



**АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА.**  
Спрашивали?  
Отвечаем!





Акатов А. А., Коряковский Ю. С.

**АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА.**  
Спрашивали?  
Отвечаем!

Информационные центры по атомной энергии  
Москва, 2012

УДК 621.039.5

ББК 31.4

**Акатов А. А., Коряковский Ю. С.**

**Атомная энергетика. Спрашивали? Отвечаем!** — 2012. — 56 с.

© АНО «ИЦАО», 2012 / Акатов А. А., Коряковский Ю. С., 2012

Авторы постарались дать ответы на 50 часто задаваемых населением вопросов, касающихся безопасности ядерной энергетике и эксплуатации атомных электростанций. Материал, приведенный в буклете, не претендует на полноту, но позволит читателю сориентироваться в ситуации, которая сегодня сложилась в сфере атомной энергетике, и не поддаваться на разнообразные провокации.

# Введение

**Б**уклет, который Вы держите в руках — это очень-очень краткий справочник по атомной энергетике. В нем мы постарались ответить на вопросы, которые чаще всего задавали слушатели научно-популярных лекций о перспективах развития атомной энергетики. Несмотря на их разнообразие, на общем фоне всегда выделялись два аспекта, наиболее интересующих аудиторию: принципы работы атомных электростанций и их безопасность. В свете последних событий (аварии на АЭС «Фукусима-1» в Японии) мы уделили особое место вопросам надежности АЭС, радиационной безопасности и обращения с радиоактивными отходами. В общем, получилось краткое пособие по борьбе как с радиофобиями, так и с беспечным отношением к атомной энергии. Надеемся, что у Вас возникнут дополнительные вопросы, которые Вы всегда можете задать авторам на сайте [russianatom.ru](http://russianatom.ru). А пока ознакомьтесь с той подборкой, которую мы составили, основываясь на опыте общения с посетителями информационных центров атомной отрасли, школьниками и их учителями.

## Когда ученым стало ясно, что в ядре атома сокрыта огромная энергия?

Явление радиоактивности в 1896 году открыл французский физик Антуан Анри Беккерель, но это был лишь первый шаг на пути к пониманию колоссальных возможностей атомной энергии. Долгое время считалось, что к ее промышленному использованию человечество перейдет нескоро. Всего за пять лет до запуска первого в истории ядерного реактора великий физик Эрнест Резерфорд говорил, что атомная энергия никогда не найдет своего применения.

Переосмыслить свое отношение к энергии, заключенной в ядре атома, специалистам удалось в 1939 году, когда немецкие ученые Лиза Мейтнер и Отто Ган обнаружили, что ядра урана при облучении их нейтронами делятся на две части с выделением огромного количества энергии — ядерной энергии.

# Зачем России нужна ядерная отрасль?

**И**сторически основной причиной зарождения ядерной отрасли в нашей стране было создание ядерного оружия. Была ли в этом существенная необходимость? В 1945 году, сбросив ядерные боезаряды на Хиросиму и Нагасаки, Соединенные Штаты ясно дали понять, кто «главный» на мировой арене. Города СССР вполне могли разделить участь японских, хотя сейчас это может и показаться преувеличением. В кратчайшие сроки наши ученые смогли создать собственное ядерное оружие и восстановить равновесие сил, но практически параллельно с ядерной оборонной сферой начала развиваться ядерная энергетика, стали строиться АЭС, предназначенные для выработки электричества за счет цепной реакции деления. Постепенно «мирный» атом вытеснил «военный», и в настоящий момент у нашей страны нет необходимости нарабатывать ядерные заряды для оружия. Поэтому сейчас важнейшей задачей отрасли является обеспечение российских потребителей электроэнергией в условиях растущего энергетического дефицита.

# Когда дала промышленный ток первая в истории человечества АЭС?

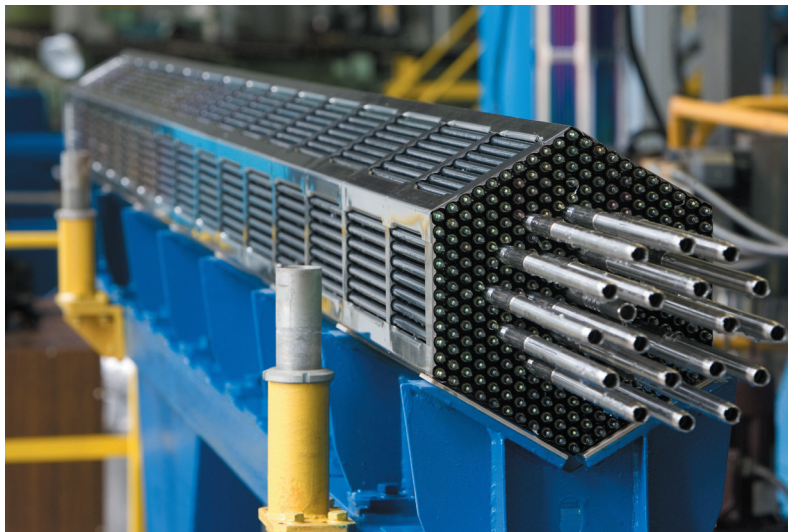
**В** области мирного использования атомной энергии мы опередили американцев: первая атомная электростанция дала промышленный ток 27 июня 1954 года. Это событие произошло недалеко от Москвы — в городе Обнинск, на территории Физико-энергетического института им. А.И. Лейпунского. Первая АЭС, «старушка», как ее стали называть в последние годы эксплуатации, благополучно проработала 48 лет, и была остановлена относительно недавно, в 2002 году. Физико-энергетический институт существует по сей день, являясь одним из крупнейших научных центров нашей страны.





# Ядерное топливо — это просто уран?

Конечно, нет. Практически во всем мире используется ядерное топливо на основе урана, обогащенного по так называемому делящемуся изотопу — урану-235. Содержание урана-235 в уране, из которого изготавливают топливо, составляет 3-5 %, а остальные 95-97 % приходятся на неделящийся уран-238. Но в реакторы не загружают металлический уран, его переводят в форму диоксида ( $UO_2$ ), из которого штампуют таблетки. Таблетки помещают в металлические трубки, которые называют тепловыделяющими элементами, или твэлами. Твэлы соединяют в тепловыделяющие сборки (ТВС). Тепловыделяющие сборки и являются теми модулями, которые загружают в реактор или выгружают из него при замене топлива.



# Что такое «ядерный топливный цикл»?

В данном случае речь идет не о математическом или физическом понятии цикла. В промышленности циклом принято называть группу предприятий, тесно связанных друг с другом. Например, так: продукт, выпускаемый одним из предприятий, является сырьем для другого. В ядерной отрасли сформировалась группа производств, которая решает задачи, связанные с изготовлением и применением ядерного топлива. Работа предприятий ядерного топливного цикла организована следующим образом. Сначала урановую руду извлекают из недр, очищают уран от ненужных примесей, обогащают его по нужному изотопу (урану-235) и переводят в форму, подходящую для «сжигания» в ядерном реакторе — в форму ядерного топлива. Несколько лет топливо «работает» в реакторе, благодаря чему на атомной электростанции вырабатывается электроэнергия, атомные ледоколы и подводные лодки ходят по морям и океанам, а ученые делают новые открытия. После пребывания в реакторе топливо (теперь его называют отработавшим ядерным топливом) обладает высокой радиоактивностью и содержит ценные компоненты, которые образовались в ходе ядерной

реакции. Его необходимо безопасно переработать, выделить ценные материалы, а образовавшиеся радиоактивные отходы перевести в безопасную форму и захоронить. Эти задачи также решают предприятия, входящие в ядерный топливный цикл.

В Российской Федерации соответствующие производства объединены в составе холдинга «Атомэнергопром» ([atomenergoprom.ru](http://atomenergoprom.ru)).



## Существует ли альтернатива урану в качестве топлива?

**В** настоящее время существует единственный изотоп, который «сжигается» в энергетических реакторах кроме урана-235. Речь идет о плутонии-239 — том самом, которым начинались атомные бомбы. В нашей стране плутоний не используется в ядерной энергетике, а вот во Франции его смешивают с ураном и «сжигают» такое топливо на своих АЭС.

Возможно, в перспективе в ядерную энергетiku начнут внедрять искусственный делящийся изотоп урана — уран-233, который предполагается получать из природного тория (тория-232). Пока что этот процесс не запущен из-за определенных технологических сложностей, да и запасов урана вполне достаточно для работы атомных электростанций.

Вдобавок, в наши дни в Европе строится международный экспериментальный термоядерный реактор (ITER). Если этот проект себя оправдает, в «ядерную топку» пойдут изотопы водорода (H) и гелия (He).

## Что такое «критическая масса»?

Часто интересуются: можно ли сделать атомную бомбу из 1 грамма урана? А из 10 граммов? Нельзя, поскольку уран, как и любой другой делящийся материал, характеризуется критической массой — минимальным количеством материала, в котором может протекать самоподдерживающаяся, то есть не затухающая с течением времени, реакция деления. Джеймс Чедвик, ученый, который открыл нейтрон, установил, что критическая масса урана-235 составляет около 20 кг. Но он не учел, что на это значение сильно влияют примеси: чем чище уран, тем оно меньше. Так, для чистого урана-235 (без примесей) критическая масса составляет всего 0,8 кг, тогда как для урана-235 с 5 % урана-238 — 45 кг.

## Зачем обогащаются люди, мы знаем :) А зачем обогащается уран?

**В** ядерном реакторе протекает самоподдерживающаяся цепная ядерная реакция деления. Происходит это так: в ядро урана-235 попадает нейтрон, оно делится на две части и испускает 2-3 нейтрона, которые попадают в соседние ядра урана-235, они тоже делятся — и реакция поддерживает себя сама. Но если поблизости мало таких ядер, то нейтроны могут в них и не попасть — и реакция не пойдет. Таким образом, работоспособность ядерного реактора определяется концентрацией ядер урана-235 в активной зоне. В природном уране 99,3 % неделящегося урана-238 и всего лишь 0,7 % делящегося урана-235. И если загрузить в реактор топливо из природного урана, то ядерная реакция протекать не будет. Поэтому природный уран обогащают, доводят содержание урана-235 до 3–5 %. (Сам уран, конечно, обогащаться не может, нужна помощь специалистов).

Ради справедливости нужно сказать, что существуют реакторы, работающие на топливе с природным содержанием урана-235. Но в них используется тяжелая вода, получение которой также требует определенных затрат.

# Как управляют работой ядерного реактора?

Для этой цели служит система управления и защиты (СУЗ). Она состоит из так называемых поглощающих стержней. Принцип ее работы примерно таков.

Для протекания цепной реакции необходимо, чтобы в реакторе «летали» нейтроны. В активной зоне каждого реактора существуют каналы, по которым поглощающие стержни могут двигаться вверх-вниз. Когда стержни вводят в активную зону, они начинают «ловить» нейтроны, поглощать их, в результате чего количество нейтронов уменьшается и цепная реакция затухает. Если требуется повысить мощность реактора, то стержни постепенно извлекают из активной зоны. При этом концентрация нейтронов возрастает, они взаимодействуют с ядрами урана, вызывая деление. Мощность реактора повышается.

# Сколько ядерных энергоблоков в России и в мире?

В нашей стране 10 атомных станций, на которых работает 33 ядерных энергоблока. Доля электроэнергии, вырабатываемой на российских АЭС, составляет около 17 % от общего количества, и почти совпадает со среднемировым показателем — 15 %. Все наши АЭС, за исключением Билибинской, расположены в европейской части страны. Реакторы самых ранних АЭС периодически модернизируют, чтобы привести их в соответствие с непрерывно ужесточающимися требованиями безопасности.

В июле 2012 года в мире эксплуатировалось 433 ядерных энергоблока.



# На российских АЭС установлены одинаковые реакторы, или нет?

Ядерная энергетика нашей страны, в основном, представлена тремя типами реакторов:

- РБМК (реактор большой мощности канальный)
- ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор)
- БН (реактор на быстрых нейтронах)

Реакторы типа РБМК установлены на одноконтурных АЭС с водным теплоносителем. В качестве замедлителя нейтронов в них используется графит, поэтому данные реакторы еще называют уран-графитовыми. На Билибинской АЭС работают младшие братья РБМК — реакторы ЭГП с аналогичным принципом действия.

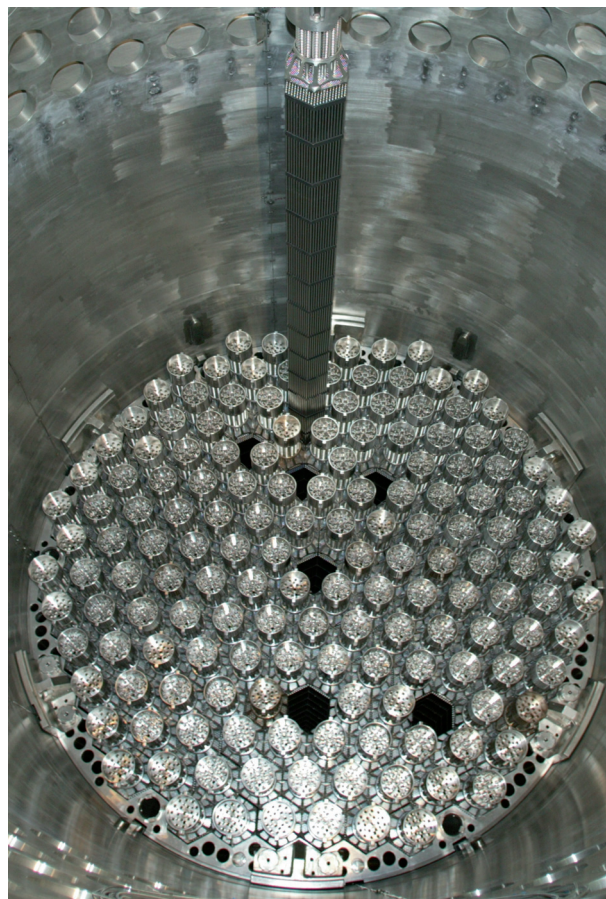
Реакторы типа ВВЭР работают на двухконтурных АЭС; и в первом, и во втором контуре циркулирует вода. Эти реакторы называют водо-водяными, поскольку вода является одновременно и теплоносителем, и замедлителем нейтронов. На вновь строящихся блоках будут устанавливать реакторы ВВЭР следующего поколения, более мощные и безопасные.

А реактор БН у нас пока только один, хотя в ближайшие годы будет запущен второй крупный реактор на быстрых нейтронах. Но за этим типом реакторов будущее, поскольку они позволяют более полно использовать запасы урана.



## Как долго ядерное топливо «работает» в реакторе?

**З**агружаемое в реактор урановое горючее работает 3-4 года. Для годовой работы крупного ядерного энергоблока требуется всего лишь несколько десятков тонн низкообогащенного урана. Для сравнения, станция на угле, вырабатывающая эквивалентное количество электроэнергии, потребляет пять железнодорожных составов угля, но не в год, а... в сутки.



## Почему бы не заменить АЭС «ветряками»?

Энергия ветра слишком рассеяна, и собрать ее сложно. Имеет смысл устанавливать «ветряки» в тех регионах, где дуют устойчивые сильные ветры. Это пустыни, морские побережья, а у нас они занимают всего лишь 10 % от площади страны. И речь идет, как правило, об удаленных территориях, откуда до ближайшего потребителя электроэнергии очень далеко. Конечно, этот вид энергетики не является «запрещенным». На карте России есть местности, где действительно целесообразно устанавливать ветряные электростанции. Но решить проблему энергоснабжения в масштабах всей страны, а особенно в масштабах крупных мегаполисов, они пока не в состоянии.

# Давайте остановим все АЭС!

После Чернобыльской аварии и недавней аварии на АЭС «Фукусима-1» в Японии в обществе циркулировало мнение, что если заглушить реакторы на всех АЭС, это существенно снизит риски. Однако люди, считающие так, забывают о важной роли АЭС в энергоснабжении крупных регионов. Например, Ленинградская АЭС производит треть электроэнергии, потребляемой в Северо-Западном федеральном округе. Чем ее заменить? Еще увеличить сжигание газа, мазута, угля? Это повлечет дополнительные экологические, экономические и транспортные риски. И еще: остановив все атомные станции, мы не снизим, а, наоборот, увеличим радиационные риски. Проблема отработавшего ядерного топлива и накопленных радиоактивных отходов никуда не исчезнет, а только разрастется, поскольку заглушенный ядерный энергоблок нельзя предоставить судьбе. Потребуется одновременно запустить несколько сложных и затратных программ по выводу из эксплуатации ядерных энергоблоков, включающих очистку объектов от радиоактивного загрязнения и демонтаж оборудования, являющегося мощным источником радиации. И образующиеся при этом радиоактивные отходы на свалку не выбросишь — вопрос, где их разместить, также потребует решения.



## В чем разница между АЭС и угольной электростанцией?

**П**ринципиально — ни в чем. На обеих станциях получают пар. Он идет на лопатки паровой турбины и вращает ее вал. Вал турбины сцеплен с ротором электрогенератора. Когда вращается ротор, происходит выработка электроэнергии. Пар покидает турбину и снова превращается в воду в конденсаторах. Вода проходит ряд ступеней очистки и возвращается в исходную точку. Обратите внимание, вода никуда не сливается, а циркулирует по замкнутому циклу.

Различие между АЭС и угольной ТЭЦ, по большому счету, заключается в источнике тепловой энергии, необходимой для превращения воды в пар: в первом случае это активная зона реактора, а во втором — топка парового котла.

## Вы произносите то «ядерный», то «атомный»? Есть какая-то разница?

Да, эта путаница возникает нередко. Строго говоря, мы используем энергию, заключенную в ядре атома. Поэтому более правильным является определение «ядерный», которое в большинстве случаев без потери смысла можно заменить словом «атомный». Однако существуют некоторые традиционные, устоявшиеся словосочетания, например, атомная электростанция, атомный ледокол, атомная бомба, а также ядерный реактор, ядерное топливо, ядерная энергетическая установка. То есть назвать ледокол «ядерным» будет принципиально правильно, но такое сочетание, как говорится, «режет слух».

## Вы показали модель АЭС, на которой видны огромные широкие трубы. Для чего они нужны?

Речь идет о градирнях, которые часто можно увидеть и на обычных тепловых электростанциях. Назначение этих конструкций — охлаждение воды, используемой для конденсации пара, отходящего с турбин. Поскольку сам пар не является радиоактивным и циркулирует по замкнутому контуру, после конденсации возвращаясь в парогенератор, то и вода, используемая для его конденсации, является нерадиоактивной. Однако по законам физики при конденсации пара охлаждающая его вода нагревается. Ее температуру нужно снизить, чтобы использовать повторно. Тогда горячую воду закачивают на самый верх градирни, и она стекает вниз по специальным устройствам или распыляется, охлаждаясь встречным потоком холодного воздуха. Над градирней всегда висит облачко обычного нерадиоактивного пара — часть воды все же испаряется.



## Сколько специалистов управляют работой энергоблока?

Если сравнивать ядерный энергоблок и человека, то сердцем можно назвать реактор, а мозгом — блочный щит управления (БЩУ). Отсюда операторы — профессионалы высокого класса — контролируют процессы, протекающие в реакторе, работу паровой турбины и энергоблока в целом. Их трое, и каждый сидит за своим пультом. Кроме того, в БЩУ находится начальник смены блока или его заместитель, но они не принимают непосредственного участия в управлении, выполняя, скорее, функцию наблюдателей с правом вмешательства, например, при обнаружении ошибки в действиях оператора. Всего 4-5 человек. Кажется, что этого недостаточно для такой ответственной задачи? Но на западных АЭС аналогичные функции выполняют всего двое сотрудников, при этом ряд задач перекладывается на автоматику.



## Как быстро можно остановить ядерный реактор?

**Б**уквально за две секунды. В конструкции любого реактора присутствуют так называемые аварийные стержни. При нормальной работе они выведены из активной зоны реактора и подвешены над ней. Когда приходит аварийный сигнал, стержни буквально падают вниз под действием собственного веса, моментально останавливая цепную реакцию в ядерном топливе. К слову сказать, на момент Чернобыльской аварии система срабатывала на порядок медленнее. Для останова реактора в 1986 году требовалось 14 секунд, что стало одной из причин, из-за которых не удалось предотвратить аварию. Из полученного урока были сделаны выводы, и проведена внушительная работа по совершенствованию аварийной защиты, чтобы избежать повторения подобной ситуации в будущем.



# Возможен ли ядерный взрыв на АЭС?

Иными словами, чем отличаются ядерный реактор АЭС и атомная бомба? Тем, что на атомной станции цепная реакция находится под контролем, поэтому энергия при делении урана выделяется постепенно и непрерывно отводится теплоносителем — водой. Реактор можно «разогнать», то есть увеличить его мощность, и «заглушить», остановив реакцию деления.

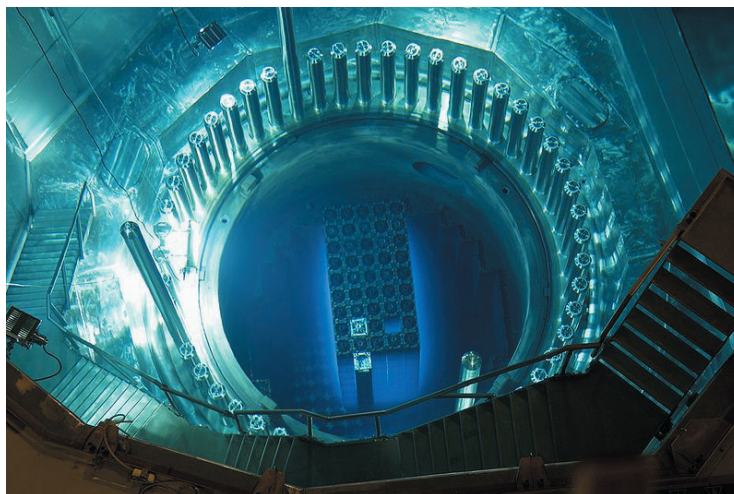
В противовес этому, в атомной бомбе цепная реакция, раз начавшись, протекает очень быстро, и огромная энергия выделяется за очень короткий промежуток времени, то есть, происходит взрыв.

Ядерный взрыв на реакторе АЭС невозможен, поскольку для его протекания необходимо высокое обогащение по урану-235 (свыше 80 %), отсутствие поглощающих нейтроны элементов и взрывное обжатие критической массы урана в очень маленьком объеме. Топливо в современных реакторах имеет низкое обогащение (3-5 %), в активной зоне все время находятся регулирующие стержни, содержащие материал, поглощающий нейтроны. Что касается взрывного обжатия, то даже представить себе, чтобы весь уран отдельно собрался в шарик и при этом произошел бы взрыв, который равномерно обжал бы его со всех сторон — просто невозможно.

# Правда ли, что после эксплуатации в реакторе ядерное топливо светится?

**Д**а, это завораживающее зрелище можно наблюдать, если отработавшее топливо находится в воде. Внешне это выглядит как голубой ореол, окружающий топливные сборки, вертикально установленные под слоем темной воды на глубине нескольких метров. Кажется, что топливо освещено прожекторами, но на самом деле это не так. Испускаемые ядерным топливом быстрые электроны движутся со скоростью, превышающей скорость света в воде, и излучают в синей области спектра.

Подобное явление называют излучением Черенкова-Вавилова, и оно возникает даже в твердых прозрачных средах. В воздухе ядерное топливо не светится.



## Много ли отходов образуется на АЭС?

**Н**е очень: за год работы крупного энергоблока мы получаем 100-200 кубометров твердых радиоактивных отходов (ТРО) и примерно столько же жидких (ЖРО).

Источники твердых отходов — загрязненные детали и материалы, отработавшее оборудование реакторного контура, загрязненная одежда, инструменты, ветошь, используемая для протирания и прочее.

Источник жидких отходов — небольшие протечки радиоактивной воды, используемой в качестве теплоносителя, а также водные растворы, применяемые для отмывки радиоактивно загрязненного оборудования, сточные воды спецпрачечных и так далее. Причем первичный объем жидких отходов довольно высок — порядка 10000 кубометров в год. Поэтому их упаривают, в результате чего исходное количество сокращается в десятки и даже в сотни раз.

## А как обстоит дело с отходами на других предприятиях ядерного топливного цикла?

**Н**аибольшее количество радиоактивных отходов образуется в процессе добычи урана. Они представляют собой отвалы пустой породы и отходы радиометрической сортировки. Урана в них почти нет. И хотя количество таких отходов велико — более пятидесяти тысяч кубометров при обеспечении годовой работы одного реактора мощностью тысяча мегаватт — не следует забывать, что эти отходы относятся к низкоактивным, то есть они практически безопасны. Если их хранение организовать правильно, то угрозы для населения и окружающей среды такие хвостохранилища не представляют. Кроме того, в нашей стране они есть только в Краснокаменске (Забайкальский край).



## На какой стадии ядерного топливного цикла образуются самые опасные отходы?

На стадии переработки отработавшего ядерного топлива. Надо отметить, что свежее топливо не представляет радиационной угрозы: таблетки уранового горючего можно держать в руках. Но когда уран делится в реакторе, происходит образование продуктов деления, и многие из них представляют серьезную радиационную угрозу. Однако исходящая от них опасность значительно снижается с течением времени. Так, через 40 лет после извлечения из реактора количество радиоактивных продуктов уменьшается в тысячу раз по сравнению с исходным. К тому же, объем высокоактивных отходов, образующихся при переработке отработавшего топлива, составляет очень незначительную долю (менее 1 %) от суммарного количества радиоактивных отходов, образующихся на всех стадиях ядерного топливного цикла. Если же учесть и хвостохранилища, то доля высокоактивных отходов не превысит 0,01 %. Высокоактивные отходы остекловывают, причем их объем за всю историю переработки отработавшего ядерного топлива в России в расчете на одного жителя нашей страны сравним с объемом мячика для гольфа.



# Как обращаются с отходами атомных электростанций?

**П**ервая стадия — их строгий учет и сбор. Учет необходим для обеспечения безопасности, учитывая недопустимость попадания радиоактивных веществ в окружающую среду, да и в руки террористов. Поэтому система учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в России выведена на национальный уровень.

Вторая стадия — компактификация, максимальное снижение объема отходов. Жидкие отходы выпаривают, твердые — прессуют и сжигают. Это позволяет снизить расходы на их хранение и окончательную изоляцию.

Третья стадия — кондиционирование, на ней отходы переводят в химически стойкое, экологически безопасное состояние. Отходы с небольшой радиоактивностью допускается хранить в бочках и контейнерах, для более опасных материалов предусмотрены более надежные матрицы: блоки из цемента, битума или стекла.

Финальная стадия — отправка радиоактивных отходов в специализированные хранилища, а затем — на объект окончательной изоляции.



## Стоит ли опасаться ввоза радиоактивных отходов в нашу страну из других государств?

**В** соответствии с существующими законами ввоз радиоактивных отходов на территорию нашей страны запрещен. В Россию допускается ввозить только отработавшие источники ионизирующего излучения и отработавшее ядерное топливо, произведенные в нашей стране и возвращаемые по межправительственному соглашению. Но отработавшее топливо неправильно называть отходами по одной простой причине: отходы — это те материалы, которые полностью исчерпали свой полезный ресурс, в которых нет ничего ценного. К отработавшему топливу, в котором содержится несгоревший уран, плутоний, набор прочих изотопов, которые можно использовать в геологии, медицине, сельском хозяйстве, космосе и т.д., это не относится. Оно является источником ценных продуктов и может быть использовано повторно.

# Альфа-, бета- и гамма-излучение. Уточните, чем они различаются?

**Р**адиоактивные вещества, в том числе уран и продукты его деления, испускают различные типы излучения (радиации). Среди них три типа излучения встречаются наиболее часто:

- альфа-, состоящее из альфа-частиц (ядер гелия), обладающих высокой энергией,
- бета-, состоящее из бета-частиц (электронов и позитронов), которые также имеют высокую энергию,
- и гамма-, которое представляет собой поток гамма-квантов, то есть «частичек» энергии, аналогичных по своей природе обычному свету.



# Чем опасны радиоактивные вещества?

**Р**адионуклиды (радиоактивные ядра), как природные, так и техногенные, отличаются от стабильных ядер тем, что они могут самопроизвольно превращаться в ядра других элементов. При этом ядро испускает радиацию, или, как ее называют специалисты, ионизирующее излучение. Радиация наносит определенный вред клеткам, вызывая отклонения в их работе. Правда, клетки успешно борются с этим воздействием, если дозы радиации невелики. Более того, в отсутствие обычного радиационного фона организм угнетается, снижается иммунитет. А вот в случае, если поток радиации мощный, клетки гибнут, что приводит к нарушению функций органов и тканей. Следует отметить, что в нашей обычной жизни вероятность попасть под такое сильное радиационное воздействие, чтобы это отразилось на здоровье, крайне мала. В обычной жизни средний россиянин получает от всех источников дозу радиации в 25-50 раз ниже, чем минимальная доза, для которой отмечаются хотя бы незначительные вредные последствия.

## Техногенная радиация, по-видимому, опаснее природной?

Кажется логичным, что естественные факторы представляют меньшую опасность, чем те, что созданы человеческими руками. Но вспомним, что природные яды пауков, змей, рыб зачастую оказываются губительными для человека, а вполне «естественное» извержение вулкана может унести больше жизней, чем самая крупная техногенная катастрофа.

Искусственная радиация в ряде случаев может нанести гораздо больший вред, по сравнению с природной, но это не делает ее автоматически более опасной. Например, все мы ежегодно подвергаемся воздействию радиации, проходя флюорографическое обследование, но это абсолютно безвредно — хотя и искусственно!

Чтобы определить реальный вред от облучения, надо знать, какая доза нами получена. Дальше все просто: если природный источник радиации дает бóльшую дозу, чем техногенный, значит, он опаснее в данном конкретном случае, а если меньшую — тогда наоборот.

И вот еще что важно. Доза среднего россиянина на 85 % определяется природными источниками, 15 % дают медицинские процедуры вроде флюорографии, а техногенные источники вносят очень небольшой вклад (около 0,3 %). Повод задуматься, не так ли?

## Расскажите об условиях работы на урановых шахтах. Это опасно?

Сначала приведем исторический пример, относящийся к эпохе до открытия явления радиоактивности. Средневековые шахтеры из южной Саксонии часто болели и рано умирали от патологии легких, однако реже страдали болезнями суставов, потому что пили воду шахтного происхождения, содержащую уран. Конечно, об этом никто не знал.

Поэтому неудивительно, что раньше работа на урановых шахтах была опасным делом, и уровень заболеваемости на урановых шахтах был довольно высок. Начали разбираться, в чем дело, и пришли к выводу: причина в высокой концентрации природного радиоактивного газа — радона, который является неперенным спутником урановых месторождений. Поняв проблему, выписали «рецепт» — обеспечить хорошую вентиляцию шахт. Это возымело положительное действие, и сейчас по статистическим данным смертность рабочих при добыче урана не выше, чем на горнодобывающих предприятиях в других отраслях.



# А на атомной электростанции — опасно?

Персоналу АЭС приходится иметь дело с радиацией — это факт. Поэтому все сотрудники станции носят с собой карманные дозиметры, а служба радиационной безопасности внимательно следит за дозами радиации, которые набирают сотрудники. Специалисты, работающие на станции, имеют хорошее представление о потенциальной опасности и умеют организовать работу таким образом, чтобы избежать серьезного облучения; к тому же, наиболее опасные операции выполняются дистанционно, с применением манипуляторов и видеосистем. Весь персонал АЭС проходит регулярные медицинские обследования, которые позволили установить весьма интересный факт: заболеваемость и смертность среди рабочих и инженеров ядерной отрасли, подвергающихся облучению, ощутимо меньше по сравнению с контрольной группой, в которую вошли люди из других сфер промышленности, не работающие с радиоактивными веществами.



И на языке цифр. Годовая доза работников радиационно-опасных предприятий, в том числе АЭС, ограничена санитарными нормами и правилами. Максимум — 20 миллизивертов в год. А современные медицинские исследования показывают, что дозы менее 100-200 миллизивертов не оказывают негативного влияния на организм. Так что работа на атомной станции — вполне безопасное дело.

## Чем отличается радиация на АЭС от радиации при флюорографическом обследовании?

**Р**ентгеновские лучи, которыми флюорографический аппарат просвечивает нашу грудную клетку, по природе близки к гамма-квантам, испускаемым радиоактивными веществами, которые нарабатываются в ядерном топливе. В общем, они различаются только по источнику происхождения. Гамма-кванты испускают радиоактивные ядра, избавляясь от лишней энергии. Рентгеновские лучи испускают электроны при торможении в рентгеновской трубке. Во всем остальном они очень схожи. Соответственно они относятся к одному виду проникающей радиации, и оказывают идентичное действие на органы и ткани.

## Облучаются только работники ядерной отрасли? Или нет?

**И** в других отраслях работники могут получить повышенную дозу радиации. В наибольшей степени здесь «отличился» нефтегазовый комплекс. Суть проблемы в том, что вместе с нефтью и газом из-под земли извлекаются природные радиоактивные вещества, например, радий. Эти изотопы оседают на внутренних поверхностях трубопроводов, насосов, емкостей и приводят к существенному повышению радиационного фона. Когда этой проблемой занялись вплотную, выяснили, что дозы, получаемые сотрудниками нефтедобывающих предприятий, местами превышают предельные дозы для персонала АЭС, а миллионы тонн нефтешламов в соответствии с отечественными нормами должны рассматриваться как радиоактивные отходы.

## Экскурсия на АЭС — это безопасно?

**Д**а, это так. Например, фон в реакторном зале на энергоблоке с реактором РБМК составляет порядка 15 микрозивертов в час. Это более чем стократное превышение природного фона. Но в этом зале группа посетителей находится 10-15 минут, поэтому суммарная доза от однократного посещения АЭС на порядок меньше дозы, получаемой при флюорографическом обследовании. Она абсолютно безопасна для экскурсантов.



## Часто недалеко от АЭС купаются дети, рыбаки ловят рыбу. Безопасно ли это?

**Н**а любой АЭС для получения энергии необходимо получить пар, который вращает вал турбины и электрогенератора, при этом вырабатывается электроэнергия. Чтобы вернуть этот пар в цикл, его конденсируют в специальных аппаратах (конденсаторах турбин) при помощи воды из близлежащего водоема. На Ленинградской АЭС пользуются водой из Финского залива, на Кольской — из озера Имандра, и так далее. Соответственно, охлаждающая вода через металлическую стенку забирает тепло пара и нагревается, что, собственно, и привлекает желающих искупаться. Однако процесс конденсации пара организован таким образом, чтобы давление охлаждающей воды было выше давления в контуре АЭС. Поэтому охлаждающая вода может просачиваться в контур, а вот вода из контура АЭС не попадает в окружающую среду ни при каких условиях. Опасность радиационного воздействия полностью отсутствует. К слову, на двухконтурных энергоблоках с реакторами типа ВВЭР, которые будут строиться в дальнейшем в нашей стране, на турбины идет нерадиоактивный пар, что полностью снимает все основания для беспокойства.

Приведем интересный пример. Во Франции в теплых сбросных водах одной из АЭС поселилась самка тюленя. Думается, она очень хорошо устроилась.



## Насколько вредна АЭС при нормальной работе для окружающей среды?

При нормальной работе АЭС абсолютно безвредна для природы. В этом можно убедиться, побывав в окрестностях любой атомной станции. Кстати, в качестве примера можно назвать и печально известную Чернобыльскую АЭС.

Даже наиболее серьезные радиационные аварии не вызвали значимого экологического ущерба, поскольку окружающая среда умеет успешно «переваривать» радиацию. Чернобыльская зона является хорошим доказательством этому утверждению. Те, кто ее посещает, наблюдают зеленые деревья, обилие рыбы в реках, многочисленные следы животных в лесах, и прочие атрибуты экологически чистого пространства. При этом нет заслуживающих доверия данных о рыбах с тремя хвостами, кабанах с шестью копытами, человекоподобных мутантах и прочих фантастических существах подобного рода.

## Кому верить: специалистам или экологам?

Судите сами: специалист потому так и называется, что хорошо разбирается в некоторой узкой области знаний. Нельзя сказать, что дисциплины, которыми должны владеть сотрудники ядерной отрасли (ядерная физика, радиохимия, радиационное материаловедение, радиобиология и пр.), чрезмерно сложны. Но чтобы их системно усвоить, требуется получить высшее образование по «ядерной» специальности, а затем хотя бы некоторое время проработать в отрасли. К экологам это не относится. В большинстве случаев (не во всех!) эколог имеет довольно поверхностное представление об атоме и радиации. В вопросе о доверии выбор остается за Вами, хотя на наш взгляд в спорной ситуации разумнее полагаться на мнение профессионалов.



## Как жители регионов присутствия АЭС относятся к атомной энергетике?

Смотря о каких жителях идет речь. Если взять пенсионеров из близлежащего села, то некоторых из них тревожит соседство со станцией. А если опросить жителей городов-спутников АЭС, то мы увидим принципиально иную позицию. В этих городах живут специалисты, обладающие профессиональными знаниями об атомной энергии и радиации, и АЭС для них является местом работы всей жизни. Молодое поколение также не испытывает никакого страха. Более того, многие из них охотно поступают в ВУЗы на соответствующие специальности, чтобы продолжить династию атомщиков.

## Меня интересует радиационная обстановка в моем регионе. Где я могу получить соответствующую информацию?

**Ж**ители регионов, в которых размещены АЭС и другие радиационно-опасные объекты, знают, как расшифровать аббревиатуру АСКРО: Автоматизированная Система Контроля Радиационной Обстановки.

По сути, АСКРО — это совокупность датчиков радиации, расположенных в районе АЭС. Датчики объединены в сеть, то есть информация о радиационном фоне вокруг станции автоматически собирается и анализируется. С некоторых пор эта информация доступна всем желающим в режиме реального времени — достаточно зайти в Интернете на сайт [russianatom.ru](http://russianatom.ru), и выбрать интересующий Вас объект.

## Для чего нужна санитарно-защитная зона вокруг АЭС?

Санитарно-защитная зона — необходимый атрибут любого промышленного предприятия, где имеют дело с опасными материалами, а не только с радиоактивными веществами. В этой зоне запрещено проживание и сельскохозяйственные работы. Даже если вероятность крупной аварии на АЭС ничтожно мала, должны быть предусмотрены средства защиты от нее; одно из этих средств — «защита расстоянием». Существуют так называемые проектные аварийные ситуации, допускающие выброс радиоактивных веществ за пределы энергоблока, но до границы санитарно-защитной зоны они должны рассеяться до безопасных концентраций. В проектах современных АЭС санитарно-защитная зона совпадает с контурами промплощадки, на которой размещена станция.

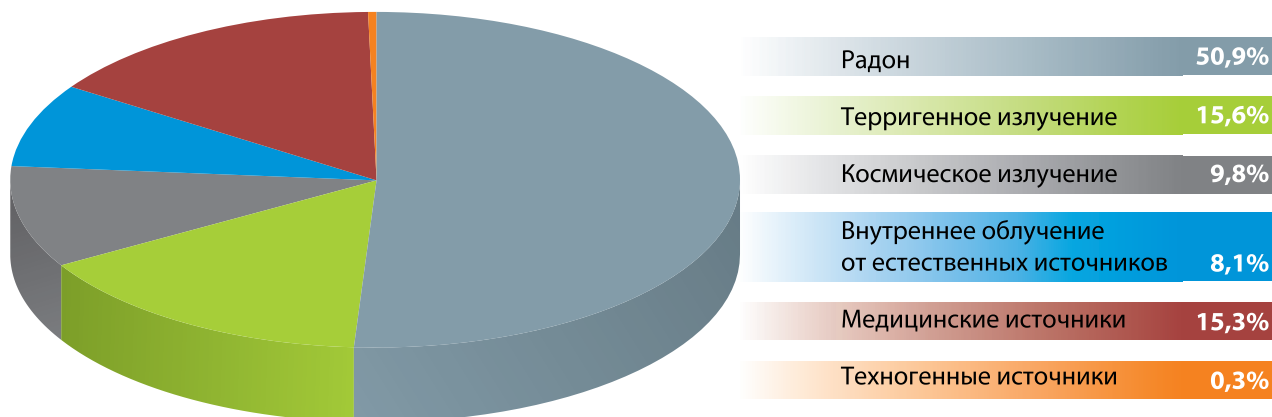
С другой стороны, эта зона является дополнительной мерой безопасности, поскольку стоящий «на отшибе» объект охранять гораздо легче по сравнению с предприятием, находящимся в центре города.

## Какой вклад вносит АЭС в мою годовую дозу?

Специалисты внимательно изучили этот вопрос и были удивлены. Вклад всех предприятий ядерной отрасли, последствий радиационных аварий и испытаний ядерного оружия в дозу среднего россиянина составляет около 0,3 %. Причем эта цифра остается справедливой для регионов, где расположены АЭС. Остальное — это природные источники и медицинские исследования. Исключение составляют области, загрязненные в результате радиационных аварий, но и там «атомный» вклад оказывается ниже медицинской составляющей.

Интересно, что если учитывать только атомные электростанции, то их вклад в дозу еще меньше — 0,05 %.

Вклад различных источников в дозу облучения (в среднем по России)



## Вероятность аварии на АЭС маленькая, но, все же, не нулевая. Как ее «обнулить»?

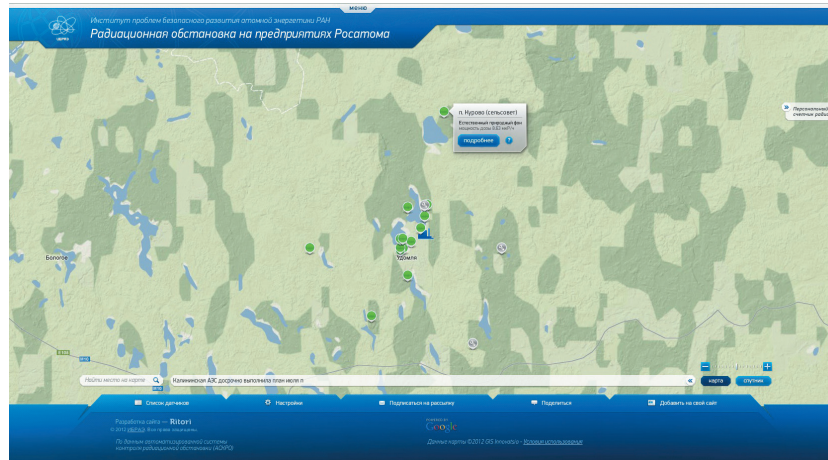
**В**ероятность аварии на любом крупном промышленном объекте никогда не будет равна нулю — это знают все, кто знаком с предметом математической статистики. В соответствии с канонами этой дисциплины, любое событие может произойти с той или иной вероятностью: существует даже вероятность (правда, очень малая) гибели от метеорита. Иными словами, «обнулить» возможность аварии не в нашей власти, зато в мы можем сделать ее пренебрежимо малой. На строящихся АЭС вероятность крупной радиационной аварии составляет  $10^{-7}$  на реактор в год. Это сопоставимо с вероятностью падения на наш дом пусть не метеорита, но самолета. Вы же не боитесь жить в собственном доме?

АЭС современных проектов безопасны еще и потому, что на них внедряются инновационные технические решения, позволяющие не допустить выброса радиоактивных веществ за пределы станции даже в случае тяжелой аварии.

# Как вести себя в случае радиационной аварии?

**В**о-первых, неплохо бы удостовериться, что авария с выбросом радиации действительно произошла, а информация о ней не является «уткой», поскольку подобные провокации имели место неоднократно. Их число резко снизилось после открытия Интернет-сайта [russianatom.ru](http://russianatom.ru), на котором в режиме он-лайн выводится информация с датчиков системы контроля радиационной обстановки предприятий Росатома.

Если авария все же произошла, полагается тщательно закрыть окна и двери, сделать запас воды, надеть респираторы или марлевые повязки для защиты от радиоактивных аэрозолей, слушать радио, в соответствии с указаниями принимать йодсодержащие препараты и дожидаться отбоя тревоги или, при неблагоприятном развитии ситуации, эвакуации.





## Зачем нужна «йодная профилактика»?

Одним из опасных радиоактивных изотопов, образующихся при работе ядерного реактора, является йод-131. Он способен избирательно накапливаться в щитовидной железе — органе, отвечающем за выработку двух важных гормонов, а нарушение работы щитовидной железы сказывается на работе организма в целом.

Йодная профилактика заключается в следующем: люди, попавшие в зону радиоактивного загрязнения, принимают обычный йод: стабильный изотоп, содержащийся в препарате, вытесняет радиоактивный йод из щитовидной железы, и ее облучение значительно снижается. Можно принимать аптечный спиртовой раствор йода, разводя несколько капель в воде или молоке, но лучше пользоваться йодсодержащими препаратами. Например, таблетированным йодидом калия.

К счастью, угроза от йода-131 не является долгосрочной. Период полураспада этого изотопа составляет около 8 суток, значит, через несколько десятков дней после выброса его концентрация снижается до безопасных значений.

Напоследок, совет. В случае провокации не пейте йод! Зафиксированы случаи, когда люди в результате беспочвенных слухов об аварии на АЭС выпивали столько спиртового раствора йода, что возникала необходимость в медицинской помощи.

## Стоит ли бояться ударной волны при аварии на АЭС?

**Н**ет. Мы уже говорили, что ядерный реактор не может взорваться как бомба. При взрыве ядерной бомбы огромное количество энергии высвобождается практически мгновенно, чего не происходит при неполадках с реактором. Если же вспоминать о событии, которое произошло на Чернобыльской АЭС, то взрыв, приведший к разрушению четвертого блока, был неядерным: реактор разорвало изнутри резко возросшим давлением пара. На АЭС «Фукусима-1» сдетонировала смесь водорода с воздухом. Разумеется, упомянутые взрывы по мощности были несоизмеримы со взрывом ядерной бомбы.

## Радиоактивные вещества с японской АЭС «Фукусима» опасны для россиян?

К счастью, нет. На Сахалине и Дальнем Востоке с того момента, когда стало известно о ситуации в Японии, осуществляется регулярный радиационный мониторинг, но повышение фона в тех регионах не наблюдается, а значит, остальным регионам России вообще не о чем беспокоиться. В нашу пользу складываются следующие факторы: во-первых, радиоактивные вещества рассеиваются морскими ветрами до безопасных концентраций задолго до достижения нашей территории, а во-вторых, распад самого опасного изотопа (йода-131) до безопасных уровней происходит до достижения наших границ. Что касается воды и морепродуктов: загрязнение океана фиксируется лишь в непосредственной близости от АЭС «Фукусима-1», а ввозимые из Японии морепродукты на границе проходят радиометрический контроль.

## Слышал, что спирт выводит радиоактивные вещества из организма. Так ли это?

Это популярное мнение давно можно было бы искоренить, но, к сожалению, оно активно поддерживается самими атомщиками. Однако за этим скрывается не более чем удобный повод для того, чтобы «сообразить на троих». Точно так же некоторые люди с надеждой заглядывают в календарь, чтобы посмотреть, нет ли сегодня какого-нибудь праздника? История о пользе спирта основана на реальных фактах: спирт реально взаимодействует со свободными радикалами — опасными соединениями, которые образуются в клетках при воздействии радиации и попадании в организм радиоактивных веществ. Проблема в том, что для достижения более-менее значимого эффекта по их нейтрализации необходимо выпить столько спирта, что это приведет к тяжелейшему отравлению организма. Нельзя забывать, что спирт — это яд. Для снижения последствий облучения и выведения радиоактивных веществ из организма разработаны специальные препараты — радиопротекторы. Не доставляя такого удовольствия, как распитие спиртных напитков, они, тем не менее, обладают куда более сильным эффектом.

# Сказываются ли последствия Чернобыльской аварии на здоровье россиян?

**Ж**ители многих прилегающих к Зоне регионов до сих пор «по инерции» списывают на Чернобыльскую аварию многие неприятные диагнозы, в частности, онкологические заболевания. А что на самом деле? Существует специальный Российский государственный медико-дозиметрический регистр (проще говоря, список), содержащий информацию о ликвидаторах, их детях, о населении пострадавших регионов и эвакуированных жителях. В соответствии с ним, в 1992-1995 годах реально наблюдался рост заболеваемости по некоторым видам онкологических заболеваний, который с 1996 года пошел на спад и вскоре вернулся к среднестатистическому уровню.

Мы далеки от гипотезы абсолютной безопасности Чернобыльской зоны и загрязненных территорий, но и выступаем против намеренного сгущения красок вокруг последствий этой аварии.

## Расскажите про «рыжий лес». Он до сих пор рыжий?

При аварии на Чернобыльской АЭС облако радиоактивных веществ накрыло близлежащий лесной массив. Особенно пострадали хвойные деревья. Лиственные породы ежегодно сбрасывают листву и таким образом очищаются от радионуклидов, а для елей и сосен эта «опция» недоступна. В результате деревья погибли, а хвоя окрасилась в рыжий цвет. Фотографии «рыжего леса» активно используются в качестве аргумента, свидетельствующего об опасности ядерной энергетики. Но сопоставим факты: из-за наиболее серьезной радиационной аварии в истории человечества погибло 560 гектаров леса, в то время как «нормальная» работа Норильского комбината привела к уничтожению деревьев на тысячекратно большей площади — 600000 гектар!

К слову, сейчас на месте «рыжего леса» зеленеет рощица, и поют птицы, хотя радиационный фон там значительно повышен.



## Хочу поехать в Чернобыль, но боюсь. Как вы думаете, уже можно?

Экскурсии в Чернобыльскую зону организуются на коммерческой основе — всю необходимую информацию об этом можно почерпнуть из Интернета. Конечно, с точки зрения возможного облучения это более серьезное событие, чем посещение любой современной АЭС. Однако маршрут, тщательно продуманный организаторами, лежит на удалении от самых «грязных» точек, к тому же экскурсантам выдают дозиметры, поэтому риск опасного для здоровья облучения отсутствует. Это мероприятие стало возможным благодаря положительному качеству радиоактивных изотопов, о котором мы уже упоминали, а именно их распаду с течением времени. Поэтому в не столь отдаленном будущем в Чернобыльской зоне можно будет безопасно работать, а когда-нибудь — и жить.

# Содержание

<i>Введение</i>	3
<i>Когда ученым стало ясно, что в ядре атома сокрыта огромная энергия?</i>	4
<i>Зачем России нужна ядерная отрасль?</i>	5
<i>Когда дала промышленный ток первая в истории человечества АЭС?</i>	6
<i>Ядерное топливо — это просто уран?</i>	7
<i>Что такое «ядерный топливный цикл»?</i>	8
<i>Существует ли альтернатива урану в качестве топлива?</i>	9
<i>Что такое «критическая масса»?</i>	10
<i>Зачем обогащаются люди, мы знаем :) А зачем обогащается уран?</i>	11
<i>Как управляют работой ядерного реактора?</i>	12
<i>Сколько ядерных энергоблоков в России и в мире?</i>	13
<i>На российских АЭС установлены одинаковые реакторы, или нет?</i>	14
<i>Как долго ядерное топливо «работает» в реакторе?</i>	15
<i>Почему бы не заменить АЭС «ветряками»?</i>	16
<i>Давайте остановим все АЭС!</i>	17
<i>В чем разница между АЭС и угольной электростанцией?</i>	18
<i>Вы произносите то «ядерный», то «атомный»? Есть какая-то разница?</i>	19
<i>Вы показали на экране модель АЭС, на которой видны огромные широкие трубы. Для чего они нужны?</i>	20
<i>Сколько специалистов управляют работой энергоблока?</i>	21
<i>Как быстро можно остановить ядерный реактор?</i>	22
<i>Возможен ли ядерный взрыв на АЭС?</i>	23
<i>Правда ли, что после эксплуатации в реакторе ядерное топливо светится?</i>	24
<i>Много ли отходов образуется на АЭС?</i>	25
<i>А как обстоит дело с отходами на других предприятиях ядерного топливного цикла?</i>	26
<i>На какой стадии ядерного топливного цикла образуются самые опасные отходы?</i>	27
<i>Как обращаются с отходами атомных электростанций?</i>	28



<i>Стоит ли опасаться ввоза радиоактивных отходов в нашу страну из других государств?</i>	29
<i>Альфа-, бета- и гамма-излучение. Уточните, чем они различаются?</i>	30
<i>Чем опасны радиоактивные вещества?</i>	31
<i>Техногенная радиация, по-видимому, опаснее природной?</i>	32
<i>Расскажите об условиях работы на урановых шахтах. Это опасно?</i>	33
<i>А на атомной электростанции — опасно?</i>	34
<i>Чем отличается радиация на АЭС от радиации при флюорографическом обследовании?</i>	35
<i>Облучаются только работники ядерной отрасли? Или нет?</i>	36
<i>Экскурсия на АЭС — это безопасно?</i>	37
<i>Часто недалеко от АЭС купаются дети, рыбаки ловят рыбу. Безопасно ли это?</i>	38
<i>Насколько вредна АЭС при нормальной работе для окружающей среды?</i>	39
<i>Кому верить: специалистам или экологам?</i>	40
<i>Как жители регионов присутствия АЭС относятся к атомной энергетике?</i>	41
<i>Меня интересует радиационная обстановка в моем регионе.</i>	
<i>Где я могу получить соответствующую информацию?</i>	42
<i>Для чего нужна санитарно-защитная зона вокруг АЭС?</i>	43
<i>Какой вклад вносит АЭС в мою годовую дозу?</i>	44
<i>Вероятность аварии на АЭС маленькая, но, все же, не нулевая. Как ее «обнулить»?</i>	45
<i>Как вести себя в случае радиационной аварии?</i>	46
<i>Зачем нужна «йодная профилактика»?</i>	47
<i>Стоит ли бояться ударной волны при аварии на АЭС?</i>	48
<i>Радиоактивные вещества с японской АЭС «Фукусима» опасны для россиян?</i>	49
<i>Слышал, что спирт выводит радиоактивные вещества из организма. Так ли это?</i>	50
<i>Сказываются ли последствия Чернобыльской аварии на здоровье россиян?</i>	51
<i>Расскажите про «рыжий лес». Он до сих пор рыжий?</i>	52
<i>Хочу поехать в Чернобыль, но боюсь. Как вы думаете, уже можно?</i>	53

# Полезные ссылки

*Государственная корпорация по атомной энергии  
«Росатом»*

[www.rosatom.ru](http://www.rosatom.ru)

*Информационные центры по атомной энергии*

[www.myatom.ru](http://www.myatom.ru)

*Радиационная обстановка на объектах ГК «Росатом»*

[www.russianatom.ru](http://www.russianatom.ru)

*Производство электроэнергии на атомных  
электростанциях — «Концерн Росэнергоатом»*

[www.rosenergoatom.ru](http://www.rosenergoatom.ru)

*Экология и атомная энергетика*

[www.ecoatominf.ru](http://www.ecoatominf.ru)

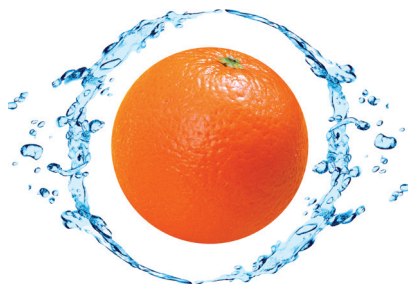
*Блог «Атомные стройки»*

[blogstroyka.rosatom.ru](http://blogstroyka.rosatom.ru)

*Молодежный «Энергичный блог»*

[nrg.rosatom.ru](http://nrg.rosatom.ru)





завтра будет!

Информационные центры  
по атомной энергии

[www.myatom.ru](http://www.myatom.ru)