

АТОМ НА РАБОТЕ



Акатов А. А., Коряковский Ю. С.

АТОМ НА РАБОТЕ

Информационные центры по атомной энергии
Москва, 2012

УДК 621.039.8

ББК 31.4

Акатов А. А., Коряковский Ю. С.
Атом на работе. — 2012. — 28 с.

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

Ядерные и радиационные технологии становятся одним из важнейших направлений развития российской экономики. Они предоставляют уникальные возможности промышленности, медицине, сельскому хозяйству, науке – трудно назвать область человеческой деятельности, в которой нельзя было бы воспользоваться энергией, таящейся в глубинах материи. Если вы думаете, что ядерная энергия подходит лишь для производства электричества, то этот буклет – для вас.

Введение

Сегодня основной сферой применения сил, заключенных в атомном ядре, является ядерная энергетика. Тепло, выделяющееся при делении ядер урана, превращает воду в пар, который поступает на турбину; связанный с ней генератор вырабатывает электрический ток, столь необходимый в промышленности и в быту.

Рисунок 1

Балаковская атомная электростанция

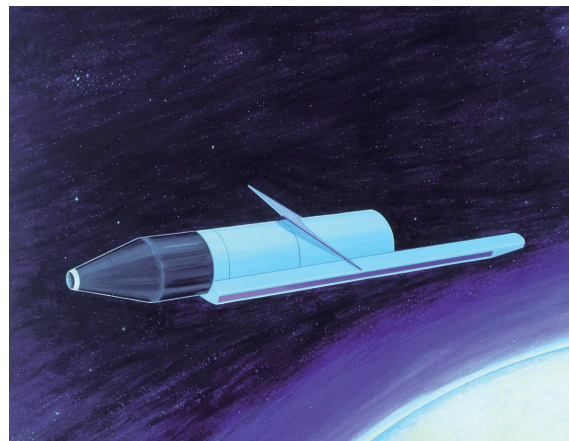


Однако этим сфера применения радиации и радиоактивности не исчерпывается: существует широкий спектр областей, в которых не обойтись без использования мирного атома. Диагностика и лечение заболеваний, освоение космоса, сельское хозяйство, археология, изучение химических и биологических процессов – и это лишь несколько пунктов из длинного списка.

Рисунок 2 Атомный ледокол «50 лет Победы»



Рисунок 3 Спутник серии УС-А с ядерной энергетической установкой на борту



На нынешнем этапе развития наука, техника, медицина не могут отказаться от применения «прирученной» радиации, которая за многие десятилетия, прошедшие с момента открытия невидимых лучей, сумела стать по-настоящему незаменимым помощником.

Природная радиоактивность в археологии и не только...

Радиоактивность и радиация сопровождают жизнь с момента ее зарождения на нашей планете. Во всех материалах содержатся природные радиоактивные изотопы, возникшие, согласно гипотезе, в период образования Земли.

Исследование распределения природных радионуклидов в объектах окружающей среды позволяет изучать некоторые естественные процессы, к которым сложно подступиться, применяя другие методы. Например, эрозия (разрушение) почвы – глобальная проблема для сельскохозяйственной деятельности. Слежение за этим явлением раньше было затруднено из-за отсутствия недорогих способов мониторинга, а теперь наблюдение за распределением природных радионуклидов позволяет получать надежные данные об эрозии и осаждении почв.

Рисунок 4

Эрозия почвы – беда полей



Другой пример: по некоторым данным, непосредственно перед землетрясением из почвы начинает более активно выделяться природный радиоактивный газ – радон; в перспективе, контроль скорости его поступления из грунта позволит создать систему предсказания землетрясений.

Но одной из самых важных сфер использования явления природной радиоактивности стала археология. Речь идет об изобретении метода радиоизотопной датировки (радиоуглеродного анализа). Он основан на том, что содержащийся в атмосфере углерод состоит из трех изотопов: стабильных углерода-12 и углерода-13, и радиоактивного углерода-14. Углерод-14 постоянно образуется в атмосфере под действием космического излучения, и в то же время подвергается радиоактивному распаду. В результате доля ядер углерода-14 остается постоянной. Растения потребляют углерод из атмосферы в процессе фотосинтеза, животные поедают растения и друг друга. Поэтому, пока они живы, доля углерода-14 в живых организмах и в атмосфере одинакова. Но когда организм гибнет, обмен углеродом с атмосферой прекращается. Углерод-14 постепенно распадается, и его количество со временем уменьшается, поскольку ему больше неоткуда взяться (неживая материя не поглощает содержащийся в воздухе CO_2). Зная долю углерода-14 в атмосфере, которая практически постоянна, и измерив его долю в исследуемом природном материале, можно установить дату гибели организма.

Как это можно использовать? Например, в 1950 году в Дании около деревушки Толлунд во время разработки торфа на глубине двух с половиной метров был найден хорошо сохранившийся труп мужчины. Предположили, что он стал жертвой недавнего преступления, следов которого не осталось. А когда телом занялись ученые, оказалось, что он умер примерно в четвертом веке до (!) нашей эры.

Космическое излучение производит нейтроны.

Они сталкиваются с атомами ^{14}N ,

образуя радионуклиды ^{14}C .

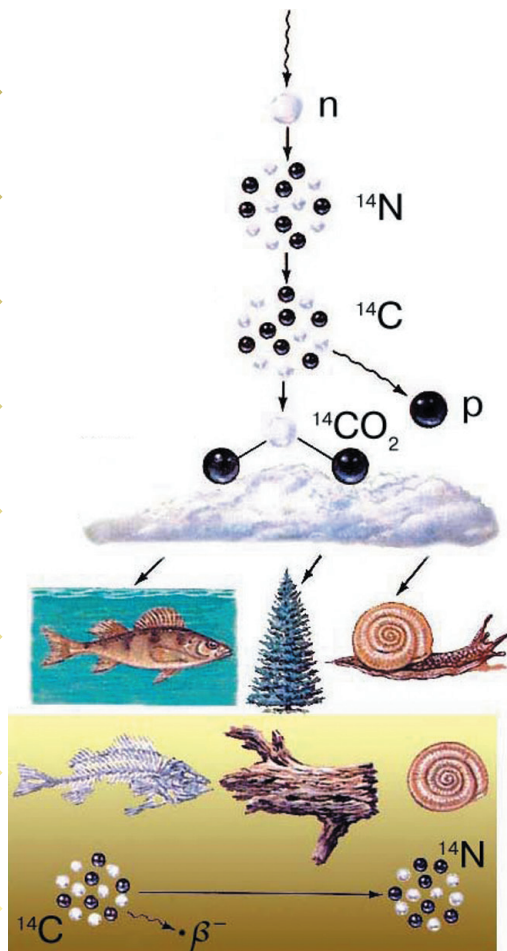
^{14}C поступает в атмосферу в виде углекислого газа,

и там поддерживается почти постоянная концентрация ^{14}C .

^{14}C проникает в океан и на сушу, накапливается в тканях растений и животных, вступая в химические реакции, образует карбонатные соединения (раковины и минералы).

Умершие организмы не накапливают ^{14}C . Содержащийся в них ^{14}C подвергается радиоактивному распаду и вновь превращается в ^{14}N .

Измерение концентрации ^{14}C в образце и сравнение с его исходным содержанием позволяет вычислить возраст.



Метод радиоуглеродного анализа был разработан в 1946 году, и успешно применяется с тех пор. Несколько позже появились способы датировки по соотношению природного радиоактивного элемента – урана и продукта его распада – стабильного свинца, а также по парам калий-аргон и рубидий-стронций – эти способы применяются для определения возраста горных пород. Но возможности радиоизотопной датировки на этом не заканчиваются: в XXI веке ее стали использовать даже для определения возраста звезд нашей Галактики.

Другое приложение этого метода – выявление подделок предметов искусства. Предположим, вам продают очень дорогую картину XVIII века. А вы, сомневаясь, отправляете его на датировку по содержанию углерода-14. В лаборатории кусочек холста отрезают, сжигают и устанавливают, когда был изготовлен холст. Если в XX веке, то картина, несомненно, является подделкой.

Искусственная радиоактивность в химии и медицине

Создание ускорителей и ядерных реакторов открыло путь к получению искусственных радиоактивных веществ, не существующих в природе. Очень скоро ученые оценили возможность их использования, ведь радиоактивные вещества можно обнаруживать в исчезающе малых количествах, когда их содержание на порядки ниже опасных уровней. Чувствительность созданных человеком приборов позволила придумать такие методы исследований, о которых до получения искусственных радиоактивных веществ только мечтали. Так, они были применены в качестве индикаторов для наблюдения за различными химическими реакциями. Этот прием получил название «метода меченых атомов»: если в молекулу ввести радиоактивный атом, то за ее поведением можно будет следить при помощи детекторов радиации. Это позволило получить ответ на многие вопросы, которые ранее считались неразрешимыми. Стало возможным наблюдать за перестройкой атомов в молекулах, за превращениями веществ, за протеканием химических реакций. Это относится и к живой клетке – биохимические реакции, протекающие в ней, также удалось изучить более подробно.

Новые методы химического анализа с использованием радиоактивных меток отличались большей простотой и скоростью по сравнению с традиционными методами аналитической химии. Зачастую они лидируют и по чувствительности, то есть позволяют определять вещества в меньших количествах, чем это удавалось раньше.

Наконец, метод меченых атомов пришел и в медицину. Если взять органическую молекулу (например, глюкозу), «пометить» ее радиоактивным атомом и ввести в организм, то получится радиофармпрепарат – средство диагностики заболеваний. В настоящее время

имеется большой выбор радиофармпрепаратов, предназначенных для выявления тех или иных болезней. Они успешно используются для наблюдения за состоянием органов и тканей, движением биологических жидкостей. Радиофармпрепараты участвуют в обмене веществ и распределяются по организму. Если в одном из органов идет накопление радиофармпрепарата, или, наоборот, наблюдается его недостаток, это может свидетельствовать о нарушениях. Определить, накапливается или нет радиоактивное вещество в органе, можно с помощью детектора радиации. Высокая чувствительность метода позволяет диагностировать онкологические заболевания в самом начале развития и начинать терапию на ранней стадии, когда шансы на излечение наиболее велики.

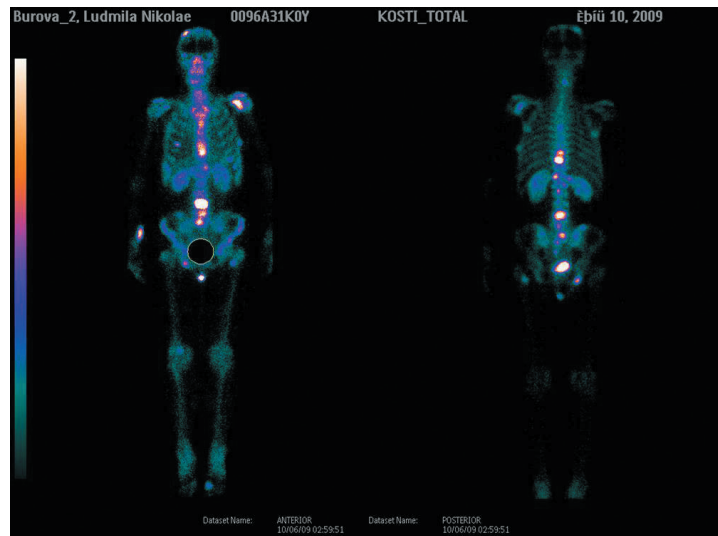
Рисунок 6

Аппарат для радионуклидной диагностики



Рисунок 7

Аппарат для радионуклидной диагностики. Радионуклидная диагностика (сцинтиграфия) костей. Видно, что радиофармпрепарат аномально накапливается в позвоночном столбе.



Для диагностики используют только те радионуклиды, которые наносят минимальный вред организму. К ним предъявляют особые требования: быстрый распад и вывод из организма – без задержки в нем.

Конечно, химией и медициной возможности применения искусственных радионуклидов не исчерпывается – можно назвать радиоизотопные источники света, авиационные сигнализаторы обледенения, устройства для наблюдения за протеканием различных технологических процессов и контроля качества продуктов и т.д.

Рисунок 8

Постоянное освещение шкалы компаса с использованием радиоактивного трития (производство CAMMENGA)



Зачем облучают воду?

Что может быть опасного в обычной природной воде, не загрязненной вредными веществами? Ответ – микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности. Считается, что за год в мире из-за загрязнения и дефицита воды умирает несколько миллионов человек. Чтобы из природной воды сделать питьевую, следует, в частности, очистить ее от микробов, вызывающих развитие различных заболеваний. Самым распространенным приемом является хлорирование, но существует и другой способ, позволяющий избежать введения в воду химических реагентов – радиационная обработка.

Химические реакции, протекающие в облучаемой воде, приводят к разложению вредных органических веществ и гибели болезнетворных микробов. При этом повышается прозрачность, улучшаются вкусовые показатели, и самое главное – происходит обеззараживание воды. В процессе такой обработки в воде не образуются радиоактивные вещества, и после нее не остается химически токсичных веществ (как при хлорировании).

Аналогичным образом поступают со сбросами промышленных, сельскохозяйственных, животноводческих и коммунальных предприятий. Что только не сбрасывается в водоемы! Сточные воды требуют разрушения токсичной органики, удаления яиц глистов и дезинфекции. Решить эту задачу позволяет облучение, причем оно демонстрирует еще большую эффективность в союзе с обычными методами очистки. К слову, радиационная обработка газовых выбросов, в частности топочных газов электростанций, тоже находит свое применение. Учитывая, что зачастую вредные сбросы и выбросы поступают в окружающую среду практически без очистки, применение облучения позволит достаточно дешево решить часть проблем и улучшить качество окружающей среды.

Атомная энергетика предоставляет еще одну возможность получения чистой воды – но уже не для питья. Земледелие невозможно без пресной воды, а во многих странах – в той же Африке – ее запасы минимальны. Где же взять воду для полива? Если рядом есть море, то, поставив на побережье атомную электростанцию, можно опреснять морскую воду. Избыточное тепло, выделяемое реактором, но не используемое для производства электроэнергии, применяется для испарения соленой воды. Поскольку пар соли не содержит – остается его сконденсировать.

Рисунок 9 Дефицит чистой питьевой воды



Рисунок 10 Снижение запасов пресной воды



Зачем облучают еду?

Одна из важнейших проблем, стоящих перед пищевой промышленностью – повышение срока хранения продуктов. Известно, что из-за порчи продуктов на складах и в процессе транспортировки огромное количество еды приходится выбрасывать. Да и качество пищевых продуктов, особенно рыбы и мяса, попадающих на наш стол, часто вызывает сомнение. Они могут содержать вредные микроорганизмы, а при сегодняшних объемах выпуска и потребления следить за этим становится все сложнее. Решить эту задачу также помогает радиация. Правда, здесь возникает другая сложность – многие испытывают необоснованный страх перед облученной пищей, как будто еда способна «накопить» радиацию и передать ее организму. Но в действительности ничего подобного не происходит. При радиационной обработке питательные свойства продуктов ухудшаются не более, чем при обычной (тепловой). Что касается образования токсичных веществ, то и здесь нет оснований для беспокойства. Радиоактивные вещества в пище не генерируются, поскольку энергии применяемого излучения недостаточно для превращения стабильных атомов в радиоактивные. Ее хватает лишь для образования химически активных частиц, которые убивают болезнетворные организмы – то есть, происходит стерилизация без кипячения. Обработанные продукты безвредны, и это доказано в ходе многочисленных экспериментов. Если же сочетать радиационную и термическую стерилизацию, то можно снизить дозу радиации и время тепловой обработки: экономия налицо. Радиационная обработка продуктов применяется довольно давно во многих странах мира; например, индийские специи таят в себе множество микроорганизмов, которые способны привести к тяжелым заболеваниям, поэтому их облучают.

В качестве интересного примера можно вспомнить операцию по спасению мумии Рамзеса II. В 1974 году в каирском музее, где она хранится, обнаружили, что мумия стала...

портиться. Для предотвращения фатальных процессов ее срочно самолетом перевезли во Францию, для чего оформили современный египетский паспорт. Гражданин Египта, по профессии – король (скончавшийся) был торжественно встречен в аэропорту Парижа со всеми возможными почестями и музыкой. Осмотр пациента выявил заражение бактериями, плесенью и даже червячками. Обработка мумии проникающей гамма-радиацией позволила извести опасные микроорганизмы и сохранить ценный экспонат.

Рисунок 12

Мумия Рамзеса II



Рисунок 11

Испортившийся хлеб



И еще о медицине

Радиация может использоваться в обработке не только продуктов, но и тех инструментов и материалов, для которых стерильность является важнейшим фактором. Речь идет о медицине и фармацевтике: ведь вероятность занесения инфекции при медицинских процедурах резко возрастает по сравнению с обычной жизнью. Никому не хочется, чтобы в его организме копались грязными инструментами и вживляли имплантаты, содержащие микробы. Стерилизовать радиацией можно медицинские принадлежности (системы переливания крови, шприцы, иглы и др.), лекарственные препараты и имплантаты. Облучение позволяет сделать их абсолютно чистыми без каких-либо побочных эффектов для здоровья. Это широко распространенный метод стерилизации, применяемый даже для консервации биологических трансплантатов при создании «банков тканей», которые могут использоваться в случае массового поражения людей при стихийных бедствиях, катастрофах, военных конфликтах, терактах.

Но облучению можно подвергать не только различные среды, но также органы и ткани живого человека. При лечении многих заболеваний, особенно онкологических, облучение зачастую оказывается незаменимым средством. Это обусловлено тем, что губительному действию радиации наиболее подвержены клетки, находящиеся в процессе деления. Поскольку раковые клетки делятся намного чаще обычных, то, направляя излучение на опухоль, мы «выжигаем» ее, минимально повреждая здоровые ткани. Лучевая терапия намного легче переносится пациентами по сравнению с химиотерапией, и оставляет гораздо меньше негативных последствий.

Что еще можно облучать, и зачем?

Помимо прочего, радиация широко применяется в сельском хозяйстве. Облучение позволяет избавиться семена, предназначенные для посева, от вредных насекомых и бактерий. В некоторых случаях облучение позволяет даже увеличить всхожесть семян, хотя и незначительно. Также, радиация может использоваться для селекции: радиационная обработка используется для получения мутантных сортов растений, более устойчивых к невзгодам окружающей среды. Таким способом выведены более урожайные сорта риса, хлопка и ряда других растений. Слово «мутант» в общем представлении носит негативный характер, но в данном случае подобное отношение не оправдано: гены мутантных растений «подправлены» радиацией таким образом, чтобы улучшить их свойства; и опасения по поводу того, что облучение может «передаться» человеку, совершенно не обоснованы.

Помимо получения растений с улучшенными свойствами, существует еще и задача борьбы с насекомыми, способными уничтожить урожай. Снизить численность насекомых до безопасного уровня можно таким способом: самцов стерилизуют при помощи радиации, после чего выпускают на свободу. Они остаются вполне активными, но неспособными давать потомство. Прием оказался вполне действенным: с его помощью удалось уничтожить мух (мясную и средиземноморскую плодовую). Работа в этом направлении продолжается: теперь, кроме защиты урожая, появилась и другая цель – борьба с насекомыми-переносчиками опасных заболеваний.

Рисунок 13

Облучение семян зерновых позволяет снизить их потери при хранении



Как увидеть невидимое?

Радиация бывает разной. Существует такая разновидность радиации, которую называют «проникающей» – к ней относятся гамма-кванты и схожие с ними по природе рентгеновские лучи. Проходя через материал, они частично им поглощаются. Но часть лучей, войдя в объект с одной стороны, выходит с противоположной. И здесь открываются удивительные возможности: ведь материя устроена так, что различные вещества поглощают излучение по-разному: мягкие ткани организма слабее, кости сильнее; то же происходит с воздухом и металлом, с массой других веществ. Значит, регистрируя выходящее из объекта излучение, мы можем увидеть его внутреннюю структуру.

Рисунок 14

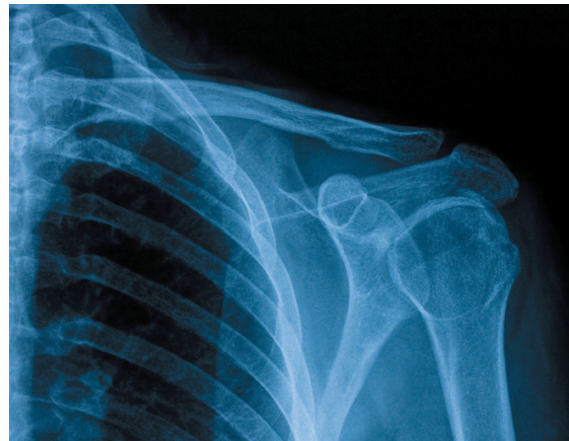
Современный рентгенографический аппарат (производство PHILIPS)



Прежде всего этот эффект стал использоваться в медицине – для рентгенографии, которая позволяет диагностировать переломы, онкологические и другие заболевания без операции. Современные способы, такие как флюорография и компьютерная томография, позволяют, не нанося человеку вреда, выявлять сложнейшие заболевания и назначать своевременное и эффективное лечение (кстати, многие заболевания, как мы уже говорили, можно вылечить облучением).

Рисунок 15

Рентгенограмма



Другим примером давнего использования радиации является метод рентгеновской и гамма-дефектоскопии для контроля качества металлических изделий. Глубоко проникающие гамма-лучи позволяют выявить наличие в изделиях скрытых дефектов (пустот, раковин, трещин). Поэтому, если с одной стороны металлического образца поместить источник гамма-квантов или рентгеновских лучей, а с другой – детектор, то по ослаблению излучения можно судить о наличии пустот в металле, поскольку в пустотах излучение практически не поглощается. Как только источник окажется над участком с полостью, детектор зафиксирует повышение интенсивности излучения: тогда изделие признается дефектным и отбраковывается.

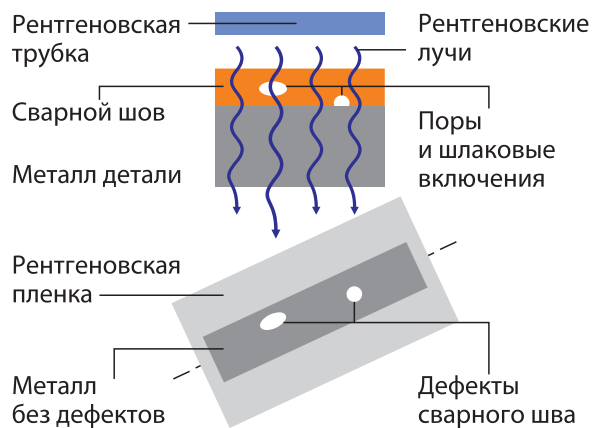
Рисунок 16

Гамма-дефектоскоп (источник излучения)



Рисунок 17

Принцип рентгеновской дефектоскопии с регистрацией изображения на фотопленку



Рентгеновские методы исследования структуры вещества нашли широкое применение и в науке. Направляя рентгеновские лучи на тот или иной образец, можно определить, из какого вещества, из каких элементов он состоит. Главное достоинство этих методов в том, что они являются неразрушающими, то есть при исследовании материал не изменяется, не портится. Например, если нужно гарантировать, что украшение из драгоценного металла не является подделкой, можно обследовать его с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра, и в течение нескольких минут дать четкий ответ.

Рисунок 18

Портативный рентгенофлуоресцентный анализатор: поднес к объекту – узнал состав (производство OXFORD Instruments)



Как повысить качество материалов?

При радиационной стерилизации мощность излучения и дозы, как правило, невелики. Но при повышении интенсивности излучения радиация приобретает способность целенаправленно изменять физические и химические характеристики материалов, что также может быть использовано на практике – для получения изделий, обладающих улучшенными свойствами. Речь идет о широком спектре продуктов – полимерах, древесине, тканях, коже.

Облучение готовых электрокабелей гамма-излучением или электронными пучками позволяет увеличить их термостойкость и прочность; при нынешнем уровне энергопотребления и необходимости в непрерывной подаче электроэнергии эти показатели очень важны, ведь большинство пожаров и отключений электричества происходит из-за повреждения электропроводки.

Обработка кремния высокой чистоты в каналах ядерного реактора позволяет получать полупроводниковые материалы более простым способом и без побочных загрязнений, характерных для традиционных методов производства. Использование радиационных методов легирования открыло новые перспективы в создании «силовых» полупроводниковых элементов и сверхсложных систем микроэлектроники.

Делаем выводы...

Итак, радиационная обработка самых разных объектов позволяет решить множество задач более дешевым, простым, легко автоматизируемым способом по сравнению с традиционными технологиями. Современные приборы фиксируют радиационный фон в режиме он-лайн и умеют определять радиоактивные вещества на очень низких уровнях. Более того, некоторые из описанных нами технологий не имеют «нерадиационных» аналогов.

Рисунок 19

Контроль радиационной обстановки



Рисунок 20

Герметичный источник
гамма-излучения



Нельзя, конечно, рассматривать радиацию как способ решения всех проблем, но главное – совершенно недальновидно отказываться от тех уникальных возможностей, которые она предоставляет. Тем же, кто опасается последствий использования облученных материалов – воды, продуктов, промышленных и медицинских изделий – еще раз напомним: радиация не обладает способностью передаваться через облученный материал (для этого ей недостаточно энергии). Сами облучающие установки герметичны, то есть радиоактивные вещества в них надежно запечатаны, и загрязнить обрабатываемый материал не способны; безопасность же облученных материалов и изделий для человека подтверждена многочисленными экспериментами.

Полезные ссылки

Государственная корпорация по атомной энергии
«Росатом» www.rosatom.ru

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский
институт автоматики им. Н.Л. Духова» www.vniia.ru

ОАО «Государственный научный центр –
Научно-исследовательский институт
атомных реакторов» www.niiar.ru

ОАО «Научно-исследовательский институт
технической физики и автоматизации» www.vniitfa.ru

ФГУП «Научно-исследовательский институт
электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова» www.niiefa.spb.su

ОАО «Всерегionalное объединение «Изотоп» www.isotop.ru

ФГУП «Производственное объединение «Маяк» www.po-mayak.ru

Содержание

<i>Введение</i>	3
<i>Природная радиоактивность в археологии и не только...</i>	5
<i>Искусственная радиоактивность в химии и медицине</i>	9
<i>Зачем облучают воду?</i>	13
<i>Зачем облучают еду?</i>	15
<i>И еще о медицине</i>	17
<i>Что еще можно облучать, и зачем?</i>	18
<i>Как увидеть невидимое?</i>	20
<i>Как повысить качество материалов?</i>	24
<i>Делаем выводы...</i>	25



завтра будет!



Информационные центры
по атомной энергии

www.myatom.ru

