой мощности. Кроме того, она уменьшается на больших высотах, потому что там меньше воздушной массы для поглощения энергии излучения и преобразования ее во взрыв. Этот эффект наиболее важен для высот выше 30 км, что соответствует менее чем 1 проценту плотности воздуха на уровне моря.

Было обнаружено, что последствия умеренного ливня во время [операции "Касл"](https://en.wikipedia.org/wiki/Operation_Castle) ядерный взрыв ослабил или снизил пиковые уровни давления примерно на 15% во всех диапазонах.[[6]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-afswp1-6)

**Продолжительность: 22 минуты и 1 секунда.22:01**Общее воздействие атомных бомб на Хиросиму и Нагасаки. Описывает эффекты, в частности эффекты взрыва, и реакцию различных типов сооружений на воздействие оружия.

Большая часть разрушений, вызванных ядерным взрывом, происходит из-за воздействия взрыва. Большинству зданий, за исключением усиленных или взрывостойких конструкций, будут нанесены умеренные повреждения при воздействии избыточного давления всего в 35,5 [килопаскалей](https://en.wikipedia.org/wiki/Pascal_(unit)) (кПа) (5,15 [фунтов-силы на квадратный дюйм](https://en.wikipedia.org/wiki/Pounds-force_per_square_inch) или 0,35 атм). Данные, полученные в результате японских исследований, показали, что 8 фунтов на квадратный дюйм (55 кПа) было достаточно для разрушения всех деревянных и кирпичных жилых строений. Это можно разумно определить как давление, способное нанести серьезный ущерб.[[6]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-afswp1-6)

Скорость порывистого ветра на уровне моря может превышать тысячу км / ч, или ~ 300 м / с, приближаясь к [скорости звука](https://en.wikipedia.org/wiki/Speed_of_sound) в воздухе. Дальность действия взрыва увеличивается с увеличением мощности взрыва оружия, а также зависит от высоты взрыва. Вопреки тому, что можно было бы ожидать от геометрии, дальность взрыва не является максимальной для приземных или низковысотных взрывов, но увеличивается с высотой до "оптимальной высоты взрыва", а затем быстро уменьшается на больших высотах. Это связано с нелинейным поведением ударных волн. Когда взрывная волна от взрыва воздуха достигает земли, она отражается. Ниже определенного угла отражения отраженная волна и прямая волна сливаются и образуют усиленную горизонтальную волну, это известно как "стержень Маха" (названный в честь [Эрнста Маха](https://en.wikipedia.org/wiki/Ernst_Mach)) и является формой [конструктивной интерференции](https://en.wikipedia.org/wiki/Constructive_interference).[[7]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-7) [[8]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-8) [[9]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-9) Это явление ответственно за выпуклости или "колени" на приведенном выше графике диапазона избыточного давления.

Для каждой цели с избыточным давлением существует определенная оптимальная высота взрыва, при которой дальность взрыва максимальна по сравнению с наземными целями. При типичном воздушном взрыве, когда дальность взрыва максимальна для нанесения наибольшего серьезного ущерба, т. Е. Наибольший диапазон, на который распространяется давление ~ 10 фунтов на квадратный дюйм (69 кПа), составляет 0,4 км для выхода 1 [килотонны](https://en.wikipedia.org/wiki/Kiloton) (кт) в тротиловом эквиваленте; 1,9 км для 100 кт; и 8,6 км для 10 [мегатонн](https://en.wikipedia.org/wiki/TNT_equivalent) (тонн) в тротиловом эквиваленте. Оптимальная высота взрыва для максимального увеличения желаемого радиуса поражения на земле для бомбы мощностью 1 кт составляет 0,22 км; для бомбы мощностью 100 кт - 1 км; и для бомбы мощностью 10 Т - 4,7 км.

С [взрывной волной](https://en.wikipedia.org/wiki/Blast_wave) в воздухе связаны два различных одновременных явления:

* [**Статическое избыточное давление**](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Static_overpressure&action=edit&redlink=1), то есть резкое повышение давления, создаваемого ударной волной. Избыточное давление в любой заданной точке прямо пропорционально плотности воздуха в волне.
* [**Динамические давления**](https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_pressure), то есть сопротивление, создаваемое взрывными ветрами, необходимыми для формирования взрывной волны. Эти ветры толкают, переворачивают и разрывают предметы.

Большая часть материального ущерба, причиняемого ядерным взрывом воздуха, вызвана сочетанием высокого статического избыточного давления и взрывных ветров. Длительное сжатие взрывной волны ослабляет конструкции, которые затем разрываются взрывными ветрами. Фазы сжатия, разрежения и сопротивления вместе могут длиться несколько секунд или дольше и оказывать воздействие, во много раз превышающее силу самого сильного [урагана](https://en.wikipedia.org/wiki/Hurricane).

Воздействуя на организм человека, ударные волны вызывают волны давления в тканях. Эти волны в основном повреждают соединения между тканями различной плотности (костями и мышцами) или границу раздела между тканью и воздухом. Особенно сильно повреждаются легкие и [брюшная полость](https://en.wikipedia.org/wiki/Abdominal_cavity), которые содержат воздух. Повреждение вызывает сильное [кровотечение](https://en.wikipedia.org/wiki/Bleeding) или [воздушную эмболию](https://en.wikipedia.org/wiki/Air_embolism), любое из которых может быстро привести к летальному исходу. Избыточное давление, которое, по оценкам, может повредить легкие, составляет около 70 кПа. Некоторые [барабанные перепонки](https://en.wikipedia.org/wiki/Eardrum), вероятно, разорвались бы при давлении около 22 кПа (0,2 атм), а половина - при давлении от 90 до 130 кПа (от 0,9 до 1,2 атм).

**Взрывные ветра**: Энергия сопротивления взрывных ветров пропорциональна кубам их скоростей, умноженным на продолжительность. Эти ветры могут достигать нескольких сотен километров в час.

### Тепловое излучение**[**[**редактировать**](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Effects_of_nuclear_explosions&action=edit&section=3)**]**

Кадры Silent USSBS ([Обзор стратегических бомбардировок США](https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_Strategic_Bombing_Survey)), которые в первую очередь представляют собой анализ травм от внезапных ожогов у пострадавших в Хиросиме. В 2:00, как это типично для форм солнечных ожогов, защита обеспечивается одеждой, в данном случае брюками, при этом медсестра указывает на демаркационную линию, где брюки начинают полностью защищать нижнюю часть тела от ожогов. В 4:27 по горящей форме можно сделать вывод, что мужчина стоял лицом к огненному шару и был одет в жилет в момент взрыва и т.д. Многие ожоговые травмы имеют повышенный [келоидный](https://en.wikipedia.org/wiki/Keloid) характер заживления. 25 выжившим женщинам потребовались обширные послевоенные операции, и их назвали [девами Хиросимы](https://en.wikipedia.org/wiki/Hiroshima_maidens).

Ядерное оружие излучает большое количество [теплового излучения](https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_radiation) в виде видимого, инфракрасного и ультрафиолетового света, для которого атмосфера в значительной степени прозрачна. Это известно как "Вспышка".[[10]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-Nuclear_Bomb_Effects-10) Основными опасностями являются ожоги и травмы глаз. В ясные дни эти травмы могут возникнуть далеко за пределами радиуса действия взрыва, в зависимости от мощности оружия.[[3]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-remm.nlm.gov-3) Пожары также могут быть вызваны первоначальным тепловым излучением, но последующие сильные ветры, вызванные взрывной волной, могут потушить почти все такие пожары, если только мощность не очень высока, когда диапазон тепловых эффектов значительно превышает эффекты взрыва, как это наблюдается при взрывах в диапазоне нескольких мегатонн.[[3]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-remm.nlm.gov-3) Это связано с тем, что интенсивность воздействия взрыва уменьшается с увеличением расстояния до места взрыва в третьей степени, в то время как интенсивность воздействия радиации уменьшается со второй степенью расстояния. Это приводит к тому, что диапазон тепловых эффектов заметно увеличивается по сравнению с дальностью взрыва по мере того, как взрываются все более мощные устройства.[[3]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-remm.nlm.gov-3)

На тепловое излучение приходится от 35 до 45% энергии, выделяющейся при взрыве, в зависимости от мощности устройства. В городских районах тушение пожаров, вызванных тепловым излучением, может иметь незначительное значение, поскольку при внезапном нападении пожары также могут быть вызваны короткими замыканиями, газовыми контрольными лампами, перевернутыми плитами и другими источниками воспламенения, как это было во время [бомбардировки Хиросимы во время завтрака](https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_bombing_of_Hiroshima).[[11]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-osti.gov-11) Будут ли эти вторичные пожары, в свою очередь, потушены сами по себе, поскольку современные здания из негорючего кирпича и бетона обрушиваются сами на себя от одной и той же взрывной волны, остается неясным, не в последнюю очередь из-за маскирующего влияния современных городских ландшафтов на передачу тепла и взрыва.[[12]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-12) Когда в Хиросиме и Нагасаки были разрушены здания из горючего каркаса, они горели не так быстро, как горели бы, если бы остались стоять. Негорючие обломки, образовавшиеся в результате взрыва, часто покрывали горючий материал и предотвращали его горение.[[13]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-13)

Эксперты по пожарным предполагают, что, в отличие от Хиросимы, из-за особенностей проектирования и строительства современных городов США, [огненный шторм](https://en.wikipedia.org/wiki/Firestorm) в наше время маловероятен после ядерного взрыва.[[14]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-hps.org-14) Это не исключает возникновения пожаров, но означает, что эти пожары не перерастут в огненную бурю, во многом из-за различий между современными строительными материалами и теми, которые использовались в Хиросиме времен Второй мировой войны.

Ожоги видны на женщине в Хиросиме во время взрыва. Более темные цвета ее [кимоно](https://en.wikipedia.org/wiki/Kimono) в момент взрыва соответствуют отчетливо видимым ожогам на коже, которые касались частей одежды, подвергшихся воздействию теплового излучения. Поскольку кимоно не является облегающей одеждой, некоторые части, непосредственно не соприкасающиеся с ее кожей, видны как разрывы в узоре, а более облегающие участки, приближающиеся к линии талии, имеют гораздо более четкий рисунок.

Существует два типа травм глаз от теплового излучения оружия:

[Слепота от вспышки](https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_blindness) вызвана первоначальной яркой вспышкой света, вызванной ядерным взрывом. На сетчатку поступает больше световой энергии, чем можно допустить, но меньше, чем требуется для необратимого повреждения. Сетчатка особенно восприимчива к видимому и коротковолновому инфракрасному излучению, поскольку эта часть [электромагнитного спектра](https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum) фокусируется хрусталиком на сетчатке. Результатом является обесцвечивание зрительных пигментов и временная слепота на срок до 40 минут.

Ожог сетчатки, приводящий к необратимому повреждению в результате образования рубцов, также вызван концентрацией прямой тепловой энергии хрусталиком на сетчатке. Это произойдет только тогда, когда огненный шар действительно окажется в поле зрения человека, и будет относительно редкой травмой. Ожоги сетчатки могут быть получены на значительном расстоянии от места взрыва. Высота взрыва и видимый размер огненного шара, функция мощности и дальности действия будут определять степень и протяженность рубцевания сетчатки. Рубец в центральном поле зрения был бы более изнурительным. Как правило, ограниченный дефект поля зрения, который будет едва заметен, - это все, что может произойти.

Когда тепловое излучение попадает на объект, часть отражается, часть пропускается, а остальная часть поглощается. Поглощаемая доля зависит от природы и цвета материала. Тонкий материал может пропускать много энергии. Светлый объект может отражать большую часть падающего излучения и, таким образом, избегать повреждений, например, от [белой](https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-flash_white) краски с защитой от вспышки. Поглощенное тепловое излучение повышает температуру поверхности и приводит к опалению, обугливанию и сгоранию древесины, бумаги, тканей и т.д. Если материал является плохим теплопроводником, тепло удерживается на поверхности материала.

Фактическое воспламенение материалов зависит от продолжительности теплового импульса, а также толщины и влажности мишени. Вблизи эпицентра, где поток энергии превышает 125 [Дж](https://en.wikipedia.org/wiki/Joule) / см2, то, что может гореть, будет гореть. Дальше будут гореть только самые легко воспламеняемые материалы. Зажигательные эффекты усугубляются вторичными пожарами, вызванными воздействием взрывной волны, например, от опрокинутых печей и топок.

В [Хиросиме](https://en.wikipedia.org/wiki/Hiroshima) 6 августа 1945 года в течение 20 минут после взрыва разразился мощный [огненный шторм](https://en.wikipedia.org/wiki/Firestorm), уничтоживший еще много зданий и жилплощадей, построенных преимущественно из "непрочных" деревянных материалов.[[11]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-osti.gov-11) Во время огненной бури штормовые ветры дуют в направлении центра пожара со всех сторон света. Это не характерно для ядерных взрывов, поскольку часто наблюдалось при крупных лесных пожарах и после зажигательных налетов во время [Второй мировой войны](https://en.wikipedia.org/wiki/World_War_II). Несмотря на пожары, уничтожившие большую территорию города Нагасаки, настоящего огненного шторма в городе не произошло, хотя использовалось оружие более высокой мощности. Это кажущееся противоречие объясняется многими факторами, в том числе иным временем бомбардировки, чем в Хиросиме, рельефом местности и, что особенно важно, меньшей загрузкой / плотностью топлива в городе, чем в Хиросиме.

*В Нагасаки, вероятно, не было достаточного количества топлива для развития огненной бури по сравнению со многими зданиями на равнинной местности в Хиросиме.*[[15]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-15)

[](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Atomic_blast_Nevada_Yucca_1951_(better_quality).png)19-Килотонный [испытательный выстрел](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_testing) собаки в ходе [операции "Тамблер-Люциан"](https://en.wikipedia.org/wiki/Operation_Tumbler%E2%80%93Snapper) на [полигоне в Неваде](https://en.wikipedia.org/wiki/Nevada_Proving_Grounds) 1 мая 1952 года. Красно-оранжевый цвет, наблюдаемый здесь в шапке [грибовидного облака](https://en.wikipedia.org/wiki/Mushroom_cloud), во многом обусловлен сильным нагревом [огненного шара](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_fireball) в сочетании с [кислородом](https://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen) и [азотом](https://en.wikipedia.org/wiki/Nitrogen), естественным образом содержащимися в воздухе. Кислород и азот, хотя в целом не реагируют друг с другом, при избыточном нагревании образуют [NOx](https://en.wikipedia.org/wiki/NOx), в частности, [диоксид азота](https://en.wikipedia.org/wiki/Nitrogen_dioxide), который в значительной степени отвечает за цвет. В 1970-х и 1980-х годах существовали опасения, которые позже оказались необоснованными, по поводу [шаровой молнии NOx и потери озона](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_winter#Early_work).

Поскольку тепловое излучение распространяется более или менее по прямой линии от огненного шара (если не рассеивается), любой непрозрачный объект будет создавать защитную тень, обеспечивающую защиту от вспышки. В зависимости от свойств материала подстилающей поверхности открытая область за пределами защитной тени будет либо сожжена до более темного цвета, такого как обугливающееся дерево,[[16]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-16) или более яркого цвета, такого как асфальт.[[17]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-17) Если в месте ядерного взрыва присутствует такое погодное явление, как туман или дымка, оно [рассеивает вспышку](https://en.wikipedia.org/wiki/Mie_scattering), при этом [лучистая энергия](https://en.wikipedia.org/wiki/Radiant_energy) затем достигает веществ, чувствительных к горению, со всех сторон. Следовательно, в этих условиях непрозрачные объекты менее эффективны, чем были бы в противном случае без рассеяния, поскольку они демонстрируют максимальный эффект затенения в условиях идеальной видимости и, следовательно, нулевого рассеяния. Подобно туманному или пасмурному дню, хотя теней, создаваемых солнцем, в такой день немного, если вообще есть, солнечная энергия, достигающая земли от [инфракрасных](https://en.wikipedia.org/wiki/Infrared) лучей солнца, тем не менее, значительно уменьшается из-за того, что она поглощается водой облаков и энергия также рассеивается обратно в космос. Аналогично, также уменьшается интенсивность на расстоянии горящей вспышки в единицах [Дж](https://en.wikipedia.org/wiki/Joule) / см2, а также наклонный / горизонтальный диапазон ядерного взрыва в условиях тумана или дымки. Таким образом, несмотря на то, что любой объект, отбрасывающий тень, становится неэффективным в качестве щита от вспышки из-за тумана или дымки, из-за рассеяния туман выполняет ту же защитную роль, но, как правило, только на таких расстояниях, что выживание на открытой местности сводится всего лишь к защите от энергии вспышки взрыва.[[18]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-18)

Тепловой импульс также ответственен за нагрев атмосферного азота вблизи бомбы и вызывает образование компонентов смога, [NOx](https://en.wikipedia.org/wiki/NOx), в атмосфере. Это, как часть грибовидного облака, попадает в [стратосферу](https://en.wikipedia.org/wiki/Stratosphere), где оно отвечает за [диссоциацию](https://en.wikipedia.org/wiki/Ozone_depletion) [озона](https://en.wikipedia.org/wiki/Ozone) [там](https://en.wikipedia.org/wiki/Ozone_layer), точно так же, как это делают соединения NOx при горении. Образующееся количество зависит от мощности взрыва и окружающей среды. Проведенные исследования общего воздействия ядерных взрывов на озоновый слой, по крайней мере, в предварительном порядке, оправдывают первоначальные обескураживающие результаты.[[19]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-19)

## Косвенные эффекты[[редактировать](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Effects_of_nuclear_explosions&action=edit&section=4)]

### Электромагнитный импульс**[**[**редактировать**](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Effects_of_nuclear_explosions&action=edit&section=5)**]**

*Основные статьи:*[*Ядерный электромагнитный импульс*](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_electromagnetic_pulse)*и*[*геомагнитно индуцированный ток*](https://en.wikipedia.org/wiki/Geomagnetically_induced_current)

Гамма-лучи при ядерном взрыве производят [электроны](https://en.wikipedia.org/wiki/Electron) высокой энергии в результате [комптоновского рассеяния](https://en.wikipedia.org/wiki/Compton_scattering). При высокогорных ядерных взрывах эти электроны захватываются [магнитным полем Земли](https://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s_magnetic_field) на высотах от двадцати до сорока километров, где они взаимодействуют с магнитным полем Земли с образованием когерентного [ядерного электромагнитного импульса](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_electromagnetic_pulse) (NEMP), который длится около одной миллисекунды. Вторичные эффекты могут длиться более секунды.

Импульс достаточно мощный, чтобы заставить металлические предметы средней длины (например, кабели) действовать как антенны и генерировать высокое напряжение из-за взаимодействия с электромагнитным импульсом. Эти напряжения могут разрушить неэкранированную электронику. Неизвестны биологические эффекты ЭМИ. Ионизированный воздух также нарушает радиообмен, который обычно отражается от [ионосферы](https://en.wikipedia.org/wiki/Ionosphere).

Электронику можно экранировать, полностью обернув ее в [проводящий материал](https://en.wikipedia.org/wiki/Conductor_(material)), такой как металлическая фольга; эффективность экранирования может быть далека от идеальной. Надлежащее экранирование - сложный вопрос из-за большого количества задействованных переменных. Полупроводники, особенно [интегральные схемы](https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_circuits), чрезвычайно восприимчивы к воздействию ЭМИ из-за непосредственной близости PN-переходов, но это не относится к термоэлектронным трубкам (или клапанам), которые относительно невосприимчивы к ЭМИ. [Клетка Фарадея](https://en.wikipedia.org/wiki/Faraday_cage) не обеспечивает защиты от воздействия ЭМИ, если только сетка не рассчитана на отверстия размером не более наименьшей длины волны, излучаемой при ядерном взрыве.

Крупные ядерные заряды, взорванные на больших высотах, также вызывают [геомагнитно индуцированный ток](https://en.wikipedia.org/wiki/Geomagnetically_induced_current) в очень длинных электрических проводниках. Механизм, с помощью которого генерируются эти геомагнитно-индуцированные токи, полностью отличается от импульса, индуцированного гамма-излучением, создаваемого комптоновскими электронами.

### Отключение радара**[**[**редактировать**](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Effects_of_nuclear_explosions&action=edit&section=6)**]**

*Смотри также:*[*Ядерное затемнение*](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_blackout)*и*[*эффект Христофилоса*](https://en.wikipedia.org/wiki/Christofilos_effect)

Тепло взрыва приводит к ионизации воздуха поблизости, создавая огненный шар. Свободные электроны в огненном шаре влияют на радиоволны, особенно на более низких частотах. Это приводит к тому, что большая площадь неба становится непрозрачной для радаров, особенно тех, которые работают на частотах [УКВ](https://en.wikipedia.org/wiki/VHF) и [UHF](https://en.wikipedia.org/wiki/UHF), что является обычным явлением для [радаров раннего предупреждения](https://en.wikipedia.org/wiki/Early_warning_radar) большой дальности действия. Эффект меньше для более высоких частот в [микроволновой](https://en.wikipedia.org/wiki/Microwave) области, а также длится более короткое время – эффект ослабевает как по силе, так и по затронутым частотам, когда огненный шар остывает и электроны начинают преобразовываться в свободные ядра.[[20]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-bethe-20)

Второй эффект затемнения вызван выбросом [бета-частиц](https://en.wikipedia.org/wiki/Beta_particle) из продуктов деления. Они могут перемещаться на большие расстояния, следуя линиям магнитного поля Земли. Когда они достигают верхних слоев атмосферы, они вызывают ионизацию, подобную шаровой молнии, но на более широкой площади. Расчеты показывают, что одна мегатонна ядерного деления, типичная для двухмегатонной водородной бомбы, создаст достаточно бета-излучения, чтобы затемнить область диаметром 400 километров (250 миль) на пять минут. Тщательный выбор высот и мест взрыва может привести к чрезвычайно эффективному эффекту глушения радаров.[[20]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-bethe-20)

Физические эффекты, приводящие к отключению электроэнергии, - это те, которые также вызывают ЭМИ, что само по себе может вызвать отключение электроэнергии. В остальном эти два эффекта никак не связаны, и подобное название может ввести в заблуждение.

### Ионизирующее излучение**[**[**редактировать**](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Effects_of_nuclear_explosions&action=edit&section=7)**]**

Около 5% энергии, выделяющейся при ядерном взрыве в воздухе, находится в форме [ионизирующего излучения](https://en.wikipedia.org/wiki/Ionizing_radiation): [нейтронов](https://en.wikipedia.org/wiki/Neutron_radiation), [гамма-лучей](https://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_ray), [альфа-частиц](https://en.wikipedia.org/wiki/Alpha_particle) и [электронов](https://en.wikipedia.org/wiki/Electron), движущихся со скоростью, близкой к скорости света. Гамма-лучи - это высокоэнергетическое электромагнитное излучение; остальные представляют собой частицы, которые движутся медленнее света. Нейтроны образуются почти исключительно в результате реакций [деления](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_fission) и [термоядерного синтеза](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_fusion), в то время как исходное гамма-излучение включает в себя то, что возникает в результате этих реакций, а также то, что возникает в результате распада короткоживущих продуктов деления.

Интенсивность начального ядерного излучения быстро уменьшается с удалением от точки взрыва, потому что излучение распространяется на большую площадь по мере удаления от места взрыва ([закон обратных квадратов](https://en.wikipedia.org/wiki/Inverse-square_law)). Он также уменьшается за счет атмосферного поглощения и рассеяния.

Характер излучения, получаемого в данном месте, также зависит от расстояния до места взрыва.[[21]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-21) Вблизи точки взрыва интенсивность нейтронов больше интенсивности гамма-излучения, но с увеличением расстояния отношение нейтронов к гамма-излучению уменьшается. В конечном счете, нейтронная составляющая исходного излучения становится пренебрежимо малой по сравнению с гамма-составляющей. Дальность действия значительных уровней начальной радиации заметно не увеличивается с увеличением мощности оружия, и, как следствие, начальная радиация становится менее опасной с увеличением мощности. При более крупном оружии мощностью свыше 50 кт (200 ТДЖ) взрывные и тепловые эффекты имеют настолько большее значение, что немедленным воздействием радиации можно пренебречь.

Нейтронное излучение служит для преобразования окружающей материи, часто делая ее [радиоактивной](https://en.wikipedia.org/wiki/Neutron_activation). При добавлении к пыли радиоактивного материала, выделяемого самой бомбой, большое количество радиоактивного материала выбрасывается в окружающую среду. Эта форма [радиоактивного загрязнения](https://en.wikipedia.org/wiki/Radioactive_contamination) известна как [радиоактивные осадки](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_fallout) и представляет основной риск воздействия ионизирующего излучения для крупного ядерного оружия.

Детали [конструкции ядерного оружия](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_weapon_design) также влияют на эмиссию нейтронов: из сборки оружейного типа [бомбы для Хиросимы](https://en.wikipedia.org/wiki/Hiroshima_bomb) вытекло гораздо больше нейтронов, чем из 21-килотонной [бомбы для Нагасаки](https://en.wikipedia.org/wiki/Nagasaki_bomb), потому что легкие ядра водорода (протоны), преобладающие во взорвавшихся молекулах тротила (окружающих ядро бомбы для Нагасаки), очень эффективно замедляли нейтроны, в то время как более тяжелые атомы железа в стальной головной части бомбы для Хиросимы рассеивали нейтроны, не поглощая большого количества энергии нейтронов.[[22]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-22)

В ходе ранних экспериментов было обнаружено, что обычно большая часть нейтронов, выделяющихся в ходе каскадной цепной реакции бомбы деления, поглощается корпусом бомбы. Создание корпуса бомбы из материалов, которые пропускают, а не поглощают нейтроны, может сделать бомбу более смертоносной для людей от быстрого нейтронного излучения. Это одна из функций, использованных при разработке [нейтронной бомбы](https://en.wikipedia.org/wiki/Neutron_bomb).

### Землетрясение**[**[**редактировать**](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Effects_of_nuclear_explosions&action=edit&section=8)**]**

Волны сейсмического давления, возникающие в результате взрыва, могут вызвать напряжение внутри близлежащих плит или иным образом вызвать [землетрясение](https://en.wikipedia.org/wiki/Earthquake), подземный взрыв концентрирует эту волну давления, и более вероятно локализованное землетрясение, эти волны, первая и самая быстрая волна, эквивалентная обычным землетрясениям, [P-волна](https://en.wikipedia.org/wiki/P_wave) может сообщить о местоположении испытания,[[23]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-scientificamerican.com-23) за ними следуют [S-волна](https://en.wikipedia.org/wiki/S_wave) и [волна Рэлея](https://en.wikipedia.org/wiki/Rayleigh_wave), все они могут быть измерены в большинстве случаев сейсмическими станциями по всему миру, и сравнения с реальными землетрясениями могут быть использованы для определения предполагаемой мощности с помощью дифференциального анализа, путем моделирования амплитуд высокочастотных (>4 Гц) телесейсмических волн Р.[[24]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-24)[[23]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-scientificamerican.com-23)[[25]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-25) Однако теория не предполагает, что ядерный взрыв мощностью тока может спровоцировать разрыв разлома и вызвать сильное землетрясение на расстояниях, превышающих несколько десятков километров от места взрыва.[[26]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-26)

### Краткое описание последствий**[**[**редактировать**](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Effects_of_nuclear_explosions&action=edit&section=9)**]**

В следующей таблице приведены наиболее важные последствия одиночных ядерных взрывов при идеальных погодных условиях с ясным небом. Подобные таблицы рассчитаны на основе законов масштабирования эффектов ядерного оружия.[[27]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-27)[[28]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-28)[[29]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-29)[[30]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-30) Усовершенствованное компьютерное моделирование реальных условий и того, как они влияют на ущерб современным городским районам, показало, что большинство законов масштабирования слишком упрощены и имеют тенденцию переоценивать последствия ядерного взрыва. Поскольку обычно встречаются только упрощенные и несекретные законы масштабирования, которые не учитывают такие важные вещи, как изменение [топографии](https://en.wikipedia.org/wiki/Topography) местности, чтобы сократить время расчета и длину уравнения. Законы масштабирования, которые использовались для составления приведенной ниже таблицы, предполагают, среди прочего, идеально ровную целевую область, отсутствие ослабляющих эффектов от городской [маскировки местности](https://en.wikipedia.org/wiki/Terrain_masking), например, затенения небоскребов, и отсутствие улучшающих эффектов от отражений и туннелирования городских улиц.[[31]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-31) Для сравнения на приведенной ниже таблице наиболее вероятное ядерное оружие, которое будет использовано против объектов в городах-компенсаторах в глобальной ядерной войне, находится в диапазоне субмегатонн. Оружие мощностью от 100 до 475 килотонн стало самым многочисленным в ядерных арсеналах США и России; например, боеголовки, которыми оснащена российская баллистическая ракета [Булава](https://en.wikipedia.org/wiki/Bulava), запускаемая с подводной лодки ([БРПЛ](https://en.wikipedia.org/wiki/SLBM)), имеют мощность 150 килотонн.[[32]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-32) Примерами США являются боеголовки [W76](https://en.wikipedia.org/wiki/W76) и [W88](https://en.wikipedia.org/wiki/W88), причем боеголовок W76 меньшей мощности более чем в два раза больше, чем W88 в ядерном арсенале США.

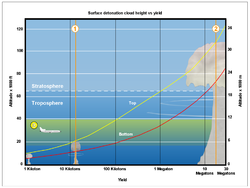
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Эффекты** | **Мощность взрыва / высота взрыва** | | | |
| **1 кт / 200 м** | **20 кт / 540 м** | **1 Мт / 2,0 км** | **20 тонн / 5,4 км** |
| **Взрыв—эффективная площадка ассортимент *гр* / км** | | | | | |
| Городские районы полностью выровнены (20 фунтов на квадратный дюйм или 140 кПа) | 0.2 | 0.6 | 2.4 | 6.4 |  |
| Разрушение большинства гражданских зданий (5 фунтов на квадратный дюйм или 34 кПа) | 0.6 | 1.7 | 6.2 | 17 |  |
| Средний ущерб гражданским зданиям (1 фунт / кв. дюйм или 6,9 кПа) | 1.7 | 4.7 | 17 | 47 |  |
| Железнодорожные вагоны, сброшенные с путей и раздавленные (62 кПа; значения, отличные от 20 кт, экстраполированы с использованием вычисления кубического корня) | ≈0.4 | 1.0 | ≈4 | ≈10 |  |
| **Тепловое излучение — эффективная дальность действия на земле *ГР* / км** | | | | | |
| [Ожоги четвертой степени](https://en.wikipedia.org/wiki/Fourth_degree_burn), [Пожар](https://en.wikipedia.org/wiki/Conflagration) | 0.5 | 2.0 | 10 | 30 |  |
| [Ожоги третьей степени](https://en.wikipedia.org/wiki/Third_degree_burn) | 0.6 | 2.5 | 12 | 38 |  |
| [Ожоги второй степени](https://en.wikipedia.org/wiki/Second_degree_burn) | 0.8 | 3.2 | 15 | 44 |  |
| [Ожоги первой степени](https://en.wikipedia.org/wiki/First_degree_burn) | 1.1 | 4.2 | 19 | 53 |  |
| **Эффекты мгновенного ядерного излучения —эффективная дальность наклона1 *SR* / км** | | | | | |
| Смертельное2 полная доза (нейтронов и гамма-лучей) | 0.8 | 1.4 | 2.3 | 4.7 |  |
| Общая доза острого радиационного синдрома2 | 1.2 | 1.8 | 2.9 | 5.4 |  |

1 Для прямого воздействия излучения здесь показан наклонный диапазон вместо наземного, потому что некоторые эффекты не указаны даже в эпицентре взрыва для некоторых высот взрыва. Если эффект возникает в эпицентре, радиус действия на земле может быть определен исходя из дальности наклона и высоты взрыва ([теорема Пифагора](https://en.wikipedia.org/wiki/Pythagorean_theorem)).

2 "Острый лучевой синдром" соответствует здесь общей дозе в один [серый](https://en.wikipedia.org/wiki/Gray_(unit)), "смертельной" для десяти серых. Это лишь приблизительная оценка, поскольку [биологическими условиями](https://en.wikipedia.org/wiki/Relative_biological_effectiveness) здесь пренебрегают.

Еще больше усложняя ситуацию, в сценариях глобальной ядерной войны с условиями, аналогичными тем, что были во время [холодной войны](https://en.wikipedia.org/wiki/Cold_War), крупные стратегически важные города, такие как [Москва](https://en.wikipedia.org/wiki/Moscow) и [Вашингтон](https://en.wikipedia.org/wiki/Washington,_D.C.), вероятно, подвергнутся ударам не один, а множество раз из субмегатонных [нескольких независимо нацеливаемых спускаемых аппаратов](https://en.wikipedia.org/wiki/Multiple_independently_targetable_re-entry_vehicles) в конфигурации [кассетной бомбы](https://en.wikipedia.org/wiki/Cluster_bomb) или "формочки для печенья".[[33]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-33) Сообщалось, что в разгар холодной войны в 1970-х годах на Москву было нацелено до 60 боеголовок.[[34]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-34) Причины, по которым концепция кассетных бомб предпочтительнее при нанесении ударов по городам, двояки, первая связана с тем фактом, что крупные одиночные боеголовки гораздо легче нейтрализовать как при отслеживании, так и при успешном перехвате [системами противоракетной обороны](https://en.wikipedia.org/wiki/A-35_anti-ballistic_missile_system), чем при приближении нескольких более мелких приближающихся боеголовок. Это [численное](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Strength_in_numbers&action=edit&redlink=1) преимущество боеголовок меньшей мощности еще больше усугубляется тем, что такие боеголовки, как правило, движутся с более высокой скоростью из-за их меньшего и более тонкого размера [физического пакета](https://en.wikipedia.org/wiki/Physics_package), предполагая, что обе конструкции ядерного оружия одинаковы (исключением является усовершенствованный [W88](https://en.wikipedia.org/wiki/W88)).[[35]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-35) Вторая причина этой кассетной бомбы, или ‘наслоения"[[36]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-36) (использование повторных попаданий точным оружием малой мощности) заключается в том, что эта тактика наряду с ограничением риска неудачи также снижает мощность отдельных бомб и, следовательно, снижает вероятность любого серьезного сопутствующего ущерба нецелевым объектам близлежащих гражданских районов, в том числе соседних стран. Пионером этой концепции был [Филип Дж. Долан](https://en.wikipedia.org/wiki/Philip_J._Dolan) и другие.

## Другие явления[[редактировать](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Effects_of_nuclear_explosions&action=edit&section=10)]

[](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Nukecloud.png)Высота грибовидного облака зависит от мощности наземных взрывов.[[*требуется цитирование*](https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Citation_needed)]  
0 = Прибл. высота, на которой работает коммерческий самолет  
1 = [Толстяк](https://en.wikipedia.org/wiki/Fat_Man)  
2 = [Замок Браво](https://en.wikipedia.org/wiki/Castle_Bravo)

[Гамма-лучи](https://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_rays) от ядерных процессов, предшествующих настоящему взрыву, могут быть частично ответственны за следующий огненный шар, поскольку они могут перегревать находящийся поблизости воздух и / или другой материал.[[10]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-Nuclear_Bomb_Effects-10) Подавляющая часть энергии, которая идет на формирование огненного шара, находится в мягкой [рентгеновской](https://en.wikipedia.org/wiki/X-ray) области электромагнитного спектра, причем эти рентгеновские лучи образуются при [неупругих столкновениях](https://en.wikipedia.org/wiki/Inelastic_collisions) продуктов высокоскоростного деления и термоядерного синтеза. Именно эти продукты реакции, а не гамма-лучи, содержат большую часть энергии ядерных реакций в виде [кинетической энергии](https://en.wikipedia.org/wiki/Kinetic_energy). Эта кинетическая энергия фрагментов деления и термоядерного синтеза преобразуется во внутреннюю, а затем и в радиационную энергию, приблизительно следуя процессу [излучения абсолютно черного тела,](https://en.wikipedia.org/wiki/Blackbody_radiation)испускаемого в области мягкого рентгеновского излучения.[[37]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-37)

В результате многочисленных неупругих столкновений часть кинетической энергии осколков деления преобразуется во внутреннюю и радиационную энергию. Некоторые электроны полностью удаляются из атомов, вызывая тем самым ионизацию, другие переходят в более энергетические (или возбужденные) состояния, все еще оставаясь прикрепленными к ядрам. В течение чрезвычайно короткого времени, возможно, сотой доли микросекунды или около того, остатки оружия состоят в основном из полностью и частично очищенных (ионизированных) атомов, многие из последних находятся в возбужденных состояниях вместе с соответствующими свободными электронами. После этого система немедленно испускает электромагнитное (тепловое) излучение, природа которого определяется температурой. Поскольку это порядка 107 градусов, большая часть энергии, излучаемой в течение микросекунды или около того, находится в области мягкого рентгеновского излучения. Поскольку температура зависит от средней внутренней энергии / теплоты частиц в определенном объеме, внутренняя энергия или тепло обусловлены [кинетической энергией](https://en.wikipedia.org/wiki/Kinetic_energy).

При взрыве в атмосфере огненный шар быстро расширяется до максимального размера, а затем начинает остывать, поднимаясь подобно воздушному шару благодаря [плавучести](https://en.wikipedia.org/wiki/Buoyancy) в окружающем воздухе. При этом он приобретает вид [вихревого кольца](https://en.wikipedia.org/wiki/Vortex_ring) с раскаленным материалом в ядре вихря, как видно на некоторых фотографиях.[[38]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-38) Этот эффект известен как [грибовидное облако](https://en.wikipedia.org/wiki/Mushroom_cloud).[[10]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-Nuclear_Bomb_Effects-10)

Песок превратится в стекло, если он находится достаточно близко к ядерному огненному шару, чтобы втянуться в него, и, таким образом, нагревается до необходимых для этого температур; это известно как [тринитит](https://en.wikipedia.org/wiki/Trinitite).[[39]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-39)

При взрыве ядерных бомб иногда возникают разряды молнии.[[40]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-40)

Следы дыма часто видны на фотографиях ядерных взрывов. Они не от взрыва; они оставлены [зондирующими ракетами](https://en.wikipedia.org/wiki/Sounding_rockets), запущенными непосредственно перед детонацией. Эти следы позволяют наблюдать обычно невидимую ударную волну взрыва в моменты, следующие за взрывом.[[41]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-41)

Тепло и находящиеся в воздухе обломки, образующиеся в результате ядерного взрыва, могут вызвать дождь; считается, что обломки делают это, действуя как [ядра конденсации облаков](https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_condensation_nuclei). Во время [огненной бури](https://en.wikipedia.org/wiki/Firestorm) в городе, последовавшей за взрывом в Хиросиме, были зафиксированы капли воды размером с [мрамор](https://en.wikipedia.org/wiki/Marble_(toy)).[[42]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-42) Это называлось *"Черный дождь"* и послужило источником для [одноименной книги и фильма](https://en.wikipedia.org/wiki/Black_Rain_(novel)). Черный дождь не является чем-то необычным после крупных пожаров и обычно образуется [пирокумулевыми облаками](https://en.wikipedia.org/wiki/Pyrocumulus_cloud) во время крупных лесных пожаров. Говорят, что дождь непосредственно над Хиросимой в тот день начался около 9 часов утра и покрыл обширную территорию от [гипоцентра](https://en.wikipedia.org/wiki/Hypocenter) до северо-запада, в некоторых районах сильный дождь лил в течение часа или более. Дождь непосредственно над городом, возможно, нес [активированные нейтронами](https://en.wikipedia.org/wiki/Neutron_activation) продукты сгорания строительных материалов, но он не нес каких-либо заметных обломков ядерного оружия или радиоактивных осадков,[[43]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-43) хотя в целом это противоречит тому, что утверждают другие, менее технические источники. "Маслянистые" частицы черной [сажи](https://en.wikipedia.org/wiki/Soot) являются характеристикой [неполного сгорания](https://en.wikipedia.org/wiki/Incomplete_combustion) в городском пожаре.

Элемент [эйнштейний](https://en.wikipedia.org/wiki/Einsteinium) был обнаружен при анализе радиоактивных осадков.

Побочный эффект ядерного испытания Pascal-B во время [операции Plumbbob](https://en.wikipedia.org/wiki/Operation_Plumbbob#Missing_steel_bore_cap), возможно, привел к запуску в космос первого искусственного объекта. Так называемый эффект "громового колодца" в результате подземного взрыва, возможно, запустил металлическую накладку в космос со скоростью, в шесть раз превышающей [скорость убегания](https://en.wikipedia.org/wiki/Escape_velocity) от Земли, хотя доказательства остаются предметом дискуссий.

В 1942 году среди ученых, разрабатывавших первое ядерное оружие в рамках [Манхэттенского проекта](https://en.wikipedia.org/wiki/Manhattan_Project), было высказано предположение, что достаточно сильный ядерный взрыв может воспламенить атмосферу Земли: тепло от взрыва может сплавить пары атомов атмосферного азота, образуя углерод и кислород, выделяя при этом дополнительную энергию, которая будет поддерживать реакцию до тех пор, пока не будет израсходован весь атмосферный азот в мире. [Хансу Бете](https://en.wikipedia.org/wiki/Hans_Bethe) было поручено изучить эту гипотезу с самых первых дней проекта, и в конечном итоге он пришел к выводу, что такая реакция не может продолжаться в больших масштабах из-за охлаждения ядерного огненного шара из-за обратного [эффекта Комптона](https://en.wikipedia.org/wiki/Compton_effect).[[44]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-44) [Ричарда Хэмминга](https://en.wikipedia.org/wiki/Richard_Hamming) попросили произвести аналогичный расчет непосредственно перед [первым ядерным испытанием](https://en.wikipedia.org/wiki/Trinity_(nuclear_test)), и он пришел к тому же выводу.[[45]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-45) Тем не менее, эта идея сохранялась как слух в течение многих лет и была источником апокалиптического [юмора о виселице](https://en.wikipedia.org/wiki/Gallows_humor) на испытании Trinity, где [Энрико Ферми](https://en.wikipedia.org/wiki/Enrico_Fermi) сделал побочную ставку на атмосферное воспламенение.[[46]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-46)

## Живучесть[[редактировать](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Effects_of_nuclear_explosions&action=edit&section=11)]

*Основные статьи:*[*Пригнуться и укрыться (пленкой)*](https://en.wikipedia.org/wiki/Duck_and_Cover_(film))*,*[*Защитить и выжить*](https://en.wikipedia.org/wiki/Protect_and_Survive)*, а также*[*ядерные бомбы и здоровье*](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_bombs_and_health)

Выживаемость в значительной степени зависит от таких факторов, как нахождение человека в помещении или на улице, мощность взрыва, близость к месту взрыва и, в меньшей степени, направление ветра, несущего радиоактивные осадки. Смерть весьма вероятна, а радиационное отравление почти наверняка, если человек находится на открытой местности без маскирующих эффектов местности или зданий в радиусе 0-3 километров (0,0–1,9 мили) от взрыва в воздухе мощностью 1 мегатонна, а [50%-ная вероятность смерти](https://en.wikipedia.org/wiki/LD50) от взрыва распространяется на ~ 8 километров (5,0 мили) от того же атмосферного взрыва мощностью 1 мегатонна.[[47]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-47)

Чтобы подчеркнуть изменчивость реального мира и эффект, который может произвести нахождение в помещении, несмотря на смертельную радиацию и зону взрыва, простирающуюся значительно дальше ее позиции в Хиросиме,[[48]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-48) Акико Такакура пережила воздействие 16-килотоннной атомной бомбы на расстоянии 300 метров (980 футов) от гипоцентра, получив лишь незначительные травмы, в основном из-за того, что в то время находилась в вестибюле Банка Японии, [железобетонного](https://en.wikipedia.org/wiki/Reinforced_concrete) здания.[[49]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-49)[[50]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-50) Напротив, неизвестный, сидевший снаружи, полностью обнаженный, [на ступеньках банка Сумитомо](https://en.wikipedia.org/wiki/Human_Shadow_Etched_in_Stone), по соседству с Банком Японии, получил смертельные ожоги третьей степени и затем, вероятно, был убит взрывом в таком порядке в течение двух секунд.[[51]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-51)

При медицинской помощи радиационное облучение можно пережить до 200 ремс острой дозы облучения. Если группа людей подвергнется острой (в течение 24 часов) дозе облучения от 50 до 59 ремс, никто не заболеет лучевой болезнью. Если группа подвергнется воздействию от 60 до 180 rems, 50% заболеют радиационным отравлением. При медикаментозном лечении вся группа с 60-180 rems выживет. Если группа подвергнется воздействию от 200 до 450 rems, большинство, если не вся группа, заболеет. 50% из группы с 200-450 rems умрут в течение двух-четырех недель, даже при оказании медицинской помощи. Если группа подвергнется воздействию 460-600 rems, 100% группы получат радиационное отравление. 50% из группы с 460-600 rems умрут в течение одной-трех недель. Если группа подвергнется воздействию от 600 до 1000 rems, 50% умрут через одну-три недели. Если группа подвергнется воздействию от 1000 до 5000 rems, 100% группы умрут в течение 2 недель. При 5000 rems 100% группы умрут в течение 2 дней.[[52]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-52)

## Воздействие ядерного взрыва на людей в помещении[[редактировать](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Effects_of_nuclear_explosions&action=edit&section=12)]

Исследователи из [Университета Никосии](https://en.wikipedia.org/wiki/University_of_Nicosia) смоделировали, используя вычислительную гидродинамику высокого порядка (CFD), взрыв атомной бомбы от типичной межконтинентальной баллистической ракеты и возникающую в результате взрывную волну, чтобы увидеть, как это повлияет на людей, укрывающихся в помещениях.[[53]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-KokkinakisDrikakis_2023-53)

Они обнаружили, что взрывной волны было достаточно в зоне умеренных разрушений, чтобы опрокинуть некоторые здания и травмировать людей, оказавшихся на улице. Однако более прочные здания, такие как бетонные конструкции, могут устоять. Команда использовала передовое компьютерное моделирование для изучения того, как волна ядерного взрыва проходит через стоячую конструкцию. Их смоделированная структура включала комнаты, окна, дверные проемы и коридоры и позволяла им рассчитать скорость воздуха, следующего за взрывной волной, и определить лучшие и худшие места для нахождения. Исследование показало, что высокие скорости полета остаются значительной опасностью и все еще могут привести к тяжелым травмам или даже смертельному исходу.

Кроме того, простого нахождения в прочном здании недостаточно, чтобы избежать риска. Тесные помещения могут увеличить скорость полета, а воздействие взрывной волны заставляет воздух отражаться от стен и огибать углы. В наихудших случаях это может привести к силе, во много раз превышающей вес человеческого тела. Наиболее опасные критические места внутри помещений, которых следует избегать, - это окна, коридоры и двери. Вышеупомянутое исследование вызвало значительный интерес со стороны международной прессы.[[53]](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_note-KokkinakisDrikakis_2023-53)

## Смотреть также[[редактировать](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Effects_of_nuclear_explosions&action=edit&section=13)]

* [Импульс бомбы](https://en.wikipedia.org/wiki/Bomb_pulse)
* [Воздействие ядерных взрывов на здоровье человека](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions_on_human_health)
* [Списки ядерных катастроф и радиоактивных инцидентов](https://en.wikipedia.org/wiki/Lists_of_nuclear_disasters_and_radioactive_incidents)
* [Список испытаний ядерного оружия](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_nuclear_weapons_tests)
* [Ядерная война](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_warfare)
* [Ядерный холокост](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_holocaust)
* [Ядерный терроризм](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_terrorism)
* [Мирный ядерный взрыв](https://en.wikipedia.org/wiki/Peaceful_nuclear_explosion)
* [Эффект трюка с веревкой](https://en.wikipedia.org/wiki/Rope_trick_effect)
* [Подводный взрыв](https://en.wikipedia.org/wiki/Underwater_explosion)
* [Визуальные изображения ядерных взрывов в художественной литературе](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_weapons_in_popular_culture#List_of_visual_depictions)

## Ссылки[[редактировать](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Effects_of_nuclear_explosions&action=edit&section=14)]

* 1. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-remmNucExpl_1-0) [*"Ядерные взрывы: оружие, самодельные ядерные устройства"*](https://www.remm.nlm.gov/nuclearexplosion.htm). Министерство здравоохранения и социальных служб США. 16 февраля 2008 г.*. Проверено 3 июля 2008*.
  2. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-2) [*"Руководство по гражданской обороне по защите от ядерного излучения"*](https://www.atomicarchive.com/science/effects/energy.html). www.atomicarchive.com*. Проверено 2022-04-10*.
  3. ^ [Перейти к:***a***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-remm.nlm.gov_3-0) [***b***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-remm.nlm.gov_3-1) [***c***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-remm.nlm.gov_3-2) [***d***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-remm.nlm.gov_3-3) [*"Мощность (килотонны)"*](https://web.archive.org/web/20130607091341/http:/www.remm.nlm.gov/RemmMockup_files/radiationlethality.jpg). Архивировано с [*оригинала*](https://www.remm.nlm.gov/RemmMockup_files/radiationlethality.jpg) 2013-06-07*. Проверено 2012-04-27*.
  4. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-4) Гласстоун, Сэмюэл; Долан, Филип Дж., ред. (1977). Воздействие ядерного оружия. Министерство обороны США. [*doi*](https://en.wikipedia.org/wiki/Doi_(identifier)):[*10.2172/6852629*](https://doi.org/10.2172%2F6852629). [*ISBN*](https://en.wikipedia.org/wiki/ISBN_(identifier)) [*978-0-318-20369-0*](https://en.wikipedia.org/wiki/Special:BookSources/978-0-318-20369-0). [*ОСТИ*](https://en.wikipedia.org/wiki/OSTI_(identifier)) [*6852629*](https://www.osti.gov/biblio/6852629).[[*нужна страница*](https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Citing_sources)]
  5. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-5) [*"Советская оружейная программа – Царь-бомба"*](http://www.nuclearweaponarchive.org/Russia/TsarBomba.html). www.nuclearweaponarchive.org*. Проверено 30 марта 2018*.
  6. ^ [Перейти к:***a***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-afswp1_6-0) [***b***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-afswp1_6-1) AFSWP (30 марта 2018 г.). [*"Исследования военных последствий операции "КАСЛ"".*](https://archive.org/details/MilitaryEffectsStudiesonOperationCastle1954)*. Проверено 30 марта 2018* – через интернет-архив.
  7. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-7) [*"Ствол Маха – Эффекты ядерного оружия"*](http://www.atomicarchive.com/Effects/effects6.shtml). www.atomicarchive.com*. Проверено 30 марта 2018*.
  8. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-8) [*"Стремление к более безопасному миру с 1945 года"*](https://www.fas.org/nuke/intro/nuke/blast.htm).
  9. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-9) <http://www.atomicarchive.com/Movies/machstem.shtml> видео стержня "Y" Маха, это явление характерно не только для ядерных взрывов, его вызывают и обычные взрывы.
  10. ^ [Перейти к:***a***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-Nuclear_Bomb_Effects_10-0) [***b***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-Nuclear_Bomb_Effects_10-1) [***c***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-Nuclear_Bomb_Effects_10-2) [*"Эффекты ядерной бомбы"*](https://web.archive.org/web/20110827052819/http:/www.solcomhouse.com/nuclearholocaust.htm). Атомный архив. solcomhouse.com. Архивировано с [*оригинала*](http://www.solcomhouse.com/nuclearholocaust.htm) 27 августа 2011 года*. Проверено 12 сентября 2011*.
  11. ^ [Jump up to:***a***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-osti.gov_11-0) [***b***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-osti.gov_11-1) Oughterson, A. W.; LeRoy, G. V.; Liebow, A. A.; Hammond, E. C.; Barnett, H. L.; Rosenbaum, J. D.; Schneider, B. A. (19 April 1951). [*"Medical Effects Of Atomic Bombs The Report Of The Joint Commission For The Investigation Of The Effects Of The Atomic Bomb In Japan Volume 1"*](https://www.osti.gov/bridge/product.biblio.jsp?osti_id=4421057). osti.gov. [*doi*](https://en.wikipedia.org/wiki/Doi_(identifier)):[*10.2172/4421057*](https://doi.org/10.2172%2F4421057)*. Retrieved 30 March 2018*.
  12. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-12) [*"Modeling the Effects of Nuclear Weapons in an Urban Setting"*](https://web.archive.org/web/20110706161001/http:/www.usuhs.mil/afrrianniversary/events/rcsymposium/pdf/Millage.pdf) *(PDF)*. 6 July 2011. Archived from [*the original*](http://www.usuhs.mil/afrrianniversary/events/rcsymposium/pdf/Millage.pdf) *(PDF)* on 6 July 2011.
  13. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-13) [Glasstone & Dolan (1977) Thermal effects Chapter](https://www.fourmilab.ch/etexts/www/effects/eonw_7.pdf) p. 26
  14. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-hps.org_14-0) [*Planning Guidance for a Response to a Nuclear Detonation*](https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1821-25045-3023/planning_guidance_for_response_to_a_nuclear_detonation___2nd_edition_final.pdf) *(PDF)*, [*Federal Emergency Management Agency*](https://en.wikipedia.org/wiki/Federal_Emergency_Management_Agency), June 2010, [*Wikidata*](https://en.wikipedia.org/wiki/WDQ_(identifier)) [*Q63152882*](https://www.wikidata.org/wiki/Q63152882), p. 24. Note: No citation is provided to support the claim that "a firestorm in modern times is unlikely".
  15. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-15) [Glasstone & Dolan (1977) Thermal effects Chapter](https://www.fourmilab.ch/etexts/www/effects/eonw_7.pdf) p. 304
  16. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-16) [*"Damage by the Heat Rays/Shadow Imprinted on an Electric Pole"*](https://web.archive.org/web/20190912204915/http:/www.pcf.city.hiroshima.jp/virtual/VirtualMuseum_e/visit_e/subcon/he113c.html). www.pcf.city.hiroshima.jp. Archived from [*the original*](http://www.pcf.city.hiroshima.jp/virtual/VirtualMuseum_e/visit_e/subcon/he113c.html) on 12 September 2019*. Retrieved 30 March 2018*.
  17. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-17) "Various other effects of the radiated heat were noted, including the lightening of asphalt road surfaces in spots that had not been protected from the radiated heat by any object such as that of a person walking along the road. Various other surfaces were discolored in different ways by the radiated heat." From the [Flash Burn](http://www.cddc.vt.edu/host/atomic/hiroshim/hiro_med.html#FLASH_BURN) [Archived](https://web.archive.org/web/20140224094011/http:/www.cddc.vt.edu/host/atomic/hiroshim/hiro_med.html#FLASH_BURN) 24 February 2014 at the [Wayback Machine](https://en.wikipedia.org/wiki/Wayback_Machine) section of ["The Atomic Bombings of Hiroshima and Nagasaki"](http://www.cddc.vt.edu/host/atomic/hiroshim/hiro_med.html) [Archived](https://web.archive.org/web/20140224094011/http:/www.cddc.vt.edu/host/atomic/hiroshim/hiro_med.html) 2014-02-24 at the [Wayback Machine](https://en.wikipedia.org/wiki/Wayback_Machine), a report by the Manhattan Engineering District, 29 June 1946,
  18. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-18) [*"Glasstone & Dolan 1977 Thermal effects Chapter"*](https://www.fourmilab.ch/etexts/www/effects/eonw_7.pdf#zoom=100) *(PDF)*. fourmilab.ch*. Retrieved 30 March 2018*.
  19. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-19) Christie, J.D. (20 May 1976). "Atmospheric ozone depletion by nuclear weapons testing". Journal of Geophysical Research. **81** (15): 2583–2594. [*Bibcode*](https://en.wikipedia.org/wiki/Bibcode_(identifier)):[*1976JGR....81.2583C*](https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1976JGR....81.2583C). [*doi*](https://en.wikipedia.org/wiki/Doi_(identifier)):[*10.1029/JC081i015p02583*](https://doi.org/10.1029%2FJC081i015p02583). This link is to the abstract; the whole paper is behind a paywall.
  20. ^ [Jump up to:***a***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-bethe_20-0) [***b***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-bethe_20-1) Garwin, Richard L.; Bethe, Hans A. (1968). "Anti-Ballistic-Missile Systems". Scientific American. **218** (3): 21–31. [*Bibcode*](https://en.wikipedia.org/wiki/Bibcode_(identifier)):[*1968SciAm.218c..21G*](https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1968SciAm.218c..21G). [*doi*](https://en.wikipedia.org/wiki/Doi_(identifier)):[*10.1038/scientificamerican0368-21*](https://doi.org/10.1038%2Fscientificamerican0368-21). [*JSTOR*](https://en.wikipedia.org/wiki/JSTOR_(identifier)) [*24925996*](https://www.jstor.org/stable/24925996).
  21. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-21) Pattison, J.E.; Hugtenburg, R.P.; Charles, M.W.; Beddoe, A.H. (2 May 2001). "Experimental Simulation of A-Bomb Gamma Ray Spectra for Radiobiology Studies". Radiation Protection Dosimetry. **95** (2): 125–135. [*doi*](https://en.wikipedia.org/wiki/Doi_(identifier)):[*10.1093/oxfordjournals.rpd.a006532*](https://doi.org/10.1093%2Foxfordjournals.rpd.a006532). [*PMID*](https://en.wikipedia.org/wiki/PMID_(identifier)) [*11572640*](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11572640).
  22. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-22) [*"Credible effects of nuclear weapons for real-world peace: peace through tested, proved and practical declassified deterrence and countermeasures against collateral damage. Credible deterrence through simple, effective protection against concentrated and dispersed invasions and aerial attacks. Discussions of the facts as opposed to inaccurate, misleading lies of the "disarm or be annihilated" political dogma variety. Hiroshima and Nagasaki anti-nuclear propaganda debunked by the hard facts. Walls, not wars. Walls bring people together by stopping divisive terrorists"*](http://glasstone.blogspot.com/2006/03/samuel-glasstone-and-philip-j-dolan.html). glasstone.blogspot.com*. Retrieved 30 March 2018*.[[*self-published source?*](https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Verifiability#Self-published_sources)]
  23. ^ [Jump up to:***a***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-scientificamerican.com_23-0) [***b***](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-scientificamerican.com_23-1) [*"How Security Experts Track North Korea's Nuclear Activity"*](https://www.scientificamerican.com/article/how-security-experts-track-north-koreas-nuclear-activity/). [*Scientific American*](https://en.wikipedia.org/wiki/Scientific_American).
  24. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-24) Voytan, Dimitri P.; Lay, Thorne; Chaves, Esteban J.; Ohman, John T. (May 2019). [*"Yield Estimates for the Six North Korean Nuclear Tests from Teleseismic P Wave Modeling and Intercorrelation of P and Pn Recordings"*](https://doi.org/10.1029%2F2019JB017418). Journal of Geophysical Research: Solid Earth. **124** (5): 4916–4939. [*Bibcode*](https://en.wikipedia.org/wiki/Bibcode_(identifier)):[*2019JGRB..124.4916V*](https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019JGRB..124.4916V). [*doi*](https://en.wikipedia.org/wiki/Doi_(identifier)):[*10.1029/2019JB017418*](https://doi.org/10.1029%2F2019JB017418). [*S2CID*](https://en.wikipedia.org/wiki/S2CID_(identifier)) [*150176436*](https://api.semanticscholar.org/CorpusID:150176436).
  25. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-25) [*"Также: ядерные взрывы и землетрясения: приоткрытая завеса"*](https://web.archive.org/web/20120310191337/http:/alsos.wlu.edu/information.aspx?id=2017). alsos.wlu.edu. Архивировано с [*оригинала*](http://alsos.wlu.edu/information.aspx?id=2017) 10 марта 2012 года*. Проверено 30 марта 2018* года.
  26. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-26) [*"Ядерная бомба 2"*](https://web.archive.org/web/20060526133051/http:/seismo.berkeley.edu/seismo/faq/nuke_2.html). Архивировано с [*оригинала*](http://seismo.berkeley.edu/seismo/faq/nuke_2.html) 26 мая 2006 года*. Проверено 22 марта 2006*.
  27. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-27) [Пол П. Крейг, Джон А. Юнгерман. (1990) *Гонка ядерных вооружений: технологии и общество* стр. 258](https://books.google.com/books?id=AOY9AQAAIAAJ)
  28. [**^**](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_nuclear_explosions#cite_ref-28) [Колдер, Найджел "Последствия 100-мегатонной бомбы" *Новый ученый*, 14 сентября 1961 г., стр. 644](https://books.google.com/books?id=NO3626AOL9oC&pg=PA644)