



IAEA

International Atomic Energy Agency
Atoms for Peace and Development

Радионуклиды и радиационная защита

Учебно-методические материалы по радиационной защите персонала уранодобывающих и перерабатывающих предприятий

Радионуклиды и радиационная защита



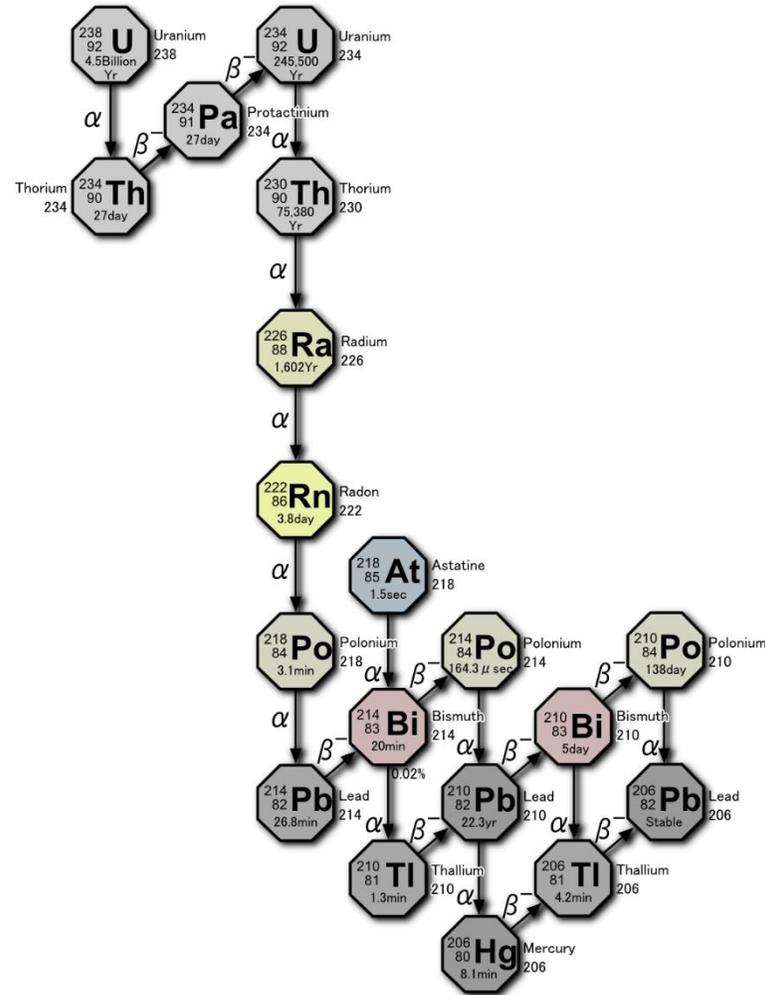
- Ключом к успешной радиационной защите является знание того, где и в какой форме присутствует радиоактивный материал.
- Знание всех радионуклидов, присутствующих в системах, часто основано на общих предположениях.
- Соотношения между радионуклидами могут быть сложными,
 - отличаться в зависимости от химических и физических характеристик,
 - в значительной степени определяться способами переработки.
- Выбор способа мониторинга и дозовые нагрузки напрямую зависят от характеристик потенциального воздействия.
- Недостаток знаний может привести к непредвиденным радиологическим воздействиям.

Особенности радионуклидов

Существуют три радиоактивные цепочки, имеющие важное значение при добыче урана.

- Уран (^{238}U) является доминирующим материнским радионуклидом в урановых рудах.
 - Другие радионуклиды серии распада ^{238}U , в частности, ^{226}Ra и его дочерний ^{222}Rn (+ короткоживущие продукты распада (дочерние продукты радона) могут быть очень значимыми в отношении радиационной защиты персонала.
- При определенных обстоятельствах некоторые серии распада актинида (^{235}U) могут играть значительную роль.
- Если рудное тело содержит торий, то также должны рассматриваться радионуклиды ториевого (^{232}Th) ряда.
- Период полураспада отдельного радионуклида имеет важное значение.
 - Обычно, если период полураспада составляет менее месяца, то можно считать, что он находится в равновесии со своими материнскими радионуклидами и не рассматривается отдельно от своего материнского элемента.

Семейство урана (^{238}U)

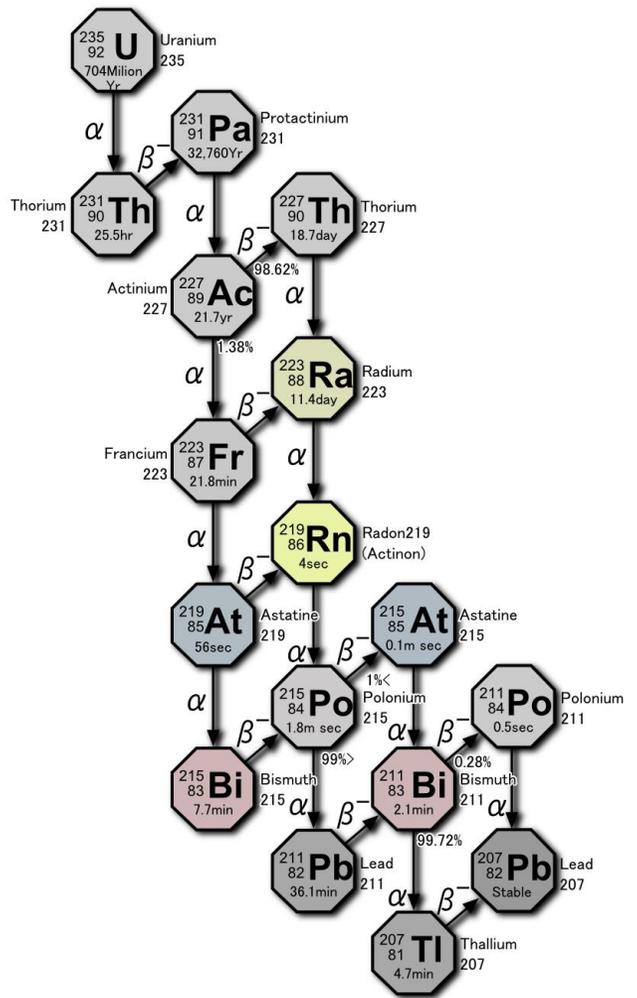


Семейство урана – Ключевые радионуклиды



- Долгоживущие радионуклиды – ^{238}U , ^{234}U , ^{230}Th , ^{226}Ra , ^{210}Pb и ^{210}Po .
- Газообразный радионуклид – радон ^{222}Rn (период полураспада 3,8 дня) - излучение от короткоживущих продуктов распада (дочерних продуктов радона) ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi и ^{214}Po (максимальный период полураспада 27 минут).
- Основные растворимые радионуклиды (в зависимости от pH) – нейтральные растворы ^{226}Ra , ^{238}U , ^{234}U ; кислоты и щелочи ^{238}U , ^{234}U , ^{230}Th (высокая кислотность).
- Основные источники гамма-излучения – ^{214}Bi (609 кэВ), в целом, близки к равновесию с ^{226}Ra ; второстепенные источники гамма-излучения ^{234}Th (59 кэВ) и $^{234\text{m}}\text{Pa}$ (1,0 МэВ) необходимо учитывать для готового продукта из-за прироста количества радионуклидов от ^{238}U .

Семейство актиния (^{235}U)

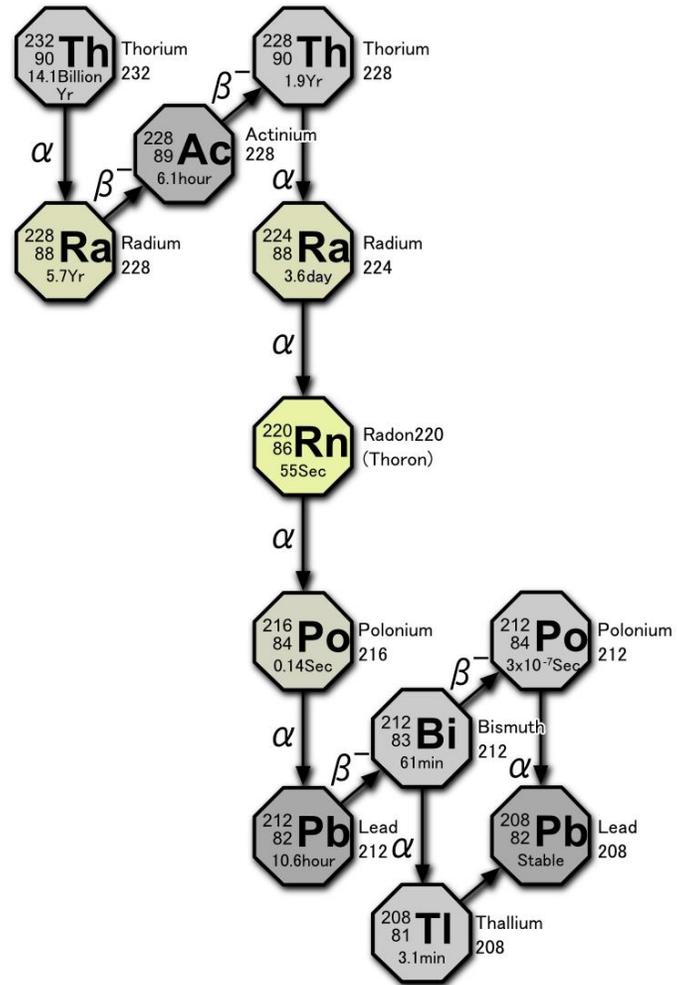


Семейство актиния – Ключевые радионуклиды



- Активность ^{235}U составляет около 4% от ^{238}U по активности и около 0,7% по массе.
- Обычно незначительный вклад в дозу по сравнению с урановым рядом.
- ^{227}Ac может иметь важное значение из-за его растворимости в нейтральной воде (т. е. воздействие на окружающую среду), но обычно не влияет на уровень облучения, связанного с характером работы.

Семейство тория (^{232}Th)



Семейство тория – Ключевые радионуклиды



- В большинстве месторождений урана вклад тория в радиационное облучение гораздо менее значим по сравнению с ураном.
- Однако, если торий достигает значительной доли от концентрации урана (>10%), то его необходимо учитывать при расчете дозы.
- Торий необходимо учитывать, прежде всего, из-за сильного гамма-излучения от ^{208}Tl (2,6 МэВ).
- Долгоживущие радионуклиды – ^{232}Th , ^{228}Ra и ^{228}Th .
- Газообразный радионуклид – торон ^{220}Rn (период полураспада 55 с) и короткоживущие продукты распада с преобладанием ^{212}Pb (период полураспада 11 ч).

Особенности радионуклидов



При рассмотрении значимости радионуклида необходимо учитывать несколько факторов, среди которых следующие:

- Различные радионуклиды в любом из указанных выше рядов распада обладают различными химическими и физическими свойствами и, следовательно, могут быть разделены в процессе добычи и переработки и присутствовать в различных концентрациях на различных этапах добычи и переработки.
- Поэтому понимание поведения всех присутствующих радионуклидов имеет решающее значение при получении полной информации по соответствующим радионуклидам и потенциальным путям радиационного воздействия в процессе добычи и переработки.

Семейство урана подробнее



- ^{238}U (и ^{234}U)
 - Хорошо известный как готовый продукт.
 - Легко измеряется.
 - Частично растворим при нейтральном показателе pH и растворим в кислоте и щелочи.
 - Растворимость зависит от уровня окисления.
- ^{230}Th
 - Обычно нерастворим при нейтральном показателе pH, но растворим в кислоте.
 - Трудно измерить напрямую.
- ^{226}Ra
 - Обычно наиболее растворим при нейтральном показателе pH.
 - В естественных условиях присутствует в грунтовых и поверхностных водах.
 - Может выпадать осадок с образованием накипи с повышенной концентрацией.
 - Легко измеряется гамма-счетчиком.
 - Сильный гамма-пик (609 кэВ) из-за продукта распада (^{214}Bi).

Семейство урана подробнее

- ^{222}Rn
 - Инертный газ, который может выделяться из материнской породы.
 - Продукты распада (дочерние продукты радона) являются основным объектом радиационной защиты.
 - Наибольшая изменчивость обусловлена естественным фоновым воздействием.
- ^{210}Pb
 - Частично летучий при высоких температурах.
 - Такое же поведение, как и у стабильного свинца.
 - Измеряется с помощью гамма- или бета-счетчиков.
 - Доминирующий радионуклид в растительности и поверхностных почвах от распада радона.
- ^{210}Po
 - Очень летучий (начиная с 130 °C).
 - Может быть измерен только с помощью альфа-счетчика.
 - Экологические пробы, усиленные ^{210}Po за счет вклада распада радона (через ^{210}Pb).

Семейство урана в добыче и переработке



- Принимается наличие состояния радиоактивного равновесия в руде и необработанном материале (некоторое небольшое отсутствие равновесия возможно из-за разницы растворимости и выделения радона).
- При обычной переработке выщелачиванием отделяется уран, а оставшиеся радионуклиды уходят вместе с «хвостами».
- Радий может отделяться и концентрироваться в виде отложений в трубопроводах и другом промышленном оборудовании.
- Радон может выделяться в любом месте, и дочерние продукты радона, как правило, являются проблемой там, где есть ограниченная вентиляция и/или ограниченные пространства, такие как подземные шахты или подштабельные галереи (в рудных телах перемещение воды может увеличить выделение радона).

Зачем нужно знать, как превращаются радионуклиды?



- Более точная оценка дозы.
- Возможность приоритизации мониторинга.
- Лучший контроль технологического процесса.
- Более строгое соблюдение законодательства, такого как правила транспортировки.
- Позволяет лучше понять будущие изменения.
- Использование химических аналогий для облегчения мониторинга и контроля.
- Возможность не быть застигнутым врасплох.

Ключевая информация по радионуклидам и радиационной защите



- Успешная программа радиационной защиты основывается на детальном понимании поведения радионуклидов как в самом технологическом процессе, так и в окружающей среде.
- Учет только одного радионуклида или проведение только общих измерений может привести к радиологическим проблемам или потенциальным нарушениям законодательства.
- Предположения о равновесии или доминировании отдельных радионуклидов могут быть необъективными.
- Любой химический или физический процесс может нарушить равновесие.
- Процессы с обратной связью, дренажирование и обратные контуры в технологическом процессе могут значительно изменить концентрацию радионуклидов.
- Знание – это ключ к контролю и успешной радиационной защите.

Контрольные вопросы



- Какие наиболее важные радионуклиды следует учитывать при работе с ураном?
- Где, скорее всего, дочерние продукты радона будут являться потенциальной проблемой?

Ответы на контрольные вопросы



- Какие наиболее важные радионуклиды следует учитывать при работе с ураном?
 - Долгоживущие радионуклиды ^{238}U , ^{234}U , ^{230}Th , ^{226}Ra , ^{210}Pb и ^{210}Po и ^{222}Rn (+ дочерние продукты радона).
- Где, скорее всего, дочерние продукты радона будут являться потенциальной проблемой?
 - В помещениях с плохой или ограниченной вентиляцией или в замкнутых пространствах. Грунтовые воды могут также иметь повышенные концентрации радона.



IAEA

International Atomic Energy Agency
Atoms for Peace and Development

Спасибо!

