



# ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ ДОЗИМЕТРИИ

# РАДИАЦИОННАЯ ДОЗИМЕТРИЯ

---

*Доза излучения* — в физике и радиобиологии - величина, используемая для оценки воздействия ионизирующего излучения на любые вещества и живые организмы.

# РАДИАЦИОННАЯ ДОЗИМЕТРИЯ

---

Приборы, служащие для измерения дозы ионизирующего излучения, получили название *дозиметров*.

Радиационный контроль является одним из основных элементов службы техники безопасности каждого предприятия или учреждения, имеющего дело с любыми источниками ионизирующих излучений. Целью такого контроля является получение с помощью различных приборов необходимой информации о состоянии радиационной обстановки и уровнях облучения персонала и населения.

# МЕТОДЫ ДОЗИМЕТРИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

В зависимости от того, какие физические и химические изменения в веществе используют для регистрации излучений, различают следующие методы дозиметрии ионизирующих излучений:

- ионизационный;
- сцинтилляционный;
- химический;
- фотографический;
- калориметрический;
- термолюминесцентный и др.

# АКТИВНОСТЬ

---

*Активность* (A) – мера количества радионуклида в источнике или в любом веществе, включая организм человека.

Активность равна скорости радиоактивного распада ядер атомов радионуклида. Величина суммарной активности характеризует потенциальную радиационную опасность помещений, в которых ведутся работы с радиоактивными веществами.

Единица измерения СИ – Бк (беккерель), равный 1 распаду в секунду. Внесистемная единица – Ки (кюри);

$$1 \text{ Ки} = 37 \text{ ГБк} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1} .$$

# ЭКСПОЗИЦИОННАЯ ДОЗА

---

Основная характеристика взаимодействия ионизирующего излучения и среды – это ионизационный эффект. В начальный период развития радиационной дозиметрии чаще всего приходилось иметь дело с рентгеновским излучением, распространившимся в воздухе. Поэтому в качестве количественной меры поля излучения использовалась степень ионизации воздуха рентгеновских трубок или аппаратов. Количественная мера, основанная на величине ионизации сухого воздуха при нормальном атмосферном давлении, достаточно легко поддающаяся измерению, получила название *экспозиционная доза*.

# ЭКСПОЗИЦИОННАЯ ДОЗА

---

Экспозиционная доза определяет ионизирующую способность рентгеновских и гамма-лучей и выражает энергию излучения, преобразованную в кинетическую энергию заряженных частиц в единице массы атмосферного воздуха.

Экспозиционная доза – это отношение суммарного заряда всех ионов одного знака в элементарном объёме воздуха к массе воздуха в этом объёме.

В системе СИ единицей измерения экспозиционной дозы является кулон, деленный на килограмм (Кл/кг).  
Внесистемная единица – рентген (Р).  $1 \text{ Кл/кг} = 3880 \text{ Р}$

# ПОГЛОЩЕННАЯ ДОЗА

---

При расширении круга известных видов ионизирующего излучения и сфер его приложения, оказалось, что мера воздействия ионизирующего излучения на вещество не поддается простому определению из-за сложности и многообразности протекающих при этом процессов. Важным из них, дающим начало физико-химическим изменениям в облучаемом веществе и приводящим к определенному радиационному эффекту, является поглощение энергии ионизирующего излучения веществом. В результате этого возникло понятие *поглощенная доза*.



# ПОГЛОЩЕННАЯ ДОЗА

---

Поглощенная доза показывает, какое количество энергии излучения поглощено в единице массы любого облучаемого вещества и определяется отношением поглощенной энергии ионизирующего излучения на массу вещества.

За единицу измерения поглощенной дозы в системе СИ принят грэй (Гр). 1 Гр – это такая доза, при которой массе 1 кг передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж. внесистемной единицей поглощенной дозы является рад.  $1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$ .

# ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ДОЗА

---

Изучение отдельных последствий облучения живых тканей показало, что при одинаковых поглощенных дозах различные виды радиации производят неодинаковое биологическое воздействие на организм. Обусловлено это тем, что более тяжелая частица (например, протон) производит на единице пути в ткани больше ионов, чем легкая (например, электрон).

При одной и той же поглощенной дозе радиобиологический разрушительный эффект тем выше, чем плотнее ионизация, создаваемая излучением. Чтобы учесть этот эффект, введено понятие *эквивалентной дозы*.

# ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ДОЗА

Эквивалентная доза рассчитывается путем умножения значения поглощенной дозы на специальный коэффициент — коэффициент относительной биологической эффективности (ОБЭ) или коэффициент качества.

Единицей измерения эквивалентной дозы в СИ является зиверт (Зв). Величина 1 Зв равна эквивалентной дозе любого вида излучения, поглощенной в 1 кг биологической ткани и создающей такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 Гр фотонного излучения.

Внесистемной единицей измерения эквивалентной дозы является бэр (биологический эквивалент рада).  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$ .

# ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА

---

*Эффективная доза* (E) - величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты.

# ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА

---

Одни органы и ткани человека более чувствительны к действию радиации, чем другие: например, при одинаковой эквивалентной дозе возникновение рака в легких более вероятно, чем в щитовидной железе, а облучение половых желез особенно опасно из-за риска генетических повреждений. Поэтому дозы облучения разных органов и тканей следует учитывать с разным коэффициентом, который называется коэффициентом радиационного риска. Умножив значение эквивалентной дозы на соответствующий коэффициент радиационного риска и просуммировав по всем тканям и органам, получим эффективную дозу, отражающую суммарный эффект для организма.

# ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА

---

Взвешенные коэффициенты устанавливают эмпирически и рассчитывают таким образом, чтобы их сумма для всего организма составляла единицу.

Единицы измерения эффективной дозы совпадают с единицами измерения эквивалентной дозы. Она также измеряется в зивертах или бэрах.

# МОЩНОСТЬ ДОЗЫ

---

*Мощность дозы* (интенсивность облучения) — приращение соответствующей дозы под воздействием данного излучения за единицу времени. Имеет размерность соответствующей дозы (поглощенной, экспозиционной и т. п.), делённую на единицу времени. Допускается использование различных специальных единиц (например, Зв/час, бэр/мин, Зв/год и др.).

# ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ЧЕЛОВЕКА

---



# ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ЧЕЛОВЕКА

Эффекты воздействия радиации на человека обычно делятся на две категории :

1) Соматические (телесные) - возникающие в организме человека, который подвергался облучению.

2) Генетические - связанные с повреждением генетического аппарата и проявляющиеся в следующем или последующих поколениях: это дети, внуки и более отдаленные потомки человека, подвергшегося облучению.

# ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ЧЕЛОВЕКА

## Радиационные эффекты облучения человека

Соматические эффекты	Генетические эффекты
Лучевая болезнь	Генные мутации
Локальные лучевые поражения	Хромосомные aberrации
Лейкозы	
Опухоли разных органов	

# ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ЧЕЛОВЕКА

Различают пороговые (детерминированные) и стохастические эффекты. Первые возникают когда число клеток, погибших в результате облучения, потерявших способность воспроизводства или нормального функционирования, достигает критического значения, при котором заметно нарушаются функции пораженных органов. Зависимость тяжести нарушения от величины дозы облучения показана в таблице.

# ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ЧЕЛОВЕКА

## Воздействие различных доз облучения на человеческий организм

Доза, Гр	Причина и результат воздействия
$(0.7 - 2) \cdot 10^{-3}$	Доза от естественных источников в год
0.05	Предельно допустимая доза профессионального облучения в год
0.1	Уровень удвоения вероятности генных мутаций
0.25	Однократная доза оправданного риска в чрезвычайных обстоятельствах
1.0	Доза возникновения острой лучевой болезни
3- 5	Без лечения 50% облученных умирает в течение 1-2 месяцев вследствие нарушения деятельности клеток костного мозга
10 - 50	Смерть наступает через 1-2 недели вследствие поражений главным образом желудочно кишечного тракта
100	Смерть наступает через несколько часов или дней вследствие повреждения центральной нервной системы

# ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ЧЕЛОВЕКА

Стохастические (вероятностные) эффекты, такие как злокачественные новообразования, генетические нарушения, могут возникать при любых дозах облучения. С увеличением дозы повышается не тяжесть этих эффектов, а вероятность (риск) их появления. Для количественной оценки частоты возможных стохастических эффектов принята консервативная гипотеза о линейной беспороговой зависимости вероятности отдаленных последствий от дозы облучения с коэффициентом риска около  $7 \cdot 10^{-2} / \text{Зв}$ .

# ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ЧЕЛОВЕКА

**Число случаев на 100 000 человек при индивидуальной дозе облучения 10 мЗв.**

Категории облучаемых	Смертельные случаи рака	Несмертельные случаи рака	Тяжелые наследуемые эффекты	Суммарный эффект:
Работающий персонал	4.0	0.8	0.8	5.6
Все население *	5.0	1.0	1.3	7.3

\* Все население включает не только как правило здоровый работающий персонал, но и критические группы (дети, пожилые люди и т.д.)