



IAEA

International Atomic Energy Agency
Atoms for Peace and Development

Радон и дочерние продукты радона

Учебно-методический материал по радиационной защите персонала уранодобывающих и перерабатывающих предприятий



IAEA

International Atomic Energy Agency
Atoms for Peace and Development

Радон и дочерние продукты радона

- Введение. Радон и дочерние продукты радона
- Меры контроля
- Мониторинг и дозиметрия
- Ключевая информация и вспомогательные вопросы



IAEA

International Atomic Energy Agency
Atoms for Peace and Development

Введение. Радон и дочерние продукты радона

- Радон
- Источники радона
- Дочерние продукты радона

Радон



- Химический элемент радон является инертным благородным газом.
- ^{222}Rn (радон), образующийся в цепочке радиоактивного распада ^{238}U (уран), является наиболее распространенным изотопом «радона»
 - Термин «радон» обычно используется для обозначения этого изотопа.
- ^{220}Rn - это изотоп радона, который возникает из цепочки распада встречающегося в природе ^{232}Th (торий)
 - Термин «торон» обычно используется для обозначения этого изотопа.

Радон (продолжение)



- Периоды радиоактивного полураспада радона и торона и их соответствующие продукты распада очень важны для определения их поведения в окружающей среде.
- Поскольку у торона период полураспада намного короче ($t_{1/2} = 55$ с), чем у радона ($t_{1/2} = 3,82$ дня), расстояние, которое он может пройти посредством диффузии или активного переноса, прежде чем подвергнуться радиоактивному распаду, намного меньше, чем расстояние, которое может пройти радон в той же среде, и, следовательно, проявление торона в окружающей среде весьма отличается от проявлений радона.

Источники радона

- Многие факторы влияют на скорость, с которой радон выделяется из урансодержащих материалов в пористое пространство в руде и пустой породе, и включают в себя
 - Тип руды
 - Минералогия
 - Размер зерен (и связываемость)
 - Коэффициент эманации
 - Содержание влаги
 - Атмосферное давление
- Радон растворим в воде
 - Подземные воды, проходящие через трещины и разрывы в руде, накапливают радон, в некоторых случаях достигая очень высоких концентраций
 - Радон выделяется в рудничную атмосферу рядом с местом, где рудничные воды поступают в горную выработку.
 - На технологической установке радон выделяется из технологических емкостей, содержащих руды и шламы после выщелачивания.

Источники радона (продолжение)



- Горнодобывающая деятельность, такая как взрывные работы, дробление руды, добыча пульпы и т.д., также допускает выброс радона из пористых пространств руды и породы в рудничную атмосферу.
- Радон также выделяется с поверхности подземных выработок, причем поток радона (на единицу площади) увеличивается с повышением содержания
- Большинство рудных тел, используемых для производства урана, содержат очень низкие концентрации тория, и, как правило, эта цепочка распада вносит незначительный вклад в профессиональное облучение от радона (^{220}Rn)

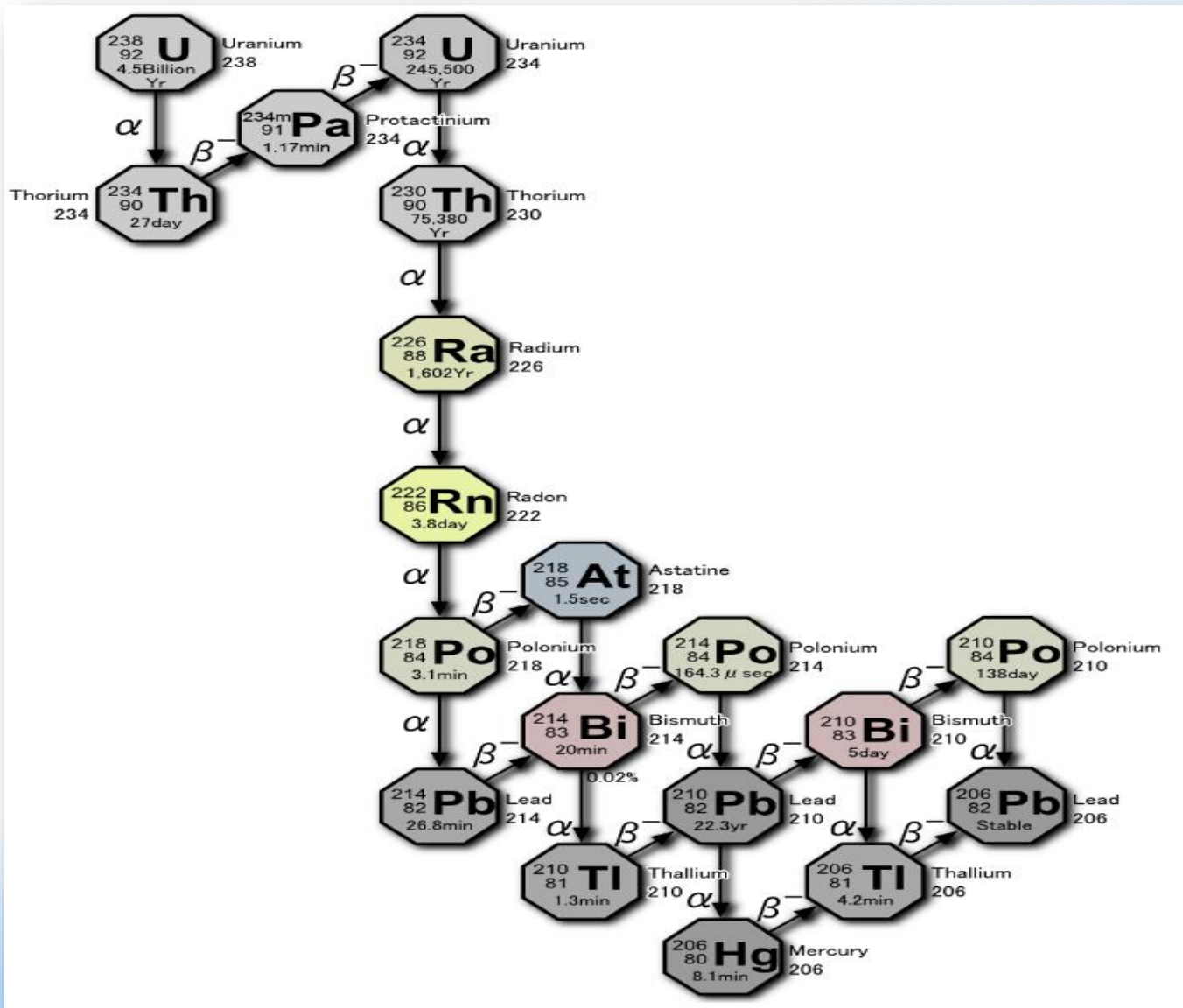
Источники радона (продолжение)

- На поверхности земли источники радона включают;
 - Поверхности складов руды и породных отвалов
 - Сваливание руды/породы и формирование складов руды/отвалов
 - Дробление и измельчение, перемешивание в резервуарах (например, в резервуарах для выщелачивания, в зоне подготовки хвостов и т.д.)
 - Поверхности открытых хвостов/отходов
 - Водоочистные / очистные сооружения (дегазация)

Дочерние продукты радона (ДПР)

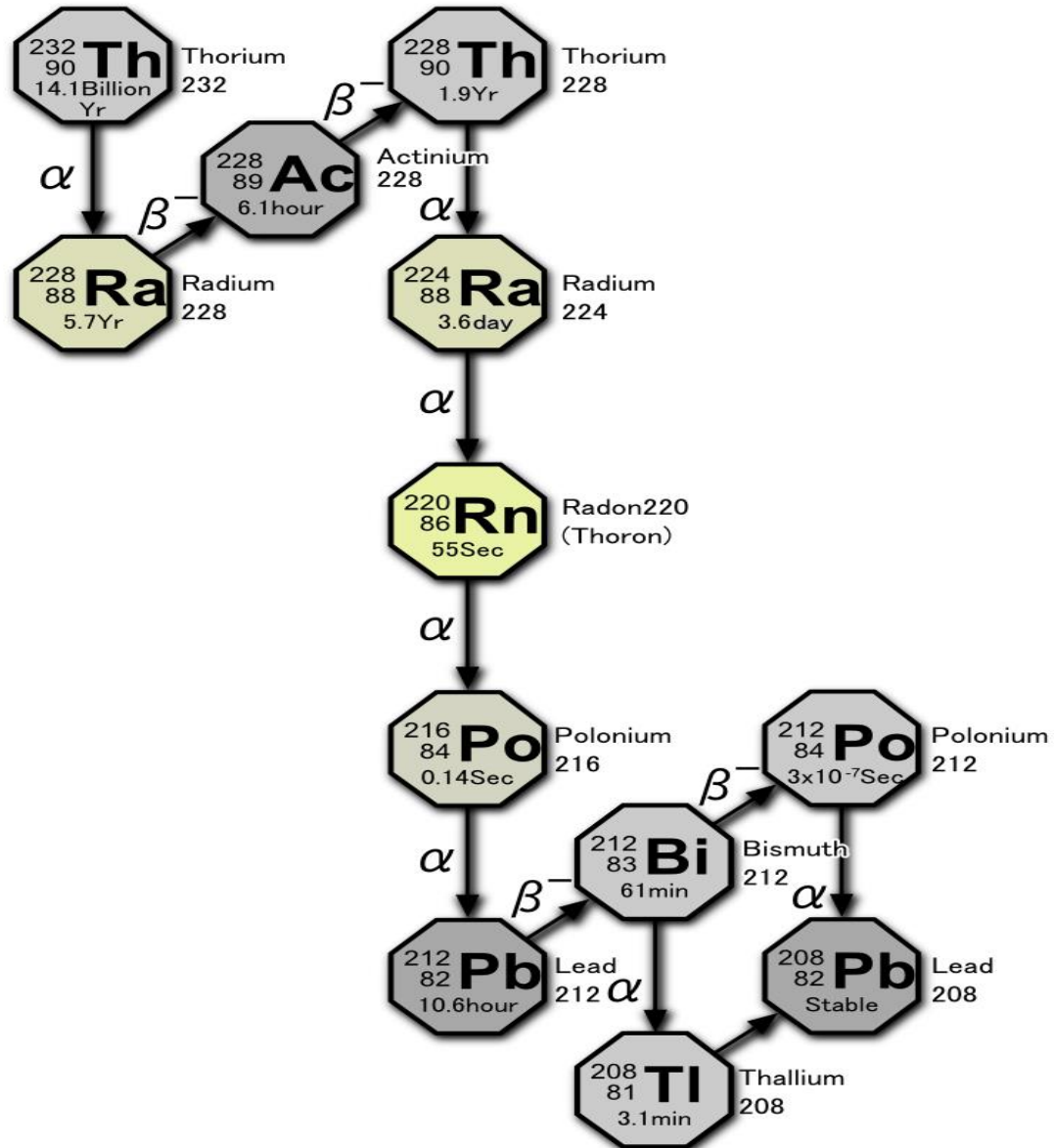
- Радон выделяется в виде газа из урансодержащих или ториевых руд в рабочую среду действующих горно-обогатительных комбинатов;
- Короткоживущие ДПР накапливаются со временем пропорционально их периоду полураспада;
- Воздействие только радона, как правило, не представляет собой основной радиологический риск.
 - Основным источником дозы облучения (для легких) от радона фактически является вдыхание короткоживущих дочерних продуктов радона, также называемого продуктами распада радона
 - Ключевые радионуклиды, значимые с точки зрения оценки дозы облучения (в легких) от радона (^{222}Rn) и торона (^{220}Rn), показаны на следующем слайде.
- В некоторых случаях продукты распада торона (^{220}Rn) также могут требовать рассмотрения.

Цепочка распада урана (^{238}U)



Ключевые радионуклиды при дозиметрии радона ^{222}Rn это ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi

Цепочка распада тория (^{232}Th)



Ключевые радионуклиды при дозиметрии «торона» это ^{220}Rn , ^{212}Pb and ^{212}Bi

Дочерние продукты радона

- Воздействие ДПР, как правило, составляет значительную долю дозы радиационного облучения работников подземных шахт.
- Прогнозирование концентрации ДПР в рудничной атмосфере может быть осуществлено с учетом различных факторов, влияющих на выделение радона, скорость выделения и распределение вентиляционного воздуха.
- Время нахождения воздуха важно, так как увеличение концентрации радона является важным фактором и может привести к быстрым изменениям концентрации ДПР радона более чем на порядок.
- Изменения в вентиляции могут привести к очень значительным изменениям концентрации радона и ДПР радона в короткие промежутки времени из-за сочетания концентрация/увеличение времени пребывания.



IAEA

International Atomic Energy Agency
Atoms for Peace and Development

Меры контроля

- **Инженерный контроль**
- **Административный контроль**
- **Средства индивидуальной защиты (СИЗ)**

Меры контроля для радона и ДПР

– Подземная добыча

Воздействие радона и ДПР можно контролировать с помощью:

- Планирования ввода новых урановых рудников, и новых работ на существующих объектах;
- Управления источниками радона
 - Управление водными источниками, которые могут быть основным источником радона в подземных шахтах
- Обеспечения правильной и эффективной системы вентиляции
 - Однопроходная подача воздуха является предпочтительной;
 - Минимизировать использование рециркуляции воздуха;
- Герметизации и изоляции заброшенных подземных выработок для уменьшения утечки радона и ДПР в действующие рабочие зоны

Меры контроля для радона и ДПР – Подземная добыча

- Работы в закрытой и фильтруемой рабочей среде (например, вентилируемая кабина или стационарная диспетчерская)
- Использование респираторов при необходимости



Меры контроля для радона и ДПР



- Административный контроль включает:
 - установление уровней действий, при превышении которых, происходит эскалация или ограничение рабочих зон
 - Мониторинг концентрации радона / ДПР на рабочих местах и установка вывесок на рабочих зонах с повышенным уровнем радона / ДПР
 - Планирование контроля при проведении работ по техническому обслуживанию и работ на участках с возможным повышенным содержанием радона / ДПР
 - Программы мониторинга для стандартных загрязнителей воздуха рудничной атмосферы должны включать измерения радона или его ДПР и быть согласованы с вентиляционной службой рудника
 - Обучение

Меры контроля для радона и ДПР

– Открытые горные работы



- Контроль источника предполагается на этапе начала переработки на технологической установке, где дробленая руда подается на мельницу, и на участках с технологическими емкостями с рудой в резервуарах для пульпы, которые вентилируются за пределами мельницы, следовательно радон и ДПР радона не накапливаются в рабочих зонах.
- Отходящие газы должны быть соответствующим образом разбавлены и удалены из всех воздухозаборников, чтобы уменьшить вероятность рециркуляции.
- Установка должна быть спроектирована таким образом, чтобы воздух проходил только через один контур.

Меры контроля для радона и ДПР

– Открытые горные работы



- Отдельная подача свежего воздуха в операторских технологических установках поможет поддерживать концентрацию радона на низком уровне.
 - Обеспечивая положительное давление в операторской по отношению к общей рабочей зоне, загрязняющие вещества не могут накапливаться выше концентраций, присутствующих в воздухе, подаваемом в операторскую.
- В большинстве случаев естественные воздушные потоки обеспечивают защиту от накопления радона на открытых участках поверхности, таких как склады руды и отвалы, и зоны кучного выщелачивания.



IAEA

International Atomic Energy Agency
Atoms for Peace and Development

Мониторинг (контроль) и дозиметрия

Мониторинг (контроль)

Оценка воздействия

Оценка дозы

Мониторинг и дозиметрия – Мониторинг



- При разработке стратегии мониторинга для горного участка или обогатительного комбината необходимо рассмотреть следующее:
 - участки, которые необходимо контролировать
 - роль персонального мониторинга
 - будет ли измеряться радон или ДПР или же и то и другое на стадии эксплуатации
 - соответствующее оборудование для мониторинга
 - частота проведения мониторинга
 - количество измерений, связанных с участком или группой участков

Мониторинг и дозиметрия – Мониторинг

- Программы мониторинга являются инструментом для демонстрации того, что
 - Во время эксплуатации производства меры радиационной защиты действуют по назначению
 - Концентрации находятся в пределах допустимых пределов для рабочих мест
 - Частота мониторинга будет зависеть от времени нахождения на рабочем месте, а также вероятности и уровней излучения
 - В зонах где концентрация радона и ДПР могут значительно меняться, можно установить непрерывный отбор проб, сигнальные мониторы, которые предупреждают работников о повышении концентрации на рабочем месте.
 - Сигнализировать предусмотрены ли дальнейшие защитные меры
 - Проверка того, обеспечена ли радиационная защита на должном уровне

Мониторинг и дозиметрия – Мониторинг



- Мониторинг может поддерживать оперативный контроль и дозиметрию.
- Мониторинг рабочего места можно использовать в целях зонирования с использованием указателей для предупреждения работников при входе в зоны с повышенным уровнем радона / ДПР.
- Мониторинг в режиме реального времени может использоваться для подтверждения того, что вентиляционные системы работают в плановом режиме и позволяют быстро реагировать в случае любого изменения радиационной обстановки.

Мониторинг и дозиметрия – Радон



- Существует широкий спектр коммерчески доступных приборов для мгновенного, общего или непрерывного мониторинга концентрации радона.
- Пассивные трековые детекторы обычно используются для измерения радона в областях, где уровни, как ожидается, будут относительно постоянными.
- Измерение радона намного легче, чем измерение ДПР.
- В ситуациях, когда уровни радона на рабочем месте являются стабильными, коэффициент равновесия F , необходимый для дозиметрии, может быть установлен.

Мониторинг и дозиметрия – ДПР



- Активность ДПР радона может быть измерена с использованием различных методов, которые включают
 - Отбор/замер проб, общий и непрерывный мониторинг
 - Существует ряд методов контроля концентрации ДПР с использованием воздушных фильтров. Все они следуют подходу отбора известного объема пробы воздуха через фильтр с последующими единичным или множественными измерениями интенсивности излучения альфа-частиц на фильтре.
 - Интегрированный отбор проб предполагает определение средней концентрации за период времени, в течение которого ведется мониторинг
 - Альфа трековые детекторы
 - Это либо активные, либо пассивные системы, аналогичные системе ТЛД, описанной выше (вместо ТЛД используется альфа-трековый материал)
 - Устройства непрерывного контроля предназначены для сбора образцов и их анализа одновременно.

Мониторинг и дозиметрия – Дозиметрия



- Для оценки дозы работников урановых рудников могут быть применены два различных подхода: дозиметрия окружающей среды (на участке) или индивидуальная дозиметрия.
- Мониторинг зон концентрации радона и ДПР может проводиться при нахождении персонала на рабочих местах для оценки суммарной эффективной дозы
 - Этот метод приемлем, когда концентрации содержащиеся в воздухе относительно постоянны на большинстве рабочих участков
 - Этот метод является наименее точным для определения воздействия радона и ДПР и лучше всего его использовать при низких уровнях воздействия
 - Если требуются более детальные и точные показания, могут использоваться персональные альфа-дозиметры.
 - В районах, где концентрации радона и ДПР значительно колеблются, могут быть установлены непрерывные системы отбора проб, сигнальные мониторы, которые предупреждают работников о повышении концентрации радона на рабочем месте.

- Для оценки доз необходимо знать концентрацию ДПР
 - Измерив концентрацию радона и зная значение фактора равновесия можно оценить концентрации ДПР радона.
 - Коэффициент равновесия по умолчанию, равный 0,4 (рекомендация МКРЗ для рудников, где коэффициент равновесия не установлен) может использоваться при отсутствии данных измерений, однако при использовании активной вентиляции могут наблюдаться большие различия, снижающие коэффициент равновесия
 - Прямое измерение концентрации ДПР
- Персональный мониторинг отдельных работников необходим для контроля дозы облучения, в целях оптимизации и для официального учета годовой дозы

- Воздействие радона и ДПР может вносить основной вклад в дозу облучения работника.
- При подземных работах установка эффективных систем вентиляции является основным механизмом контроля для уменьшения воздействия радона и ДПР
- При открытых горных работах
 - При разведке, добыче открытым способом, кучном выщелачивании и обращении с хвостами достаточно естественного атмосферного рассеивания и смешения воздуха для контроля концентраций радона и ДПР в пределах допустимого уровня.
 - Контроль источников излучения может потребоваться на начальном этапе переработки, на технологических участках, где ограничена вентиляция (т.е. измельченная руда транспортируется на мельницу, технологические резервуары вентилируются наружу, или ПСВ), так что радон и ДПР не накапливаются на рабочих участках.
- Отработавшие газы должны быть надлежащим образом разбавлены и удалены из всех воздухозаборников, чтобы уменьшить вероятность рециркуляции

- Административный контроль включает установление пределов принятия мер, при превышении которых вызывается эскалация или ограничение рабочих зон.
- Программы мониторинга воздуха рабочей зоны должны включать измерения концентрации радона или ДПР, которые согласованы с вентиляционной службой рудника

Контрольные вопросы



Q1:

- Каковы основные концепции контроля профессионального облучения от радона и его дочерних продуктов?

Q2:

- Как оценивается доза облучения от радона и его дочерних продуктов?

Ответы на контрольные вопросы



A1:

- Контроль в отношении источников излучения
- Эффективная вентиляция
- Мониторинг и административный контроль
- СИЗ как последнее средство (не компенсирует отсутствие предыдущих мер)

A2:

- Прогнозирование доз путем моделирования при планировании новых рудников или для специальных производственных случаев;
- Индивидуальный мониторинг для каждого работника или репрезентативных работников из более многочисленных групп;
- Использование результатов мониторинга участков и учет факторов, связанных с рабочей деятельностью, для оценки годовых доз в целом и доз от радона и его дочерних продуктов в частности.



IAEA

International Atomic Energy Agency
Atoms for Peace and Development

Спасибо!

