

**БИОЛОГИЧЕСКОЕ  
ДЕЙСТВИЕ  
ИОНИЗИРУЮЩЕГО  
ИЗЛУЧЕНИЯ**

# Биологические последствия влияния ионизирующего излучения на человека



Различают два вида эффекта  
воздействия на организм  
ионизирующих излучений:  
**соматический и генетический.**

При **соматическом** эффекте  
последствия проявляются  
непосредственно у  
облучаемого, **при**  
**генетическом** - у его  
потомства.

Соматические эффекты могут быть ранними или отдалёнными.

**Ранние** возникают в период от нескольких минут до 30-60 суток после облучения. К ним относят покраснение и шелушение кожи, помутнение хрусталика глаза, поражение кроветворной системы, лучевая болезнь, летальный исход.

Отдалённые соматические  
эффекты проявляются через  
несколько месяцев или лет после  
облучения в виде стойких  
изменений кожи, злокачественных  
новообразований, снижения  
иммунитета, сокращения  
продолжительности жизни.



1) Глубокие нарушения  
жизнедеятельности  
вызываются ничтожно малыми  
количествами поглощаемой  
энергии.

2) Биологическое действие ионизирующих излучений не ограничивается подвергнутым облучению организмом, но может распространяться и на последующие поколения, что объясняется действием на наследственный аппарат организма.



**3) Для биологического действия ионизирующих излучений характерен скрытый (латентный) период, т. е. развитие лучевого поражения наблюдается не сразу. Продолжительность латентного периода может варьировать от нескольких *минут* до десятков лет в зависимости от дозы облучения, радиочувствительности организма. Так, при облучении в очень больших дозах (десятки тыс. *рад*) можно вызвать «смерть под лучом», длительное же облучение в малых дозах ведёт к изменению состояния нервной и других систем, к возникновению опухолей спустя годы после облучения.**

Большое значение имеют  
также возраст,  
физиологическое состояние,  
интенсивность обменных  
процессов организма, а также  
условия облучения.

**При этом, помимо дозы облучения организма, играют роль: мощность, ритм и характер облучения (однократное, многократное, прерывистое, хроническое, внешнее, общее или частичное, внутреннее), его физические особенности, определяющие глубину проникновения энергии в организм (рентгеновское, гамма-излучение, альфа- и бета-частицы), плотность ионизации (под влиянием альфа-частиц она больше, чем при действии других видов излучения).**

**Все эти особенности воздействующего лучевого агента определяют относительную биологическую эффективность излучения. Если источником излучения служат попавшие в организм радиоактивные изотопы, то огромное значение для биологического действия ионизирующих излучений испускаемого этими изотопами, имеет их химическая характеристика, определяющая участие изотопа в обмене веществ, концентрацию в том или ином органе, а следовательно, и характер облучения организма.**



# 1. Тип радиации

Все виды ионизирующей радиации могут оказать влияние на здоровье. Главное различие заключается в количестве энергии, определяющей проникающую способность альфа и бета частиц, гамма и рентгеновского излучения.

## 2.Размер полученной дозы.

Чем выше доза полученной радиации, тем выше вероятность возникновения медико-биологических последствий.

### **3.Продолжительность воздействия радиации.**

Если доза получена в течение дней или недели, эффекты часто не такие серьезные, если подобная доза была получена в течение минут.



## 4. Часть тела, подвергнутая действию.

Конечности получают большее количество радиации с менее выраженными повреждением, чем кровь

## 5. Возраст человека.

С возрастом человека замедляется деление клеток, и тело менее чувствительно к эффектам ионизирующей радиации. Как только деление клетки замедлилось, эффекты радиации несколько менее разрушительны чем тогда, когда клетки быстро делились.

## **6. Биологические различия.**

Одни люди более чувствительны к эффектам радиации, чем другие.

Особенности поражения  
организма в целом определяются  
двумя факторами:

- 1) радиочувствительностью  
тканей, органов и систем,  
непосредственно  
подвергающихся облучению;
- 2) поглощённой дозой излучения  
и её распределением во времени.

**Клетки имеют разное строение и выполняют различные функции . Чтобы понять механизмы, определяющие естественную радиочувствительность организма (без чего невозможно правильно оценить последствия облучения человека), необходимо последовательно рассмотреть клеточные и тканевые аспекты радиочувствительности, так как *клетка* — основная биологическая единица, в которой реализуется воздействие поглощенной при облучении энергии, что в последующем приводит к развитию лучевого поражения.**

**Среди многих проявлений жизнедеятельности клетки наиболее чувствительна в отношении ионизирующего излучения ее способность к делению. Под клеточной гибелью понимают утрату клеткой способности к пролиферации, а выжившими считают клетки, сохранившие способность к неограниченному размножению.**

В зависимости от связи летального эффекта с процессом деления различают две основные формы радиационной гибели клеток: **интерфазную** (до деления клетки или без него) и **репродуктивную** (после первого или нескольких последующих циклов деления)

**Для большинства клеток характерна репродуктивная форма лучевой гибели, основной причиной которой являются структурные повреждения хромосом, возникающие в процессе облучения..**

**Гибель таких аберрантных клеток или их потомков происходит вследствие неравномерного деления или частичной утраты жизненно необходимого генетического материала из-за неправильного соединения разорванных хромосом или отрыва их фрагментов.**



Группы клеток образуют ткани, из которых состоят органы и системы (пищеварительная, нервная, кровеносная системы, железы внутренней секреции и т.д.).

**Ткань** – это не просто сумма клеток, это уже система, имеющая свои функции. Она имеет свою систему саморегуляции и, установлено, что клетки ткани, которые активно делятся, более подвержены действию радиации.

Поэтому мышцы, мозг, соединительные ткани у взрослых организмов достаточно устойчивы к воздействию радиации. Клетки же костного мозга, зародышевые клетки, клетки слизистой оболочки кишечника являются наиболее уязвимыми.

На органном уровне радиочувствительность зависит не только от радиочувствительности тканей, составляющих данный орган, но и от его функций. Следует рассмотреть действие излучения на отдельные органы и системы при внешнем облучении.

**Семенники.** Клетки семенников находятся на разных стадиях развития. Наиболее радиочувствительны клетки – сперматогонии, наиболее радиорезистентные – сперматозоиды. При воздействии однократного облучения в дозе 0,15-2 Гр возникает временная олигоспермия, свыше 2,5 Гр – временная стерильность, а в дозе более 3,5 Гр наблюдается стойкая стерильность.

**Яичники.** В яичниках взрослой женщины содержится популяция незаменимых овоцитов (их образование заканчивается в ранние сроки после рождения). Женские половые клетки высоко радиочувствительны в процессе митотического деления и неспособны к регенерации. Воздействие однократного облучения в дозе 1 - 2 Гр на оба яичника вызывает временное бесплодие и прекращение менструаций на 1-3 года. При остром облучении в диапазоне доз 2,5 - 6 Гр развивается стойкое бесплодие.

# Органы

**пищеварения.** Наибольшей радиочувствительностью обладает тонкая кишка. Далее по снижению радиочувствительности следуют полость рта, язык, слюнные железы, пищевод, желудок, прямая и ободочная кишки, поджелудочная железа, печень.

## **Сердечно-сосудистая система.**

**В сосудах большей радиочувствительностью обладает наружный слой сосудистой стенки, что объясняется высоким содержанием коллагена. Сердце считается радиорезистентным органом, однако при локальном облучении в дозах 5-10 Гр можно обнаружить изменения миокарда. При дозе 20 Гр отмечается поражение эндокарда.**

## Органы дыхания.

Последствия облучения легких проявляются не сразу. При локальном облучении может развиваться радиационный пневмонит, сопровождающийся потерей эпителиальных клеток, воспалением дыхательных путей и легочных альвеол, приводящий к фиброзу.

## **Органы выделения.**

Почки достаточно радиорезистентны. Однако облучение почек в дозах более 30 Гр за 5 недель может привести к развитию хронического нефрита



**Орган зрения.** Возможны два типа поражений глаз: воспалительные процессы в конъюнктиве и склере (при дозах 3 - 8 Гр) и катаракта (при дозах 3 -10 Гр). У человека катаракта появляется при облучении в дозе 6 Гр. Наиболее опасным является нейтронное облучение.

# ЦНС.

Эта высоко

специализированная ткань  
человека радиорезистентна.

Клеточная гибель  
наблюдается при дозах свыше  
100 Гр.

# Эндокринная

**система** характеризуется низкой скоростью обновления клеток, поэтому являются радиорезистентной. Наиболее РЧ органами эндокринной системы являются *половые железы*. Далее по снижению РЧ следуют: гипофиз, щитовидная железа, островки поджелудочной железы, паращитовидная железа.

**Костно-мышечная система и сухожилия.** У взрослых они радиорезистентны. В пролиферативном состоянии (в детском возрасте или при заживлении переломов) радиочувствительность этих тканей повышается. Наибольшая радиочувствительность скелетной ткани характерна для эмбрионального периода, так как особенно интенсивная пролиферация остеобластов и хондробластов у человека происходит на 38-85 сутки эмбрионального развития. Мышцы – высокорезистентны.

# Действие радиации на эмбрион и плод.

**Радиочувствительность** плода высокая, и она тем выше, чем плод моложе. Пороки развития и уродства, возникающие вследствие облучения *in utero*, объединяются термином **тератогенные эффекты**.

**Терратогенный эффект  
радиации** — это  
возникновение пороков  
развития и уродств  
вследствие облучения *in utero*

Различают три основных периода внутриутробного развития организма, в течение которых изучают повреждающее действие ионизирующих излучений:

**до имплантации,**  
**период основного**  
**органогенеза,**  
**плодный период.**

Облучение на ранних стадиях (до имплантации и в начале органогенеза), как правило, заканчивается внутриутробной гибелью или гибелью новорождённого (при облучении в середине периода органогенеза). Воздействие в период основного органогенеза вызывает уродства, а облучение плода — лучевую болезнь новорожденного.



**Организм эмбриона и плода обладает крайне высокой радиочувствительностью.**

**Крайне высокая радиочувствительность организма во внутриутробном периоде развития легко объяснима, так как в это время он представляет собой конгломерат из делящихся и дифференцирующихся клеток, обладающих наибольшей радиочувствительностью.**

**Характер развивающихся отдаленных эффектов будет зависеть от физических характеристик ионизирующего излучения (мощность, вид энергии, характер облучения, пролонгированность во времени) и от возраста плода на момент облучения.**

**Особенно важна стадия внутриутробного развития, потому что дифференцировка систем и органов происходит в определенные сроки развития, и это будет определять тип повреждения.**

при облучении беременных женщин  
выделяют четыре классических  
эффекта у потомства:

1. эмбриональная, неонатальная и  
постнатальная гибель плода;

2. врожденные пороки развития;

3. нарушения роста и физического  
развития;

4. нарушение функции центральной  
нервной системы.

## *Эмбриональная, неонатальная и постнатальная гибель*

*плода.* Наиболее высокий риск внутриутробной смерти наблюдается при облучении в преимплантационный период. Полученные на эмбрионах животных данные указывают, что радиационно-индуцированные случаи пренатальной гибели плода наблюдаются в дозах менее 10 рад (0,1 Зв) при облучении до

ИМПЛАНТАЦИИ

Во избежание пренатального облучения на ранних, нераспознанных стадиях беременности плановые рентгенодиагностические процедуры у женщин детородного возраста рекомендуется проводить только в первые 10 суток после начала менструации («правило 10 дней»).

***Врожденные пороки развития (ВПР).*** Чаще

всего встречаются следующие ВПР:

Нарушение строения головы: черепно-мозговая грыжа, нарушения строения формы черепа, расщепление верхнего неба и губы, нарушения строения уха;

ЦНС - анэнцефалия, микроцефалия, гидроцефалия;

Орган зрения - микроофтальмия, анофтальмия;

Скелет - полидактилия, уменьшение роста и веса плода.

*Нарушения роста и физического развития.* Наряду со снижением веса и размеров тела обнаружено уменьшение массы внутренних органов (особенно селезенки и головного мозга), уменьшение окружности головы.

***Нарушение функции центральной нервной системы.*** Радиационные эффекты могут возникать при гибели глиальных или нейронных клеток-предшественников во время митоза либо в результате гибели постмитотических, но все еще незрелых нейронов или гибели "клеток-поводырей" - мигрирующих нейронов. Кроме того, при высоких дозах (1,8 -5,5 Гр) может наступать поражение красного костного мозга и снижение эритропоэза с уменьшением транспорта кислорода к головному мозгу плода.