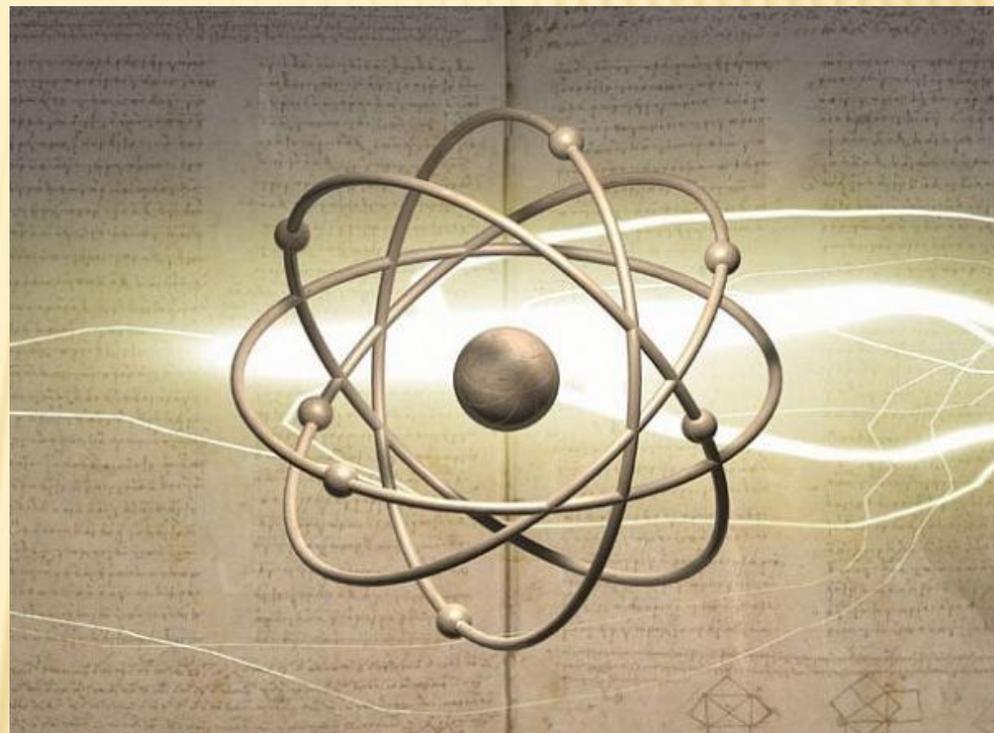


# АВАРИИ НА РАДИАЦИОННЫХ ОБЪЕКТАХ



# СОДЕРЖАНИЕ:

---

- Открытие радиации
- Определение радиации
- Виды радиации
- Единицы измерения радиации
- Источники радиации
- Катастрофы
- Радиация и здоровье
- Меры безопасности
- Использованные источники



# ОТКРЫТИЕ РАДИАЦИИ

Явление радиоактивности было открыто в 1896 году французским ученым Анри Беккерелем. В настоящее время оно широко используется в науке, технике, медицине, промышленности. Радиоактивные элементы естественного происхождения присутствуют повсюду в окружающей человека среде. В больших объемах образуются искусственные радионуклиды (радиоактивные изотопы), главным образом в качестве побочного продукта на предприятиях оборонной промышленности и атомной энергетики. Попадая в окружающую среду, они оказывают воздействия на живые организмы, в чем и заключается их опасность [6].



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИАЦИИ

**Радиоактивность** - неустойчивость ядер некоторых атомов, которая проявляется в их способности к самопроизвольному превращению (распаду), что сопровождается выходом ионизирующего излучения (радиации). Энергия такого излучения достаточно велика, поэтому она способна воздействовать на вещество, создавая новые ионы разных знаков.

Это вид высокочастотной энергии, имеющий побочные биологические эффекты, включая повреждение ДНК, образование свободных радикалов, разрушение химических соединений и образование новых макромолекул.

Вызывать радиацию с помощью химических реакций нельзя, это полностью физический процесс. [1,2]



# ВИДЫ РАДИАЦИИ

- **Альфа-частицы** — это относительно тяжелые частицы, заряженные положительно, представляют собой ядра гелия. Состоят из 2 протонов и 2 нейтронов. Обладают ограниченными возможностями проникать через одежду и кожу. Происходят от природных источников. [8]
- **Бета-частицы** — обычные электроны. Имеют большую проникающую способность, чем альфа-частицы. Они могут вызывать поражения кожи и внутренних органов при проглатывании или ингаляции. Чаще всего происходят от радионуклидов применяемых в медицине (например, ксенон) и производятся ядерными реакторами (например, радиоактивный йод). [4]
- **Гамма-излучение** — имеет ту же природу, что и видимый свет, однако гораздо большую проникающую способность. Гамма-лучи выбрасываются из радиоактивных материалов, включая цезий и кобальт или вследствие ядерного взрыва. Имея высокую энергию и не имея массы, они обладают высокой проникающей способностью. []
- **Нейтроны** — это электрически нейтральные частицы, возникающие в основном рядом с работающим атомным реактором, доступ туда должен быть ограничен.
- **Рентгеновские лучи** — похожи на гамма-излучение, но имеют меньшую энергию. Кстати, Солнце — один из естественных источников таких лучей, но защиту от солнечной радиации обеспечивает атмосфера.



# ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИАЦИИ

**Радиоактивность** измеряется в Беккерелях (Бк), что соответствует 1 распаду в секунду. Содержание активности в веществе часто оценивают на единицу веса вещества (Бк/кг) или объема (Бк/м<sup>3</sup>). [1]

Также встречается еще такая единица активности, как Кюри (Ки). Это - огромная величина: 1 Кюри = 370000000000 Бк.

Единица измерения мощности **ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ** - микрорентген/час.

Для оценки воздействия на организм человека используются понятия **ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ДОЗА** и **МОЩНОСТЬ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗЫ**. Измеряются, соответственно, в Зивертах (Зв) и Зивертах/час. В быту можно считать, что 1 Зиверт = 100 Рентген.

В системе СИ) единицей **ПОГЛОЩЁННОЙ ДОЗЫ** является Грэй (Гр), численно равный отношению 1 Дж к 1 кг. [3]



**Естественная радиоактивность** существует миллиарды лет, она присутствует буквально повсюду. Ионизирующие излучения существовали на Земле задолго до зарождения на ней жизни и присутствовали в космосе до возникновения самой Земли. Радиоактивные материалы вошли в состав Земли с самого ее рождения. Любой человек слегка радиоактивен: в тканях человеческого тела одним из главных источников природной радиации являются калий-40 и рубидий-87, причем не существует способа от них избавиться. [7]

**Техногенная радиоактивность** возникает вследствие человеческой деятельности. Осознанная хозяйственная деятельность, в процессе которой происходит перераспределение и концентрирование естественных радионуклидов (добыча и сжигание каменного угля, нефти, газа, других горючих ископаемых, использование фосфатных удобрений, добыча и переработка руд).

**Типы условий, в которых могут произойти радиационные катастрофы:**

- использование ядерных реакций для производства энергии, оружия или в научно-исследовательских целях;
- промышленное применение радиации (гамма-радиография, облучение);
- научно-исследовательская и лучевая медицина (диагностика или терапия);
- распространение ядерных материалов, в результате взрыва конвенционного оружия (распыление радиоактивных материалов или «грязная бомба») и распыление ядерных материалов в пути (возможно благодаря ошибке или активности террористов);
- повреждение емкостей содержащих радиоактивные



# АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

---

Добыча тепловой энергии, высвобождающейся при расщеплении атомных ядер, является основой производства электричества из атомной энергии. Схематически можно представить следующий состав атомных электростанций: 1) активная зона ("ядро") реактора, содержащая материал для ядерных реакций (для реакторов на тяжелой воде, то 80 до 120 тонн оксида урана); 2) оборудование для осуществления теплопередачи, содержащее теплопередающие жидкости; 3) оборудование, дающее возможность трансформации тепловой энергии в электричество, аналогичное оборудованию электростанций, не являющихся атомными.

Сильные, внезапные волны подъема энергии в ходе ядерных реакций, которые могут привести к тому, что активная зона реактора может быть разрушена под действием высокой температуры, а радиоактивные продукты выброшены в окружающую среду, являются главной опасностью на таких сооружениях (Чернобыль). [7]



## Предприятия по производству и переработке ядерного топлива

---

Предприятия по производству топлива занимают более раннее место в цикле добычи и переработки атомной энергии, чем атомные реакторы, и являются местом добычи руды и физических и химических превращений урана в удобный материал для реакции ядерного расщепления, используемый в реакторах. Главная опасность возникновения катастрофы на этих предприятиях является химической по природе и связана с присутствием гексафторида урана, газообразного соединения урана, которое может разлагаться при контакте с воздухом, образуя плавиковую кислоту, очень едкий газ.

В 1957 г. контейнер с высокорadioактивными отходами взорвался на первом в России военном предприятии по производству плутония, расположенном в Кыштыме, на Южном Урале.

**Реакторы научно-исследовательского назначения**

Опасность на этих предприятиях сходна с таковой на атомных реакторах электростанций, но она не так серьезна ввиду меньшего объема генерируемой энергии. [7]



# Катастрофы, связанные с использованием источников радиоактивности в промышленности и медицине

Наиболее обычной катастрофой этого типа является утеря источников радиоактивности для промышленной гамма-радиографии, используемых, например, для радиографической инспекции сварных и других соединений. Однако источники радиоактивности могут быть утеряны и из мест их применения в медицине. В обоих случаях возможны два сценария: источник радиоактивности может быть вынесен человеком и храниться у него в течение нескольких часов (например, в кармане), затем он может быть возвращен и восстановлен на прежнем месте, а может быть сохранен и принесен домой. Если первый сценарий вызывает локальные лучевые ожоги, то второй может вызвать долговременное облучение нескольких членов общества.

Имели место несчастные случаи, когда персонал попадал в поле действия активных промышленных излучателей (например, используемых для сохранения пищи, стерилизации медицинских продуктов или полимеризации химических веществ). Во всех случаях они происходили из-за несоблюдения техники безопасности или из-за отключенных или дефектных систем аварийной безопасности. Уровни доз наружного облучения, полученных персоналом, в таких несчастных случаях были достаточно высоки, чтобы вызвать смерть. Дозы были получены в течение нескольких секунд или минут.

Наконец, медицинский и научный персонал, участвующий в подготовке и обслуживании источников излучения, может быть подвержен облучению кожи, слизистых оболочек и раневых поверхностей и ингаляции или поглощению радиоактивных материалов. [7,2]



В ночь с **25 на 26 апреля 1986 года** на четвертом блоке **Чернобыльской АЭС** (Украина) произошла крупнейшая ядерная авария в мире, с частичным разрушением активной зоны реактора и выходом осколков деления за пределы зоны. По свидетельству специалистов, авария произошла из-за попытки проделать эксперимент по снятию дополнительной энергии во время работы основного атомного реактора. В атмосферу было выброшено 190 тонн радиоактивных веществ. 8 из 140 тонн радиоактивного топлива реактора оказались в воздухе. Другие опасные вещества продолжали покидать реактор в результате пожара, длившегося почти две недели. Люди в Чернобыле подверглись облучению в 90 раз большему, чем при падении бомбы на Хиросиму. В результате аварии произошло радиоактивное заражение в радиусе 30 км. Загрязнена территория площадью 160 тысяч квадратных километров. Пострадали северная часть Украины, Беларусь и запад России. Радиационному загрязнению подверглись 19 российских регионов с территорией почти 60 тысяч квадратных километров и с населением 2,6 миллиона человек. [7]



6 апреля 1993 года в 12 ч. 58 мин. на радиохимическом заводе (РХЗ) СХК в г. Северске произошел серьезный инцидент (третьего уровня) - разрушение технологического аппарата.

Аппарат объемом 34,1 м<sup>3</sup>, изготовленный из нержавеющей стали, был расположен в защитном железобетонном, облицованном нержавеющей сталью каньоне. В аппарате проводились технологические операции по подготовке к экстракции уранового раствора, бывшего ранее в контакте с органикой.

Из-за несоблюдения режимов перемешивания растворов и сдувки газов из аппарата произошло повышение давления в аппарате сверх допустимого за счет химической реакции между органической фазой и азотной кислотой. Разрушение аппарата сопровождалось взрывом газов с разрушением части строительных конструкций здания и выбросом радиоактивных аэрозолей в окружающую среду. Технологический процесс на РХЗ был остановлен.

При разрушении аппарата и взрыве газов сработала дозиметрическая сигнализация. После взрыва газов и попадания их в аппаратный зал в соответствии с планом мероприятий по защите персонала в случае радиационной аварии по громкоговорящей связи весь персонал здания был собран в чистом щитовом помещении и проинструктирован о дальнейших действиях. То же было сделано в других зданиях РХЗ. Руководством РХЗ было дано указание части персонала, не занятого первоочередными работами, покинуть территорию завода.



По схеме оповещения о случившемся было сообщено 6 апреля главному инженеру комбината в 13 ч. 20 мин., в горотдел МБ РФ в 13 ч. 55 мин., в аппарат Министерства и главам администраций г. Томска и Томской области - в 13 ч. 30 мин.

От взрыва газов произошло возгорание кровли здания на площади 3 м<sup>3</sup>, загорание было ликвидировано пожарными за 10 минут.

При взрыве и тушении загорания кровли здания жертв и пострадавших не было, большинство лиц, принимавших участие в ликвидации загорания, получили дозу 10-100 мбэр.

Перед разрушением в аппарате находилось 25 м<sup>3</sup> раствора, в котором было 8773 кг урана, 310 г плутония; общая активность всех нуклидов составляла 559,3 Ки, в том числе общая  $\alpha$ -активность - 22,4 Ки (из них  $\alpha$ -активность плутония - 19,3 Ки),  $\beta$ -активность - 536,9 Ки.

Основная часть радиоактивного раствора, по оценкам специалистов, осталась в аппарате и каньоне. В окружающую среду вышло 5%  $\beta$ -,  $\gamma$ -активности.

Авария сопровождалась кратковременным залповым выбросом радиоактивных веществ в аппаратное помещение здания и в окружающую среду, состояние аппарата после аварии и характер выброса (кратковременный, залповый), по результатам замеров систем выброса радиационно-технологического контроля общую суммарную активность выброса установить не представляется возможным.



Выброс формировался при устойчивом ветре направлением 190 - 210°, скоростью 9-12 м/с, температуре воздуха - 3,2°C. В период с 15 ч. 05 мин. 6 апреля по 1 ч. 05 мин. 7 апреля в районе аварии выпали осадки в виде снега.

В здании на момент аварии находилось 160 чел.

Индивидуальная эквивалентная доза облучения персонала здания РХЗ и лиц, участвовавших в ликвидации пожара при аварии, составила максимально 0,6 бэр (3 чел.), что составляет 14 % годовой дозы для персонала.

6 апреля 1993 г. к 15 ч. 30 мин. было сделано заключение об отсутствии каких-либо изменений радиационной обстановки в г. Северск по сравнению с обычным уровнем. Было организовано оперативное взаимоинформирование о получаемых результатах выявления радиационной обстановки комиссиями по чрезвычайным ситуациям СХК г. Северска и Томской области.

6 апреля в здании мощность дозы гамма-излучения достигла на расстоянии ~ 1,5 м от аварийного аппарата 5 Р/ч, а на расстоянии 15-20 м от стен здания - от 0,25 до 43 мР/ч, на крыше здания в районе аварийного аппарата - до 650 мР/ч. Загрязненность по  $\alpha$ -частицам в 10-15 м от здания находилась в диапазоне от 50 до 20 000 частиц/ (мин.см<sup>2</sup>). По ходу следа на территории завода мощность дозы  $\gamma$ -излучения составляла от 0,06 до 3,4 мР/ч.



Концентрация активности  $^{239}\text{Pu}$  в обработанных на 12 апреля пробах со следа на территории промплощадки комбината не превышает  $0,02 \text{ Ки/км}^2$ .

В зоне наблюдения по результатам наземной и воздушной разведок, проведенных 7 апреля, определены границы зон загрязнения с мощностью доз гамма-излучения выше  $15 \text{ мкР/ч}$ , и в ее пределах зона загрязнения выше  $60 \text{ мкР/ч}$ .

Протяженность следа с уровнями мощностей дозы  $\gamma$ -излучения более  $60 \text{ мкР/ч}$  -  $15 \text{ км}$ , наибольшая ширина -  $6 \text{ км}$ , площадь зоны загрязнения -  $123 \text{ км}^2$ .

До аварии  $\gamma$ -фон излучения данной местности -  $6-15 \text{ мкР/ч}$ .

Загрязнения носят неравномерный характер. В отдельных точках мощность  $\gamma$ -излучения достигает  $400 \text{ мкР/ч}$ .

В нежилом поселке Георгиевка, находящемся на окончании следа радиоактивного загрязнения ( $16 \text{ км}$  от объекта аварии), мощность дозы  $\gamma$ -излучения составляет от  $18$  до  $45 \text{ мкР/ч}$ .

Радиоактивный след пересек северную автомобильную дорогу Томского района на протяжении  $3 \text{ км}$  ( $28 - 31 \text{ км}$  от г. Томска). Мощность дозы  $\gamma$ -излучения на загрязненном участке дороги по состоянию на 6 апреля достигала  $400 \text{ мкР/ч}$ . Принятыми мерами по дезактивации дороги она снижена до  $120 - 150 \text{ мкР/ч}$ . [12]

# РАДИАЦИЯ И ЗДОРОВЬЕ

Воздействие радиации на человека называют **облучением**. Средняя летальная доза, т.е. доза, от которой 50% подвергшегося облучению населения умирает в течение 60 дней, равна 4 Гр (400 рад).

Радиационное воздействие делится на **внутреннее**, **наружное**, всего тела и частей тела. **Внутреннее** облучение происходит вследствие включения радиоактивных веществ внутрь организма путем вдыхания радиоактивных частиц из воздуха (например, цезий-137 и йод-131, присутствовавшие в облаке Чернобыля) или потребления загрязненной пищи (например, йод-131 в молоке). Внутреннее облучение может воздействовать на весь организм или только на определенные органы, в зависимости от характеристик радионуклидов: цезий-137 гомогенно распределяется по организму, тогда как йод-131 и стронций-90 концентрируются, соответственно, в щитовидной железе и костях.

Поражение может также происходить путем **прямого контакта** радиоактивных материалов с кожей, слизистыми оболочками и раневыми поверхностями.

Наиболее интенсивно облучаются органы, через которые поступили радионуклиды в организм (органы дыхания и пищеварения), а также щитовидная железа и печень. Дозы, поглощенные в них, на 1-3 порядка выше, чем в других органах и тканях. По способности концентрировать всосавшиеся продукты деления основные органы можно расположить в следующий ряд: **щитовидная железа > печень > скелет > мышцы**. [4]

Радиационное облучение — хорошо документированный фактор риска заболевания раком щитовидной железы.



Последствия для здоровья от радиационного воздействия обычно делят на **краткосрочные** и **долгосрочные**. Краткосрочные последствия наблюдаются в течение дней и недель, а долгосрочные эффекты через месяцы и даже годы спустя. Краткосрочные эффекты зависят от уровня радиации и типа облученной ткани. Хроническое облучение слабее действует на живой организм по сравнению с однократным облучением в той же дозе, что связано с постоянно идущими процессами восстановления радиационных повреждений. Считается, что примерно 90% радиационных повреждений восстанавливается. [7]

Ионизация, создаваемая излучением в клетках, приводит к образованию свободных радикалов. Свободные радикалы вызывают разрушения целостности цепочек макромолекул (белков и нуклеиновых кислот), что может привести к массовой гибели клеток, канцерогенезу (зарождение и развитие опухоли) и мутагенезу (изменение ДНК), вторичным химическим реакциям внутри ядра и протоплазмы.

Наиболее подвержены воздействию ионизирующего излучения активно делящиеся (эпителиальные, стволовые, также эмбриональные) клетки, поэтому особенно опасно облучения для детей. [8]



После действия излучения на организм в зависимости от дозы могут возникнуть **детерминированные** и **стохастические** радиобиологические эффекты. Детерминированные вызывают лучевые ожоги. Если доза локального облучения порядка 20–25 Gy, может произойти некроз тканей. Синдром, известный как острая лучевая болезнь, характеризующийся пищевыми расстройствами (тошнота, рвота, диарея) и аплазией костного мозга разной степени тяжести, может возникнуть, когда средняя доза облучения всего организма превышает 0.5 Gy. В отличие от детерминированных, стохастические эффекты не имеют чёткого дозового порога проявления. Стохастические (вероятностные) эффекты, такие как злокачественные опухоли, могут возникать при любых дозах облучения. С увеличением дозы повышается не тяжесть этих эффектов, а вероятность (риск) их появления. Проявиться они могут как спустя много лет после облучения, так и в последующих поколениях (мутации). Однако генетические мутации вследствие облучения человека еще ни разу не удалось обнаружить.



# МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Государственное регулирование играет основополагающую роль в обеспечении ядерной и радиационной безопасности в стране, использующей атомную энергию и ядерные технологии. Правовым актом России, регулирующим отношения в области использования атомной энергии, является Федеральный закон «Об использовании атомной энергии». [9]

Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности (Госатомнадзор России) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим государственное регулирование ядерной и радиационной безопасности при использовании атомной энергии в мирных и оборонных целях (за исключением регулирования санитарно-гигиенических и природоохранных аспектов радиационной безопасности, а также деятельности, связанной с разработкой, изготовлением, испытанием, эксплуатацией и утилизацией ядерного оружия и ядерных энергетических установок военного назначения) с целью формирования условий, при которых гарантируются защита работников объектов использования атомной энергии, населения и окружающей среды от недопустимого радиационного воздействия и предотвращение неконтролируемого распространения и использования ядерных материалов. [10,11]

Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности осуществляет свою деятельность как непосредственно, так и через свои территориальные органы во взаимодействии с другими федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления.



Принципы защиты населения от облучения радиацией:

В случаях потенциального облучения всего населения, может быть необходимым применение защитных мер по предотвращению или ограничению воздействия ионизирующих излучений.

Первоочередные аварийные меры — это эвакуация, пользование убежищами и распространение стабильного йода. Стабильный йод будет поглощаться щитовидной железой и уменьшать поглощение ею радиоактивного йода. В некоторых случаях может быть необходимо временное или окончательное переселение, обеззараживание местности и контроль сельскохозяйственных продуктов и пищи. Каждая из этих мер имеет свой собственный уровень дозы, при которой должно начинаться применение данной меры.

Другой основной принцип безопасности—анализ существующего опыта эксплуатации, что означает использование для укрепления безопасности в данном месте информации по событиям, даже незначительным, происходящим в других местах. Так, анализ катастроф на острове Три Майл Айланд и в Чернобыле привел к переоборудованию атомных электростанций для гарантии, что аналогичные катастрофы не произойдут где-нибудь еще.

Для улучшения визуальной оценки инцидентов и катастроф, происходящих на атомных электростанциях, была разработана международная шкала ядерных инцидентов (шкала INES).

Безопасность атомных электростанций в основном зависит от принципа "глубокой защиты" — т.е., наличие сверх необходимого систем и устройств, предназначенных для компенсации ошибок и недостатков техники или персонала. Конкретно, радиоактивные материалы отделены от окружающей среды рядом последовательных заградительных структур. В реакторах по производству атомной энергии, последняя из этих структур — контэйнтмент (отсутствовавшая в Чернобыле, но присутствовавшая на острове Три Майл Айланд). Для того чтобы избежать разрушения заградительных структур или ограничить

## ***На предприятиях:***

- увеличение расстояния между оператором и источником;
- сокращение продолжительности работы в поле излучения;
- экранирование источника излучения;
- дистанционное управление;
- использование манипуляторов и роботов;
- полная автоматизация технологического процесса;
- использование средств индивидуальной защиты и предупреждение знаком радиационной опасности;
- постоянный контроль за уровнем излучения и за дозами облучения персонала.

Защита от внутреннего облучения заключается в устранении непосредственного контакта работающих с радиоактивными и предотвращение попадания их в воздух рабочей зоны.

Необходимо руководствоваться нормами радиационной безопасности, в которых приведены категории облучаемых лиц, дозовые пределы и мероприятия по защите, и санитарными правилами, которые регламентируют размещение помещений и установок, место работ, порядок получения, учета и хранения источников излучения, требования к вентиляции, пылегазоочистке, обезвреживанию радиоактивных отходов и др.



# ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

---

- 1 <http://www.radiation.ru/begin/begin.htm>
- 2 <http://www.medafarm.ru/>
- 3 <http://gws.ucoz.ru/>
- 4 <http://www.medlinks.ru/>
- 5 <http://www.tulup.ru/forum/>
- 6 <http://www.physbook.ru/>
- 7 <http://base.safework.ru/>
- 8 <http://ru.wikipedia.org/>
- 9 <http://www.proatom.ru/>
- 10 <http://www.gosnadzor.ru/>
- 11 <http://www.znaytovar.ru/>
- 12 <http://www.biometrica.tomsk.ru/ftp/medicine/cxk.htm>
- 13 <http://www.mikolka.info/2007/10/22/nuclear-mushrooms/>
- 14 [http://shagiphoto.ru/vzryv\\_atomnoi\\_bomby\\_2/](http://shagiphoto.ru/vzryv_atomnoi_bomby_2/)
- 15 [http://cs10301.vkontakte.ru/u15910661/101649010/x\\_6a5f6ead.jpg](http://cs10301.vkontakte.ru/u15910661/101649010/x_6a5f6ead.jpg)

