

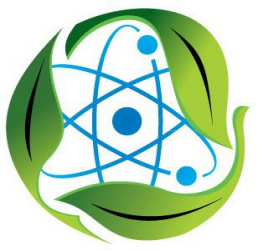
Дисциплина “Экология”

ЛЕКЦИЯ 11

ЭЛЕМЕНТЫ РАДИОЭКОЛОГИИ

Кутергин Андрей Сергеевич

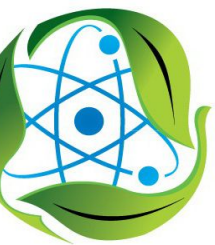
Доцент кафедры радиохимии и прикладной экологии



Содержание лекции

Радиация как экологический фактор. Виды ионизирующего излучения. Источники ионизирующих излучений в биосфере, вклад радионуклидов в радиационный фон. Классификация радионуклидов. Источники и пути загрязнения биосферы радионуклидами различного происхождения. Важнейшие радионуклиды, влияющие на качество жизни.

Биологическое действие ионизирующих излучений. Облучение внешнее и внутреннее. Пути проникновения радионуклидов в организм человека и животных. Детерминированные и стохастические эффекты. Понятие критического органа. Выведение радионуклидов из организма.



Радиация как экологический фактор

Радиация – излучение, способное прямо или косвенно ионизировать вещество среды.

Источники ионизирующего излучения, действию которых подвергается любой человек (радиационный фон):

- космическое излучение;
- природные радионуклиды;
- техногенные радионуклиды;
- радиоизотопная и инструментальная диагностика и терапия в медицине.

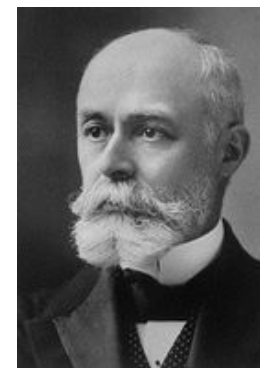
1895 год - Вильгельм Конрад Рентген открыл рентгеновское излучение.

1896 год - Антуан Анри Беккерель открыл явление самопроизвольного излучения соли урана.



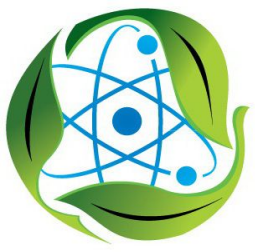
(1845-1923)

Вильгельм Конрад
Рентген



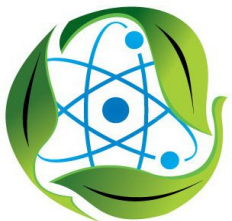
(1852-1908)

Антуан Анри
Беккерель



Радиационный фон

- *Естественный радиационный фон* - обусловлен действием природных источников ионизирующего излучения.
- *Технологически изменённый природный радиационный фон.*
- *Искусственно созданный радиационный фон* - создаётся за счёт накопления в биосфере новых, не присущих природе радионуклидов



Дозы облучения

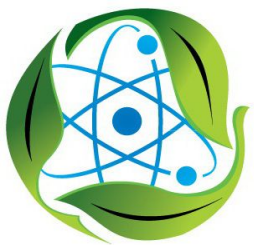
- **Поглощённая доза (D)** – это энергия ионизирующего излучения, поглощённая облучаемым телом (веществом организма), в пересчёте на единицу массы:

Согласно международной системе единиц СИ измеряется в *греях*: $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$.

- **Эквивалентная доза (H)** – поглощённая доза, умноженная на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать ткани организма:

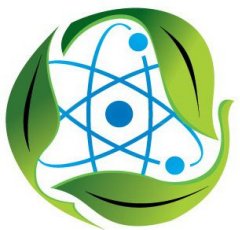
Измеряют в системе единиц СИ в *зивертах* (Зв).

- **Эффективная доза (E)** – величина, используемая как мера риска возникновения отдалённых последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учётом их радиочувствительности:



Космическое излучение

- **Галактические космические лучи** - излучение, идущее из глубин космоса, простирающихся за пределы солнечной системы. Состоит из протонов на 90%, альфа-частиц около 10% и ядер тяжёлых элементов до 1%.
- **Радиационные пояса** - заряженные частицы, образующие циркулирующие вокруг Земли слои. Мощность дозы растёт по мере увеличения высоты приблизительно до 11 км, а затем становится постоянной.
- **Солнечные космические лучи** - непредсказуемые мощные потоки радиации, идущие от Солнца, т.е. потоки, сопровождающие солнечные ядерно-физические процессы. Большие вспышки происходят 1 раз в 4-5 лет. Поглощённая доза при космических полётах за большую вспышку может составить 1,23 Гр.



Радиоактивность

- **Радиоактивность** – самопроизвольное превращение ядер, сопровождающееся испусканием частиц и (или) фотонов (квантов электромагнитного излучения).

- Мерой радиоактивности вещества является **активность (A)**:

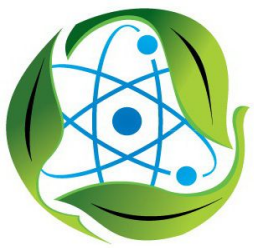
$$A = dN/dt ,$$

где N – количество радиоактивных ядер, t – интервал времени, с.

Единицы измерения активности

| Величина | Единицы измерения в СИ | Внесистемные единицы измерения | Взаимосвязь |
|------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Активность | 1 Бк = 1 расп/с | 1 Ки | 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк. |

$T_{1/2}$ – **период полураспада** – отрезок времени, за который активность данного радионуклида уменьшается в два раза.



Природные радионуклиды

- **Радионуклиды, входящие в природные радиоактивные семейства.**

“Родоначалники” радиоактивных семейств:

изотопы урана $U-238$ ($T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ лет), $U-235$ ($T_{1/2} = 7,13 \cdot 10^8$ лет),
изотоп тория $Th-232$ ($T_{1/2} = 1,39 \cdot 10^{10}$ лет).

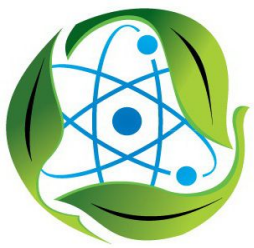
«Дочерние» радионуклиды имеющие наибольшее радиоэкологическое значение: радий $Ra-226$ ($T_{1/2} = 1622$ года), радий $Ra-228$ ($T_{1/2} = 6,7$ года), радон $Rn-222$ ($T_{1/2} = 3,85$ дня), свинец $Pb-210$ ($T_{1/2} = 22$ года), полоний $Po-210$ ($T_{1/2} = 138,4$ дня).

- **Природные радионуклиды, не входящие в радиоактивные семейства:**

калий ^{40}K ($T_{1/2} = 1,28 \cdot 10^9$ лет); рубидий ^{87}Rb , $T_{1/2} = 4,7 \cdot 10^{10}$ лет

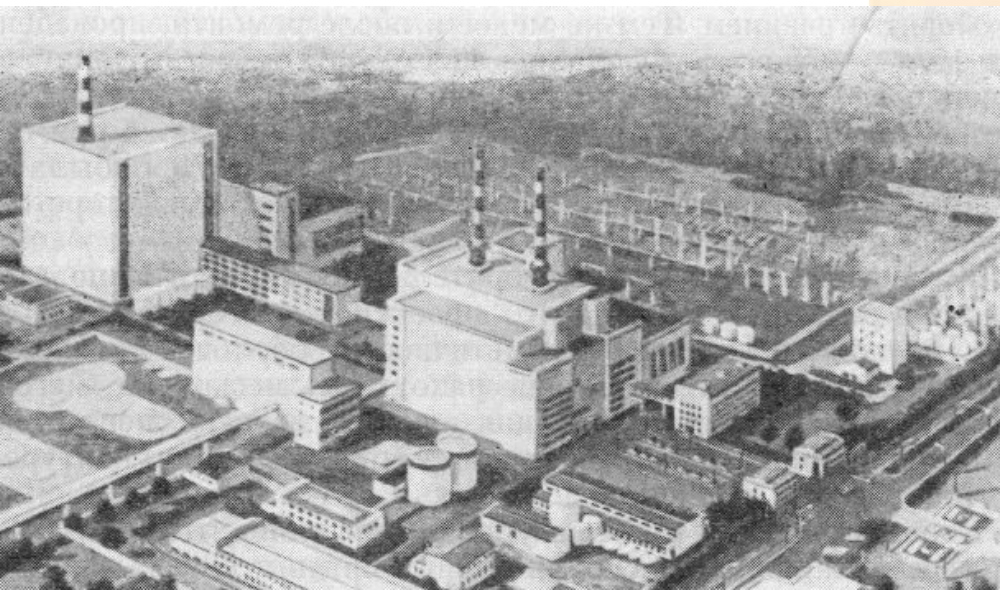
- **Радионуклиды космогенного происхождения:**

$^3H(T)$, $T_{1/2} = 12,35$ года; ^{14}C , $T_{1/2} = 5730$ лет



Источники искусственных радионуклидов

- испытания ядерного оружия;*
- ядерные взрывы, проводимые в мирных целях;*
- работа транспортных и исследовательских атомных реакторов;*



- деятельность предприятий ядерного топливного цикла:*
 - штатная работа;
 - аварии;
 - переработка и захоронение ОТХОДОВ.

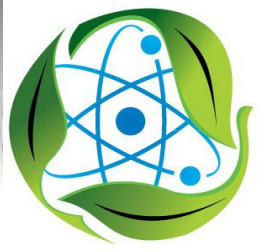




Применение ионизирующего излучения в медицине

Типичные значения индивидуальных эффективных доз
пациентов при различных процедурах, мЗв

| Процедура | Германия | Россия |
|---------------------------------|----------|--------|
| Фотофлюорография грудной клетки | - | 0,67 |
| Рентген конечностей и суставов | 0,06 | - |
| Маммография | 0,5 | 0,56 |
| Рентген спинного мозга | | |
| поясница | 2 | - |
| грудь | 0,7 | - |
| Рентген ЖКТ | 8–18 | 3,3 |
| Рентген головы | 0,03 | - |
| Холецистография | 7,1 | - |



Особенности действия ионизирующих излучений

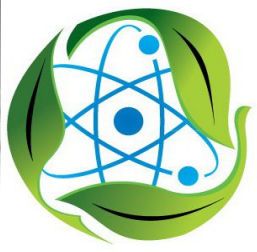
- Высокая эффективность поглощённой энергии.
- Наличие скрытого, или инкубационного, периода проявления действия ионизирующего излучения.
- Кумулятивный эффект - действие от малых доз может суммироваться или накапливаться.
- Излучение воздействует не только на данный живой организм, но и на его потомство (генетический эффект).
- Различные органы живого организма имеют свою чувствительность к облучению.
- Реакция организма на радиационное облучение субъективна.
- Одноразовое получение организмом какой-то определённой дозы более опасно, чем поэтапное её накопление.



Виды облучения

- *Внешнее облучение* – воздействие на организм ионизирующего излучения, приходящего извне (от устройства или закрытого источника, содержащего радиоактивное вещество).
- *Внутреннее облучение* – облучение организма, отдельных органов и тканей ионизирующим излучением, испускаемым содержащимися в них радионуклидами (источник ионизирующего излучения находится внутри организма).

Опасность при внешнем и внутреннем облучении определяется, прежде всего, видом излучения и его проникающей способностью.

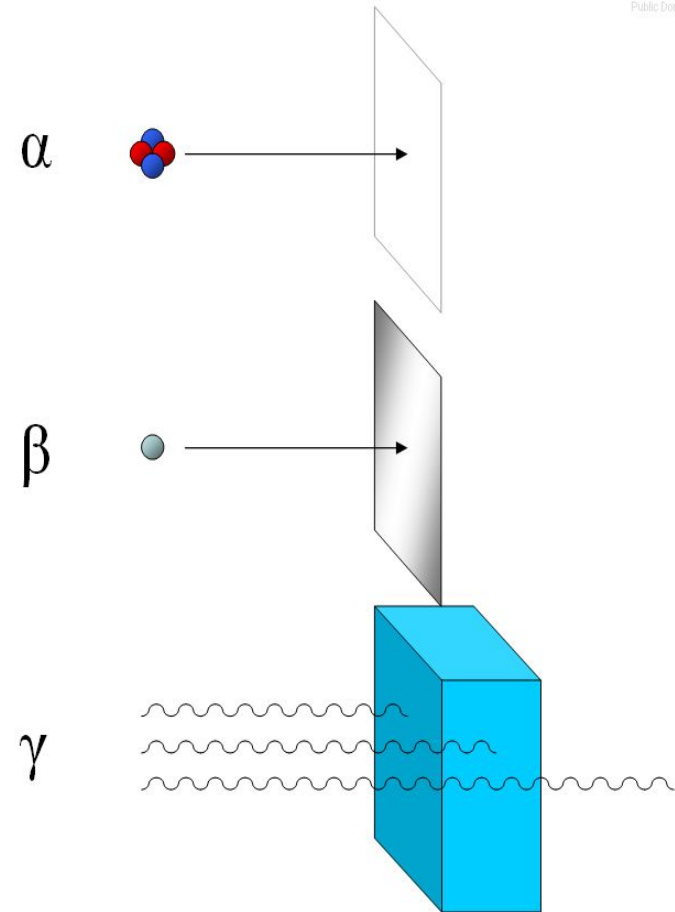


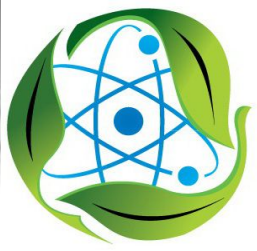
Проникающая способность ионизирующих излучений

Альфа-частицы поглощаются листом бумаги, пробег в воздухе - 11 см, в мягких тканях человека несколько микрон.

Бета-частицы имеют разную энергию, поэтому пробег их в веществе не одинаков: в воздухе от нескольких метров до сантиметра, ослабляются алюминиевой пластиной.

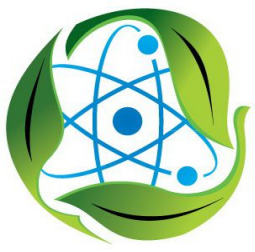
Гамма-кванты обладают большой проникающей способностью, ослабляются стенами домов, эффективная защита - свинец.





Факторы, определяющие степень радиационной опасности при внешнем облучении

- ***Вид излучения.*** Внешнее облучение α - и β -частицами менее опасно, так как они имеют небольшой пробег в ткани и не достигают кроветворных и других органов. Опасность представляют γ - и нейтронное излучение, проникающие в ткань на большую глубину и разрушающие её.
- ***Расстояние до источника излучения.*** Интенсивность радиации снижается пропорционально квадрату расстояния.
- ***Время облучения.*** Чем более дробно порции излучения распределены по времени, тем меньше его поражающее действие.
- ***Размер облучаемой поверхности.*** Чем меньше облучаемая поверхность при той же мощности потока излучения, тем меньше биологический эффект.



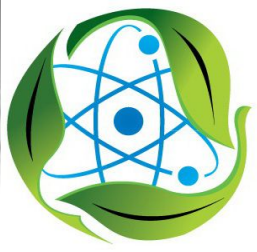
Последствия облучения людей

Детерминированные:

- лучевая болезнь;
- локальные лучевые поражения.

Стохастические:

- сокращение продолжительности жизни;
- лейкозы (злокачественные изменения кровообразующих клеток);
- опухоли разных органов и клеток;
- наследственные болезни.

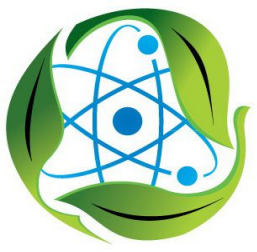


Факторы, определяющие степень радиационной опасности при внутреннем облучении

- *Путь поступления радиоактивного вещества в организм* (при дыхании, с пищей и водой, через кожу).
- *Продолжительность поступления радиоактивного вещества в организм.*
- *Распределение радионуклида в организме человека* (наличие критического органа).

Критический орган – это орган, способный избирательно накапливать тот или иной радионуклид в соответствии с его химическими свойствами.

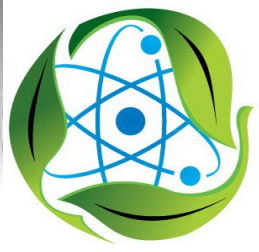
- *Вид излучения.* При внутреннем облучении наиболее опасны радионуклиды, испускающие при распаде α -частицы, так как они имеют большую ионизирующую способность.



Факторы, определяющие степень радиационной опасности при внутреннем облучении

- *Энергия излучения.* Чем энергия излучения выше, тем больше повреждающий эффект.
- *Время пребывания излучателя в организме.* Время будет определяться периодом радиоактивного полураспада и периодом биологического полувыведения. Чем дольше радионуклид находится в организме, тем больший вред он ему нанесёт.

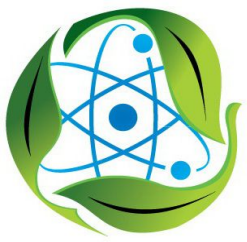
Радионуклиды, попавшие внутрь организма человека, вызывают различные последствия, схожие с последствиями от внешнего облучения при равных поглощённых дозах.



Защита от воздействия ионизирующих излучений

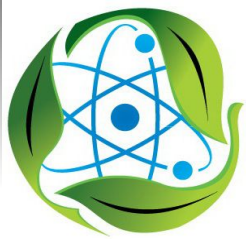
При внешнем облучении дозу можно ослабить, если предпринять следующие действия:

- Сократить время воздействия источника ионизирующего излучения до минимума (защита временем).
- Находиться на возможно большем расстоянии от источника ионизирующего излучения (защита расстоянием).
- Применять защитные экраны. В качестве защитных материалов используются свинец, сталь, бетон, вода и т.д.
- В быту следить за облучением при медицинском обследовании (учитывать количество проводимых процедур) и правильным выбором строительных материалов.



Защита от попадания радионуклидов внутрь организма

- *Осуществлять контроль воды, воздуха, продуктов питания.* Для каждой из перечисленных категорий существуют предельно допустимые нормы содержания радионуклидов.
- *Принять меры по снижению содержания радона в помещении.*
- В случае радиационной аварии *защитить органы дыхания и поверхность тела* (платки, куртки, сапоги). При попадании радионуклидов на поверхность кожи *провести дезактивацию* водой, хозяйственным мылом, поверхностно-активными веществами.
- Если произошло попадание радионуклида внутрь организма человека, то *принять меры, ускоряющие их выведение.*



Выведение радионуклидов из организма

- *Механическое удаление радионуклида* (приём рвотных средств, промывание желудка и кишечника, обильное питье, приём адсорбентов).
- *Применение адсорбентов* (веществ поглощающих радионуклиды).
- *Ускорение выведения радионуклидов методом замещения или комплексообразования.* Вытесняют радиоизотопы подобными им, которые естественно присутствуют в организме.
- *Применение радиопротекторов.* Радиопротекторы вводят *перед* предполагаемым облучением (например, перед лучевой терапией).
- *Поддержка защитных и восстановительных сил организма.*