

**Программа дополнительного профессионального образования
(в форме повышения квалификации)**

**«Обеспечение радиационной безопасности
персонала и населения при выполнении работ с
источниками ионизирующего излучения.
Правила работы с источниками ионизирующего
излучения (ИИИ)» в Учебном центре ООО
«ТомскГАЗПРОМгеофизика»**

Лекция 1

- Настоящая программа повышения квалификации (ППК), реализуемая в учебном центре ООО «ТомскГАЗПРОМгеофизика» в г. Томске (далее – Учебный центр) по направлению «Повышение квалификации «Обеспечение радиационной безопасности персонала и населения при выполнении работ с источниками ионизирующего излучения. Правила работы с источниками ионизирующего излучения»» представляет собой систему документов, разработанную и утвержденную с учетом требований рынка труда на основании нормативных документов Российской Федерации.

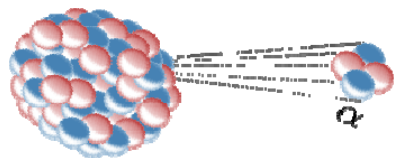
Нормативные документы рассматриваемые в данной программе

- Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 09.01.96 г. №3-ФЗ.
- Санитарные правила. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99\2010).
- Санитарные правила. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).
- Санитарные правила по радиационной безопасности персонала и населения при транспортировании радиоактивных материалов (веществ). СП 2.6.1.1281-03;
- Гигиенические требования к использованию закрытых радионуклидных источников ионизирующего излучения при геофизических работах на буровых скважинах. СП 2.6.1. 1202-03.

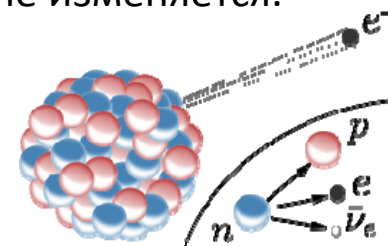
Виды ионизирующих излучений и методы их регистрации

Радиоактивность — это испускание ядрами некоторых элементов различных частиц, сопровождающееся переходом ядра в другое состояние и изменением его параметров. Явление радиоактивности было открыто опытным путем французским ученым Анри Беккерелем в 1896 г. для солей урана. Беккерель заметил, что соли урана засвечивают завернутую во много слоев фотобумагу невидимым проникающим излучением. Английский физик Э. Резерфорд исследовал радиоактивное излучение в электрических и магнитных полях и открыл три составляющие этого излучения, которые были названы α -, β -, γ -излучением.

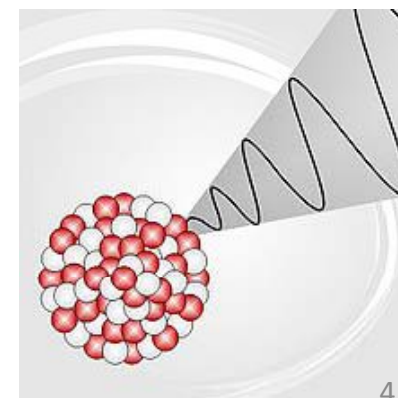
α -Распад представляет собой излучение α -частиц (ядер гелия) высоких энергий. При этом масса ядра уменьшается на 4 единицы, а заряд — на 2 единицы.



β -Распад — излучение электронов, заряд которых возрастает на единицу, массовое число не изменяется.



γ -Излучение представляет собой испускание нестабильным ядром квантов света высокой частоты. Параметры ядра при γ -излучении не меняются, ядро лишь переходит в состояние с меньшей энергией. Распавшееся ядро тоже радиоактивно, т. е. происходит цепочка последовательных радиоактивных превращений. Процесс распада всех радиоактивных элементов идет до свинца. Свинец — конечный продукт распада.



Методы регистрации ионизирующих излучений

Приборы, применяемые для регистрации ядерных излучений, называются детекторами ядерных излучений. Наиболее широкое применение получили детекторы, обнаруживающие ядерные излучения по производимой ими ионизации и возбуждению атомов вещества: газоразрядный счетчик Гейгера, камера Вильсона, пузырьковая камера.

Существует также метод фотоэмульсий, основанный на способности пролетающей частицы создавать в фотоэмульсии скрытое изображение. След пролетевшей частицы виден на фотографии после проявления.



Организация проведения радиационного контроля на радиационном объекте, объектах окружающей среды.

Общие требования к радиационному контролю

Радиационный контроль является частью производственного контроля и должен охватывать все основные виды воздействия ионизирующего излучения на человека.

Целью радиационного контроля является получение информации об индивидуальных и коллективных дозах облучения персонала, населения, а также показателях, характеризующих радиационную обстановку.

Объектами радиационного контроля являются: - персонал групп А и Б при воздействии на них ионизирующего излучения в производственных условиях; - население при воздействии на него природных и техногенных источников излучения; - среда обитания человека.

Программа радиационного контроля в организации, при обращении с ИИИ, разрабатывается на стадии проектирования. В проекте радиационного объекта должны быть определены виды, объем и порядок проведения контроля, перечень технических средств и штат работников, необходимых для его осуществления. Виды и объём радиационного контроля могут уточняться в зависимости от конкретной радиационной обстановки в данной организации и на прилегающей территории.

В зависимости от объема и характера работ, радиационный контроль осуществляется службой радиационной безопасности или лицом, ответственным за радиационный контроль, прошедшим специальную подготовку. Администрация радиационного объекта разрабатывает и утверждает программу радиационного контроля с учетом особенностей и условий, выполняемых работ.

Радиационный контроль организаций и территорий предусматривает проведение контроля и учета индивидуальных доз облучения работников (персонала) и населения. Контроль и учет доз облучения персонала и населения должен проводиться с учетом требований Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения населения (ЕСКИД).

Результаты радиационного контроля используются для оценки радиационной обстановки, установления контрольных уровней, разработки мероприятий по снижению доз облучения и оценки их эффективности.

Дозиметрия излучений

Для определения интенсивности излучений используется **дозиметрия**, которую производят разными способами. Основными дозами, используемыми в дозиметрии, являются: **поглощенная доза, экспозиционная доза и биологическая доза (эквивалентная)**.

Поглощенная доза излучения - это энергия ионизирующего излучения, поглощенная единицей массы поглощающего вещества. Поглощенная доза определяется для всех видов ионизирующего излучения. Она зависит от природы излучения и свойств вещества. Поглощенная доза измеряется в Грехах (Гр). 1 Грей – доза, которая характеризует поглощение 1 килограммом вещества 1 Джоуля энергии.

Эффект ионизации вещества излучением зависит не только от величины поглощенной дозы, но также от периода времени, в течение которого излучение воздействовало на объект. Следовательно, чтобы оценить эффект излучения, необходимо также определить *мощность поглощенной дозы* – величину, равную отношению поглощенной дозы излучения к периоду его действия, или поглощенной дозе за единицу времени. Измеряется в [Гр/с] .

Экспозиционная доза – это общее количество радиоактивного излучения, достигающего вещества. Эта доза не зависит от характеристик вещества, а определяется только характеристиками излучения. Экспозиционная доза определяется для гамма- и рентгеновского излучения как общее количество ионов, образуемых в единице массы сухого воздуха в стандартных условиях (0°C, 760 мм.рт.ст.) при действии на него указанных видов излучения. Единицей измерения экспозиционной дозы является кулон на килограмм [кл/кг] . Но более удобной единицей измерения экспозиционной дозы является рентген (Р). 1 Рентген равен $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг, что составляет приблизительно 2 миллиона пар ионов на 1 см³ воздуха.

Один рентген экспозиционной дозы равен приблизительно 0,01 Грей поглощенной дозы в мягких тканях человека.

Мощность экспозиционной дозы - величина экспозиционной дозы, приходящаяся на единицу времени. Измеряется в [Р/с], [Р/ч].

Биологическая доза (эквивалентная).

Вышеупомянутые поглощенная и экспозиционная дозы характеризуют только физический эффект излучения. Биологическая доза используется для оценки биологического эффекта излучения, который сильно зависит от вида излучения.

Чтобы охарактеризовать зависимость биологического эффекта ионизирующих излучений от вида излучения используют *коэффициент относительной биологической эффективности (ОБЭ)* излучения.

Величина указанного коэффициента для различных видов излучения определялась экспериментально путем сравнения производимых ими эффектов с эффектами, вызываемыми действием на биологические объекты определенных стандартных доз рентгеновского излучения. Одним из тестируемых объектов был глаз животного, в котором вызывали катаракту действием различных видов излучения. Было установлено, что при ОБЭ = 1 для γ -частиц и рентгеновских лучей, значение ОБЭ составляет 2-10 для нейтронов, 10 для протонов и 20 для α -частиц.

Положительные ионы вызывают большую ионизацию при прохождении через единицу длины вещества, чем электромагнитные волны при одной и той же поглощенной дозе излучения. Однако их эффекты более ограничены, поскольку они задерживаются поверхностными тканями из-за малого коэффициента поглощения.

Биологическая доза (эквивалентная) излучения рассчитывается умножением поглощенной дозы на коэффициент ОБЭ. Единицей измерения биологической дозы является Зиверт (Зв), который равен 1 Грей поглощенной (и эквивалентной) дозы рентгеновского и гамма излучений.

Виды источников ионизирующего излучения.

Выделяют природные и искусственные источники излучения

Природные: Космическое излучение; излучение природных радионуклидов земли.

Искусственные(техногенные): Искусственные радионуклиды; Ядерные реакторы; Ускорители элементарных частиц; Рентгеновский аппарат как разновидность ускорителей, генерирует тормозное рентгеновское излучение.

Основную часть облучения население Земли получает от **естественных источников** радиации. Это природные радионуклиды, содержащиеся в земной коре, строительных материалах, воздухе, пище и воде, а также космические лучи. В среднем они определяют 80% годовой эффективной дозы, получаемой людьми, в основном вследствие внутреннего облучения. Уровни естественного излучения варьируют в довольно широких пределах, в среднем составляя около 2,4 мЗв в год. Наблюдение за населением отдельных регионов Земли с уровнем естественного фона во много раз превышающем средние значения, не обнаружили каких-либо неблагоприятных влияний на здоровье живущих там людей. Наиболее вероятные источники галактических **космических лучей** – **вспышки** сверхновых звезд и образующиеся при этом пульсары. Космические лучи – уникальный естественный источник частиц сверхвысоких энергий, позволяющий изучать процессы взаимодействия элементарных частиц и их структуру. Многие небесные тела (например, солнечная корона, Луна, поверхность которой бомбардируют частицы высокой энергии, испущенные Солнцем) являются естественными источниками рентгеновского излучения. Основные радиоактивные изотопы, встречающиеся в горных породах Земли, – это калий-40, рубидий-87 и члены двух радиоактивных семейств, берущих начало соответственно от урана-238 и тория-232 – долгоживущих изотопов, входивших в состав Земли с самого ее рождения. Значение радиоактивного изотопа калий-40 особенно велико для обитателей почвы – микрофлоры, корней растений, почвенной фауны. Соответственно заметно его участие во внутреннем облучении организма, его органов и тканей, поскольку калий является незаменимым элементом, участвующим в ряде метаболических процессов.

Уровни земной радиации неодинаковы, поскольку зависят от концентрации радиоактивных изотопов на конкретном участке земной коры. В среднем дозы от земной радиации составляют от 0,3 до 0,6 мЗв в год. Однако, на Земле имеются области, где уровень радиации в сотни раз превосходит средний (до 250 мЗв в год в некоторых районах Бразилии). Заметная часть эффективной дозы облучения, которую человек получает от естественных источников радиации, формируется от радиоактивных веществ, проходящих через сложную систему биологических цепочек. Радионуклиды, образующиеся под действием космического излучения, составляют незначительную (20%) часть общего поступления. Большая часть поступления связана с радионуклидами ряда урана и тория, которые содержатся в почве.

Радон — инертный газ, попадающий в атмосферу из почв, скальных пород и строительных материалов. Средняя концентрация радона на уровне земли вне помещений составляет 8 Бк/м³. Содержание радона в помещениях в несколько раз выше, чем на открытой местности. Радон вместе со своими дочерними продуктами радиоактивного распада ответственен за 75% годовой индивидуальной эффективной дозы облучения, получаемой от земных источников радиации. Оценка полной среднегодовой эффективной дозы составляет 1,2 мЗв. Накопление радона, поступающего в помещения, зависит от скорости воздухообмена. Основным механизмом облучения — поступление с вдыхаемым воздухом внутри помещений. Из-за относительно низкого уровня воздухообмена внутри зданий концентрация радона там выше, чем на открытом воздухе. Терапевтический эффект лечения радоном на бальнеологических курортах доказан на обширном контингенте больных различного профиля.

Как радон попадает в дом



С природной радиацией связано некоторые виды деятельности человека: **Использование ископаемых видов топлива.** Уголь содержит незначительное количество природных радионуклидов, которые после его сжигания концентрируются в зольной пыли и поступают в окружающую среду с выбросами, несмотря на совершенствование систем очистки.

Использование фосфатов. Добыча фосфатов, которые используются главным образом для производства удобрений, ведется во многих местах. Большинство разрабатываемых в настоящее время месторождений содержит уран. В процессе добычи и переработки выделяется радон, да и сами удобрения содержат радионуклиды, проникающие в почву и далее в биологические цепочки.

Использование термальных водоемов. Некоторые страны эксплуатируют подземные ресурсы пара и горячей воды для производства электроэнергии и теплоснабжения. При этом происходит значительное поступление радона в окружающую среду. Вклад этого источника радиации может возрасти, поскольку энергетические ресурсы этого вида весьма велики. Полная эффективная доза, обусловленная естественными источниками радиации составляет, в среднем по Земле составляет, в среднем по Земле, около 2,4 мЗв в год.

В дополнение к природным существуют **искусственные** источники радиации, связанные с возрастающим использованием ядерных технологии в медицине, промышленности, энергетике. Индивидуальные дозы, получаемые людьми от техногенных источников, различаются, хотя, в большинстве случаев, невелики. Основной вклад в дозу излучения от техногенных источников вносят медицинские процедуры и методы лечения, связанные с применением радиации.

Техногенные источники ионизирующего излучения

Источник ядерного излучения - радиоактивное вещество или устройство, в котором осуществляются радиоактивный распад или ядерные реакции.

Техногенные источники ионизирующего излучения - разнообразные технические устройства и комплексы различного назначения, в которых применяются ядерные технологии.

Под радиоактивным источником подразумевают любое количество радиоактивного материала, которое предназначено для использования в качестве источника ионизирующего излучения. Различают калибровочные, контрольные и промышленные источники ИИ. В данной лекции нас будут интересовать промышленные ИИИ.

Калибровочный ИИИ - источник ионизирующего излучения, используемый для калибровки измерительных приборов.

Контрольный ИИИ - источник ионизирующего излучения, используемый для проверки правильности работы измерительных приборов; помещённый на заданном расстоянии от детектора этот источник обеспечивает стабильное и повторяющееся показание прибора.

Промышленный ИИИ - Установка для облучения различных материалов ионизирующими излучениями с помощью источников с высокой радиоактивностью.

Источники ионизирующего излучения бывают внешними и внутренними. **Внешний** источник находится вне облучаемого объекта. К таким источникам относятся рентгеновские аппараты, препараты радиоактивных изотопов, ускорители, реакторы и др. К **внутреннему** источнику излучения относятся, например, радиоактивные вещества, попадающие внутрь организма и остающиеся в нём; используются для целей радиотерапии и диагностики. Под герметичным ИИИ понимают радиоактивный источник излучений в герметичном контейнере или оболочке, которые должны быть достаточно прочными, чтобы исключить контакт персонала с радиоактивным материалом или его рассеивание в условиях эксплуатации или износа, на которые они рассчитаны.

Кроме того, различают открытый и закрытый источники ионизирующего излучения.

Закрытый ИИИ - радионуклидный источник излучения, в котором радиоактивный материал заключён в оболочку (ампулу или защитное покрытие), предотвращающую контакт персонала с радиоактивным материалом и его поступление в окружающую среду выше допустимых уровней в условиях применения и износа, на которые он рассчитан.

Открытый ИИИ - радионуклидный источник излучения, при использовании которого возможно поступление содержащихся в нём радиоактивных веществ в окружающую среду.

Современные ядерно-технические установки обычно представляют собой сложные источники излучений. Например, источниками излучений действующего ядерного реактора, кроме активной зоны, являются система охлаждения, конструкционные материалы, оборудование и др. Поле излучения таких реальных сложных источников обычно представляется как суперпозиция полей излучения отдельных, более элементарных источников.

