

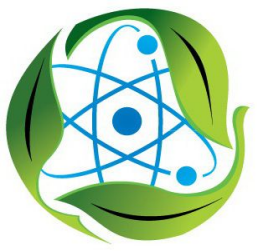
Дисциплина “Экология”

## ЛЕКЦИЯ 11

# ЭЛЕМЕНТЫ РАДИОЭКОЛОГИИ

**Кутергин Андрей Сергеевич**

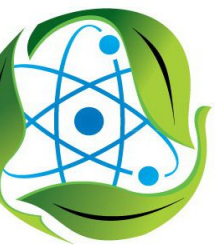
Доцент кафедры радиохимии и прикладной экологии



# 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.

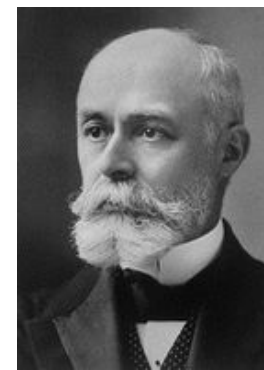
**1895 год** - Вильгельм Конрад Рентген открыл рентгеновское излучение.

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



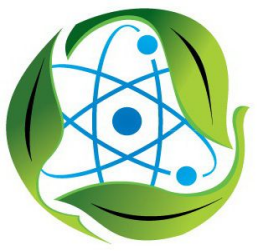
(1845-1923)

Вильгельм Конрад  
Рентген



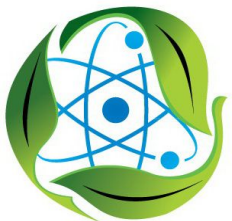
(1852-1908)

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

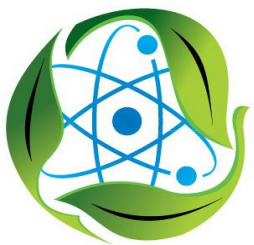
- **Поглощённая доза ( $D$ )** – это энергия ионизирующего излучения, поглощённая облучаемым телом (веществом организма), в пересчёте на единицу массы:

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:

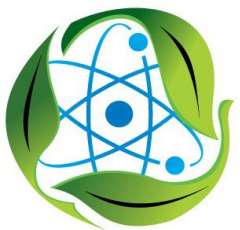
Измеряют в системе единиц СИ в *зивертах* (Зв).

- **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)**:

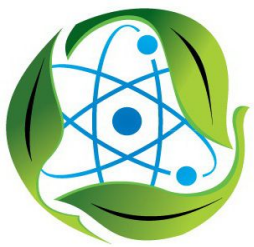
$$A = dN/dt ,$$

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.**

**“Родоначальники” 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).

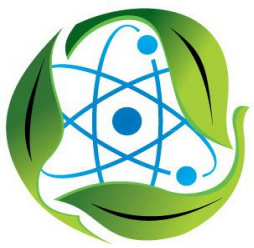
- **Природные радионуклиды, не входящие в радиоактивные семейства:**

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:**

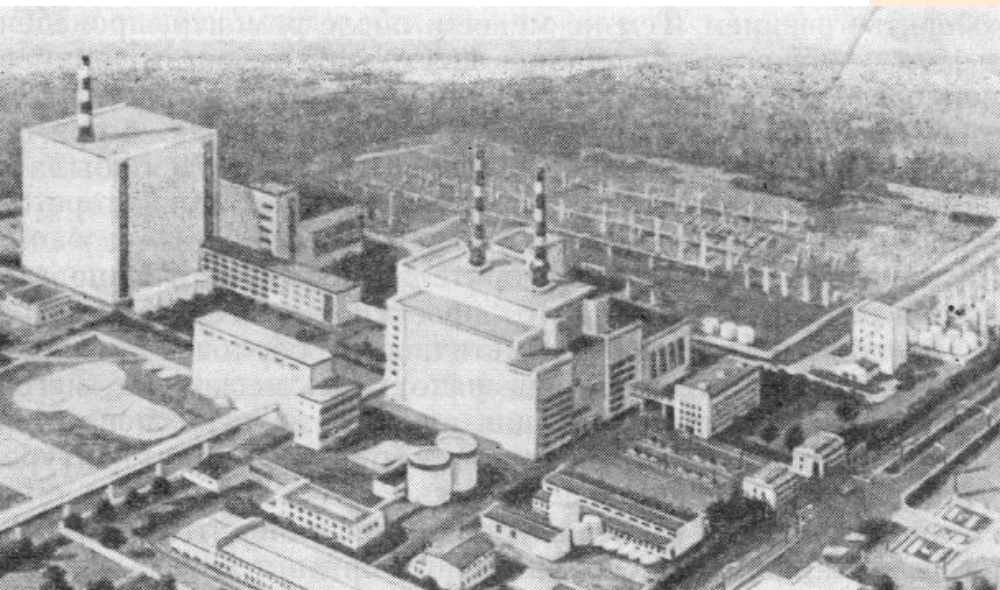
$^3H(T)$ ,  $T_{1/2} = 12,35$  года;  $^{14}C$ ,  $T_{1/2} = 5730$  лет





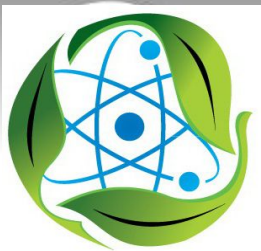
# *Источники искусственных радионуклидов*

- 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.

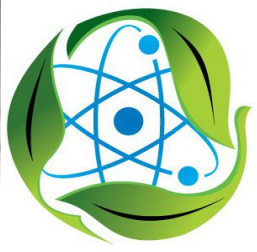




# *Применение ионизирующего излучения в медицине*

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*

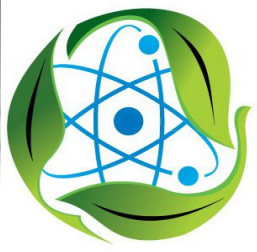
- Высокая эффективность поглощённой энергии.
- Наличие скрытого, или инкубационного, периода проявления действия ионизирующего излучения.
- Кумулятивный эффект - действие от малых доз может суммироваться или накапливаться.
- Излучение воздействует не только на данный живой организм, но и на его потомство (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.*

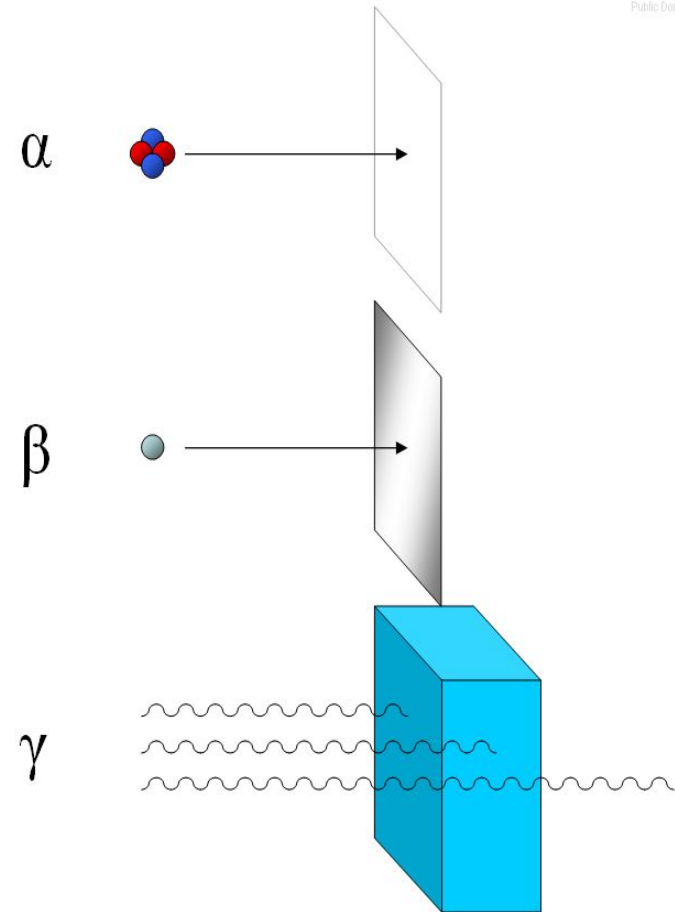


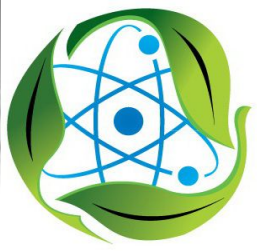
# Проникающая способность ионизирующих излучений

**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.

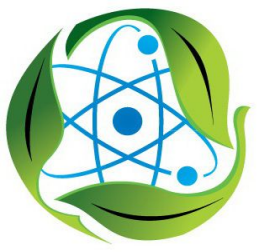




# *Факторы, определяющие степень радиационной опасности при внешнем облучении*

- ***Вид излучения.*** Внешнее облучение  $\alpha$ - и  $\beta$ -частицами менее опасно, так как они имеют небольшой пробег в ткани и не достигают кроветворных и других органов. Опасность представляют  $\gamma$ - 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.





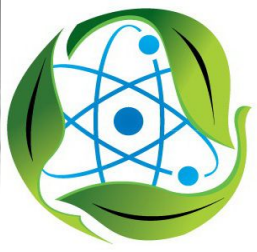
# *Последствия облучения людей*

## *Детерминированные:*

- лучевая болезнь;
- локальные лучевые поражения.

## *Стохастические:*

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



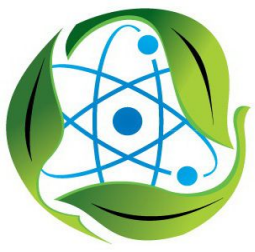
# *Факторы, определяющие степень радиационной опасности при внутреннем облучении*

- *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  $\alpha$ -частицы, так как они имеют большую ионизирующую способность.

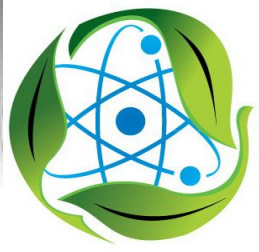




# *Факторы, определяющие степень радиационной опасности при внутреннем облучении*

- *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.

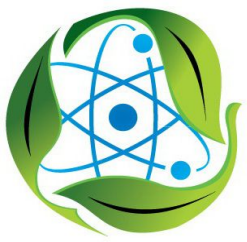
*Радионуклиды, попавшие внутрь организма человека, вызывают различные последствия, схожие с последствиями от внешнего облучения при равных поглощённых дозах.*



# *Защита от воздействия ионизирующих излучений*

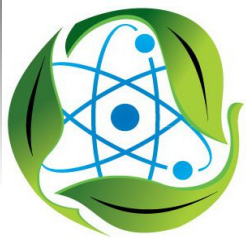
*При внешнем облучении* дозу можно ослабить, если предпринять следующие действия:

- 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.*