

# Радиационная медицина

Амиразян С.А. – 2009 (16)

# Радиационная медицина

Наука, которая изучает особенности влияния ионизирующих излучений на организм человека, принципы лечения радиационных поражений и профилактику возможных последствий облучения населения.

# Радиационная медицина

Комплексная научная дисциплина, тесно связанная с рядом теоретических и прикладных сфер знания, таких как биофизика, радиобиология, генетика, ядерная физика, нормальная и патологическая физиология, гематология, биохимия.

# История развития

- 1895 г. открытие В.К. Рентгеном нового вида излучения, которому было дано название X-лучи, или рентгеновское излучение
- 1896 г. открытие А. Беккерелем естественной радиоактивности урана.



- 1896 г. Т. Эдисон оформил патент на модель флюороскопа – установки для массового рентгеновского обследования. Эдисон отметил, что работа с катодной трубкой сопровождается головными болями, резью в глазах.
- 1896 г. французский практикующий врач Бушар впервые отметил возможность диагностики туберкулеза с помощью лучей Рентгена.

- 1898 г. супруги Пьер и Мария Кюри выделили первые радиоактивные элементы радий и полоний.
- 1902 г. Фрибен описал первый случай рака кожи у рентгенолога.
- 1903 г. Альберс-Шонберг описал дегенеративные изменения эпителия и азооспермию у животных после облучения.

- 1903-1906 гг. Хейнике первым описал лучевую анемию и лейкопению, атрофию селезенки. Детально описал изменения клеток костного мозга и лимфоузлов при гистологическом исследовании.

Впервые описал гибель животных после воздействия рентгеновских лучей.

- 1904 г. Пертес описал явление повреждения хромосом при облучении пролиферирующих клеток.
- 1906 г. Бергонье и Трибондо, анализируя значительный массив эмпирических данных, сформулировали положение, которое не утратило своего значения по сей день:

# Закон Бергонье - Трибондо

- Чувствительность клеток к воздействию ионизирующей радиации прямо пропорциональна их пролиферативной активности в данный момент времени.

- 1908 г. Антуан Беклер, наблюдавший тяжелые кожные проявления при лучевой терапии, предложил метод многопольного облучения.
- 1911 г. Резерфорд разрабатывает планетарную модель строения атома и создает теорию распада радиоактивных веществ.

- 1911 г. на немецком языке вышла первая монография Ефима Лондона “Радий в медицине и биологии”. На базе многочисленных экспериментов ученый продемонстрировал действие излучения радия на разные системы организма, в том числе, на кроветворение и гонады.

# РАДІОЭЛЕМЕНТЫ ВЪ МЕДИЦИНѢ.

РУКОВОДСТВО

по

Біологіи, Фармакологіи и КлиникѢ

Радія, Мезопорія, Торія Х,  
Акпинія и ихъ Эманаций.

Для студентовъ и врачей.

## С. Дѣйствіе на животную клѣтку.

Наблюденія Валкхофа и Гизеля въ 1900 г., а также въ 1901 г. Беккереля, который вызвалъ у себя нарывъ трубкой, содержащей радій, показали, что лучи радія могутъ оказывать интенсивное дѣйствіе на клѣточную ткань. Это дѣйствіе было впоследствии экспериментально изслѣдовано многими авторами, обогатившими литературу своими наблюденіями по этому вопросу.

Установлено, что дѣйствіе лучей радія подчиняется, главнымъ образомъ, слѣдующимъ двумъ законамъ:

- 1) Различныя клѣтки тѣла различно относятся къ лучамъ.
- 2) Дѣйствіе лучей первоначально выражается въ раздраженіи, а затѣмъ, при продолжительности облученія, переходитъ въ разрушительную стадію.

- 1919 г. Резерфорд осуществил первую ядерную реакцию.
- 1922 г. Дессауэр предложил первую теорию, которая объясняла биологические эффекты радиации.
- В дальнейшем Тимофеев-Ресовский, Циммер и Ли развили эти представления предложив “принцип попадания” и “теорию мишени”.



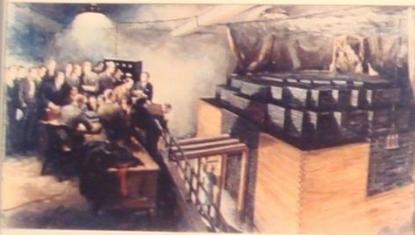
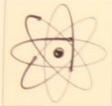
- 1924 г. Лакассань первым отметил, что хромосомный набор опухолевых клеток после лучевой терапии оказывается сильно поврежденным.
- 1909-29 г. Герман Меллер установил, что ионизирующие излучения являются мутагенным фактором.
- 1929 г. Рисе в Германии доказывает существование радиолиза.

- 1932 г. Чедвик подтвердил открытие нейтронов Ф. Жолио-Кюри, а Андерсон открыл позитрон.
- 1934 г. супруги Жолио-Кюри открыли искусственную радиоактивность.
- 1939 г. Ганн и Штрассман открыли принудительное деление ядер урана.
- 1940 г. Флеров и Петржак открыли спонтанное деление ядер урана.

## "The Italian Navigator Has Landed in the New World."

This coded message informed U.S. government officials of the success of an experiment that launched the nuclear age on December 2, 1942. Enrico Fermi was the brilliant "Italian navigator" and the top-secret experiment that landed him in the new world was the first controlled, self-sustaining nuclear reaction. Fermi's team of scientists successfully operated CP-1 (Chicago Pile No. 1), the world's first nuclear reactor, at the University of Chicago's Metallurgical Laboratory. To commemorate the 50th anniversary of the birth of the nuclear age, the National Archives-Great Lakes Region presents this selection from its holdings, and other documentation related to this historic event.

*This exhibit was created by the National Archives-Great Lakes Region, part of the National Archives and Records Administration. Documents and artifacts are replicas of the originals. The staff acknowledges the assistance of Argonne Electronics Co., Argonne National Laboratory, Bertoli USA, Inc., Laura and Peter Lombardi, Richard Schneider and the Justin Clark Control Co., and Albert Wasserberg.*



1 ARTIST GARY SHEAHAN'S DEPICTION OF THE SCENE WHEN THE WORLD'S FIRST NUCLEAR REACTOR (CP-1) BECAME SELF-SUSTAINING, DECEMBER 2, 1942.

*(Above and background)  
Courtesy the Chicago Historical Society and the Chicago Tribune.*

### FOUR YEARS LATER —

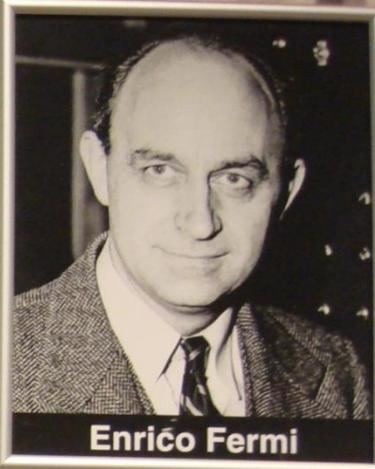
By December 2, 1946, when the wartime need for secrecy had passed, some of the CP-1 scientists posed in front of the University of Chicago's Eckhart Hall. Despite top security during the war, foreign intelligence had guessed some of their identities simply by noting which scientists had ceased publishing in professional journals.

*Courtesy Argonne National Laboratory.*

### 1 CHAZZI BERTOLI

*Original in the custody of Albert Wasserberg,  
Champaign, Illinois.*

After the clicking of the neutron counters had died away, Eugene Wigner opened a bottle of champagne — Italian wine in honor of Fermi — and the scientists drank a silent toast from paper cups. The bottle is broken, leaving their signatures in the only contemporary record of those present at the historic experiment.



**Enrico Fermi**





“Явление радиоактивности —  
наиболее революционная сила  
технического прогресса за все время  
с тех пор, как доисторический  
человек открыл огонь”.

Альберт Эйнштейн

- 1955 г. при Организации Объединенных Наций был образован Научный комитет по действию атомной радиации (UNSCEAR) и по настоящее время являющийся наиболее авторитетным органом, координирующим изучение эффектов ионизирующей радиации на человека и влияния ее на окружающую среду.

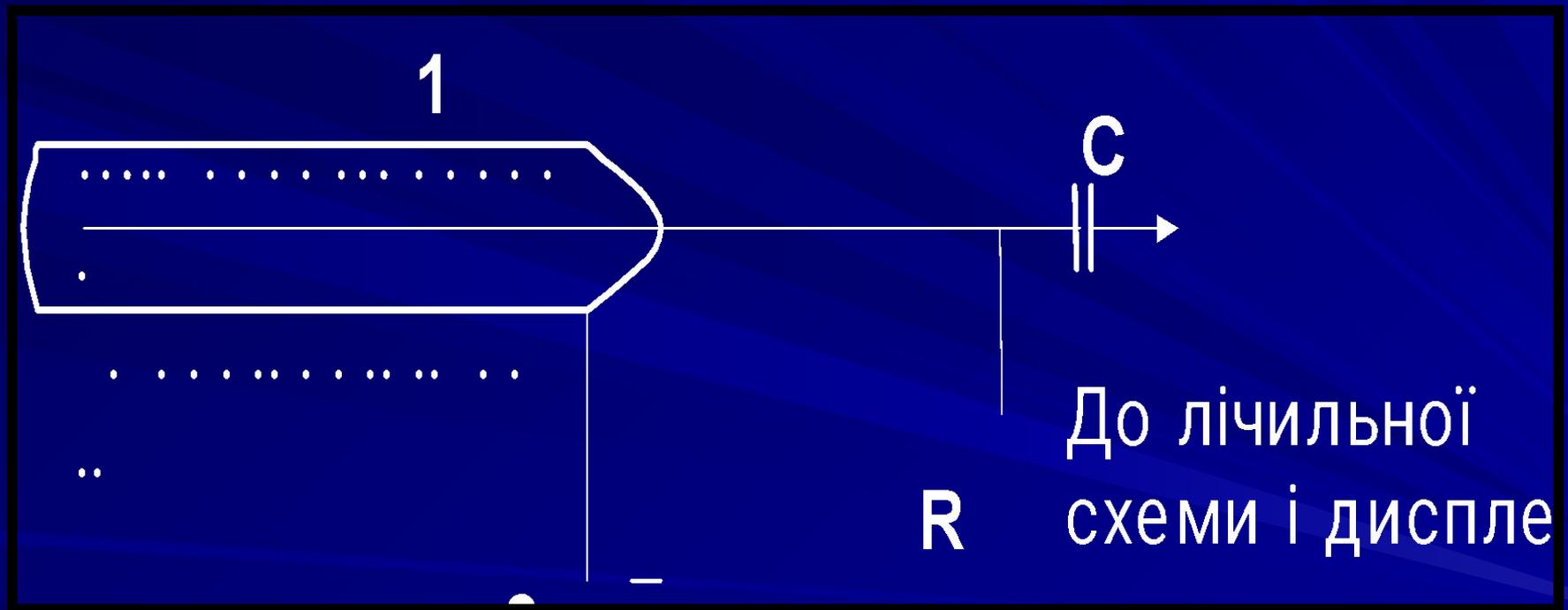
# Источники ионизирующей радиации

- ИР – любой объект, который содержит радиоактивное вещество, а также техническое приспособление, которое создает или при определенных условиях может создавать ионизирующее излучение.
- По своему происхождению ИР делят на естественные и промышленные.

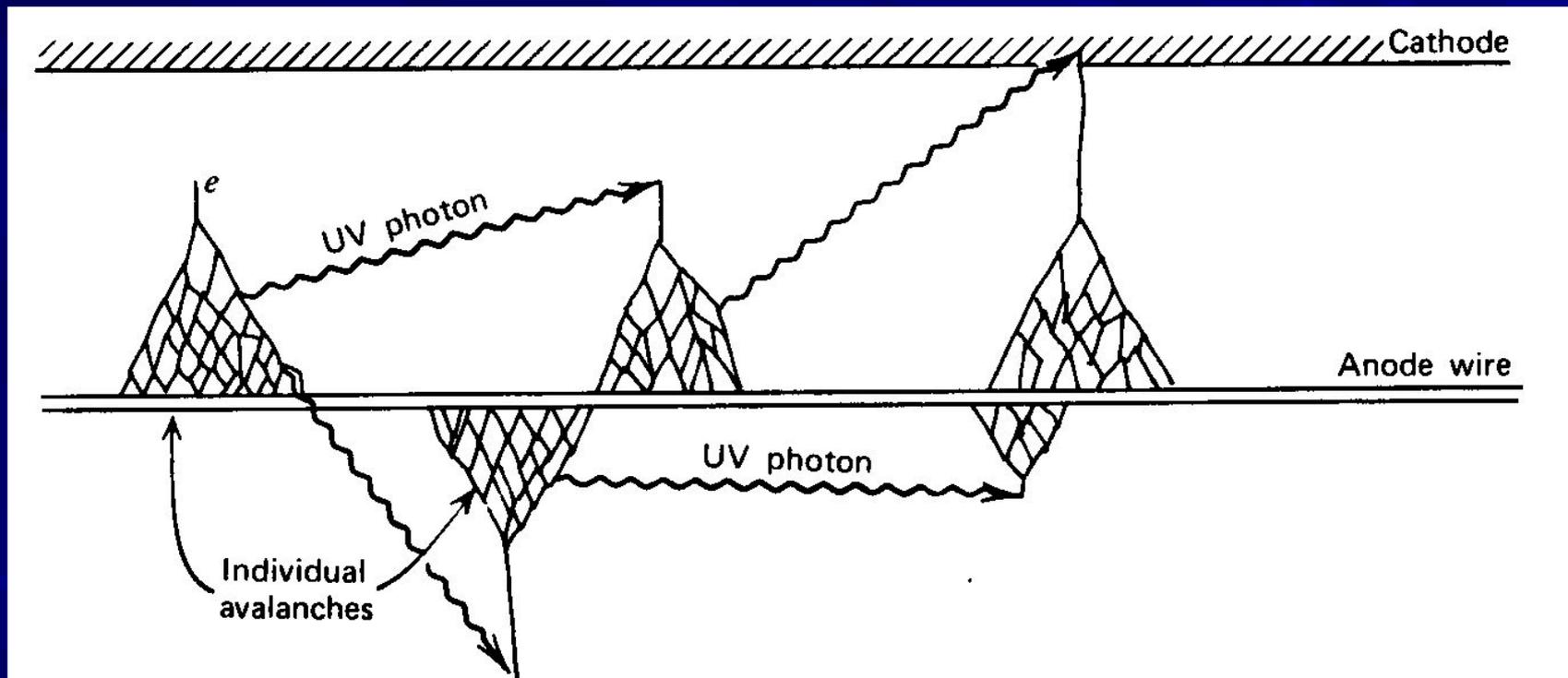
# Типы детекторов

- Ионизационные
- Полупроводниковые
- Сцинтиляционные (люминесцентные)
- Черенковские
- Пленочные (фотопленочные)
- Тепловые
- Химические

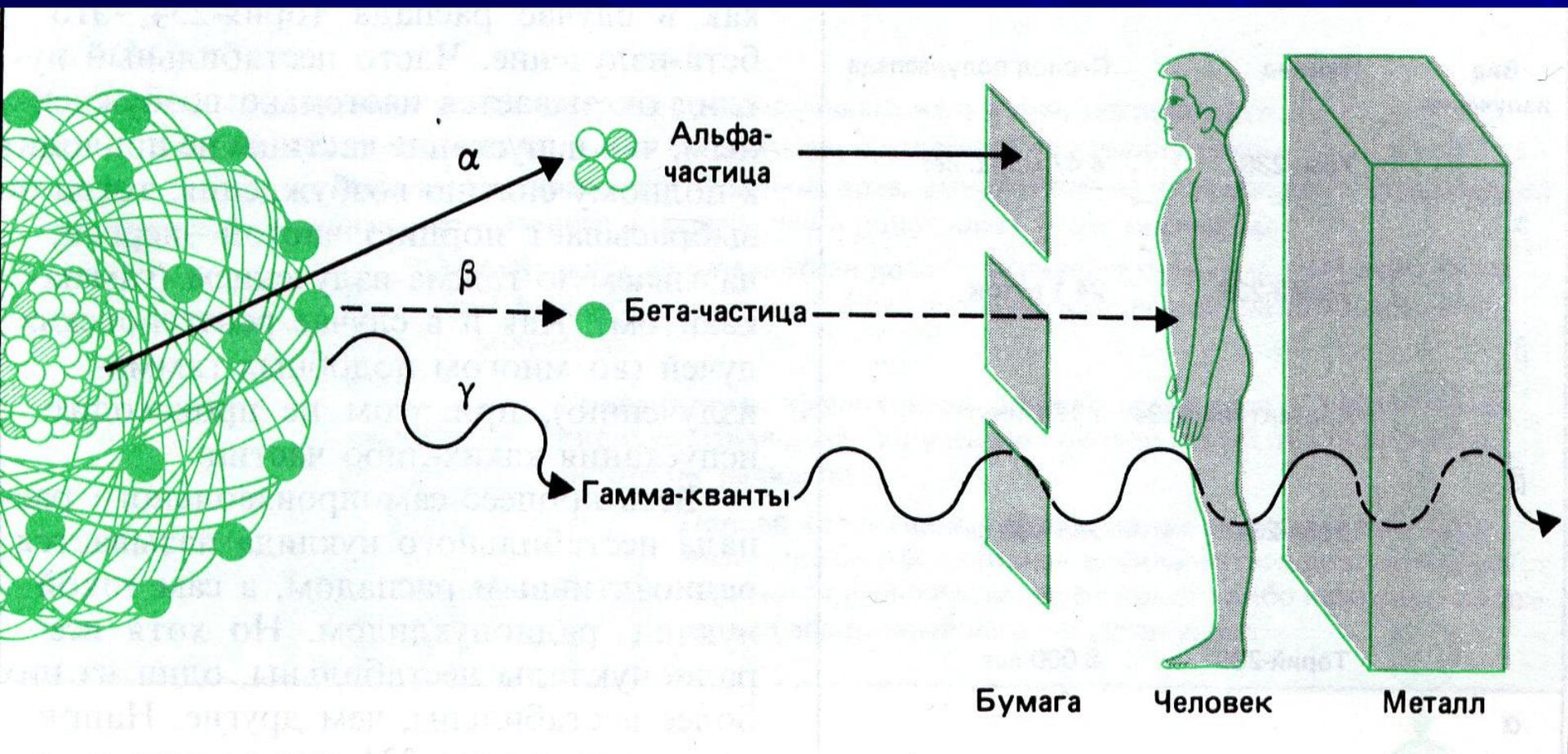
# Принципиальная схема счетчика Гейгера-Мюллера



# Принцип действия счетчика Гейгера-Мюллера



# Корпускулярные и электромагнитные ионизирующие излучения

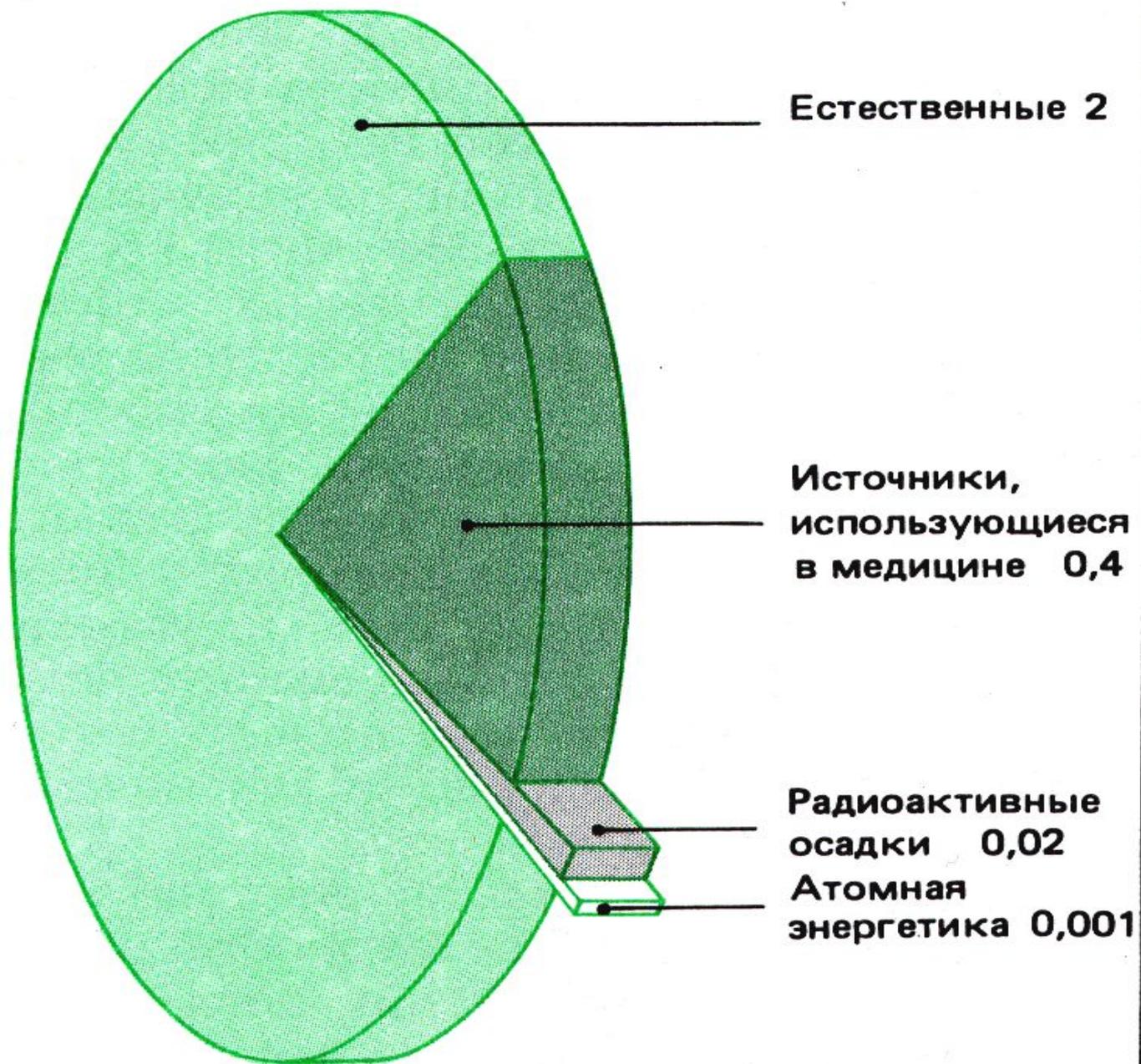


# Естественный радиационный фон (ЕРФ)

- Радионуклиды земного (естественного) происхождения рядов урана-238, урана -235 и тория-232, а также космогенные радионуклиды.
- Космическое излучение, которое делится на первичное и вторичное.

## ЕРФ состоит (в процентах)

- Вследствие ингаляционного поступления в помещениях – **38**
- Внешнее облучение за счет космического – **15**
- Внешнее в помещениях – **14**
- Ингаляционное в помещениях – **9**
- Инкорпорация калия **40 – 9**



Цифры указывают величину дозы в миллизивертах

К 2009 г. доза за счет диагностических обследований выросла до 4 млн. чел.-Зв (3.100 млн. обследований).

В развитых странах ежегодная коллективная доза за счет медицинских процедур впервые превысила дозу от ЕРФ.

Структура медицинского облучения:

рентгенодиагностика	-	4000000 чел.-Зв;
стоматология	-	11000 чел.-Зв;
ядерная медицина	-	202000 чел.-Зв.

# Профессиональное облучение

Доля облучения работников ядерного топливного цикла за последние годы снизилась и составляет **800** чел.-Зв.

Ежегодная коллективная доза облучения медицинских работников выше и равна в настоящее время **3540** чел.-Зв.

Дозы врачей при интервенционно-радиологических процедурах часто приближаются к предельно допустимым

# Начальные этапы развития лучевого поражения

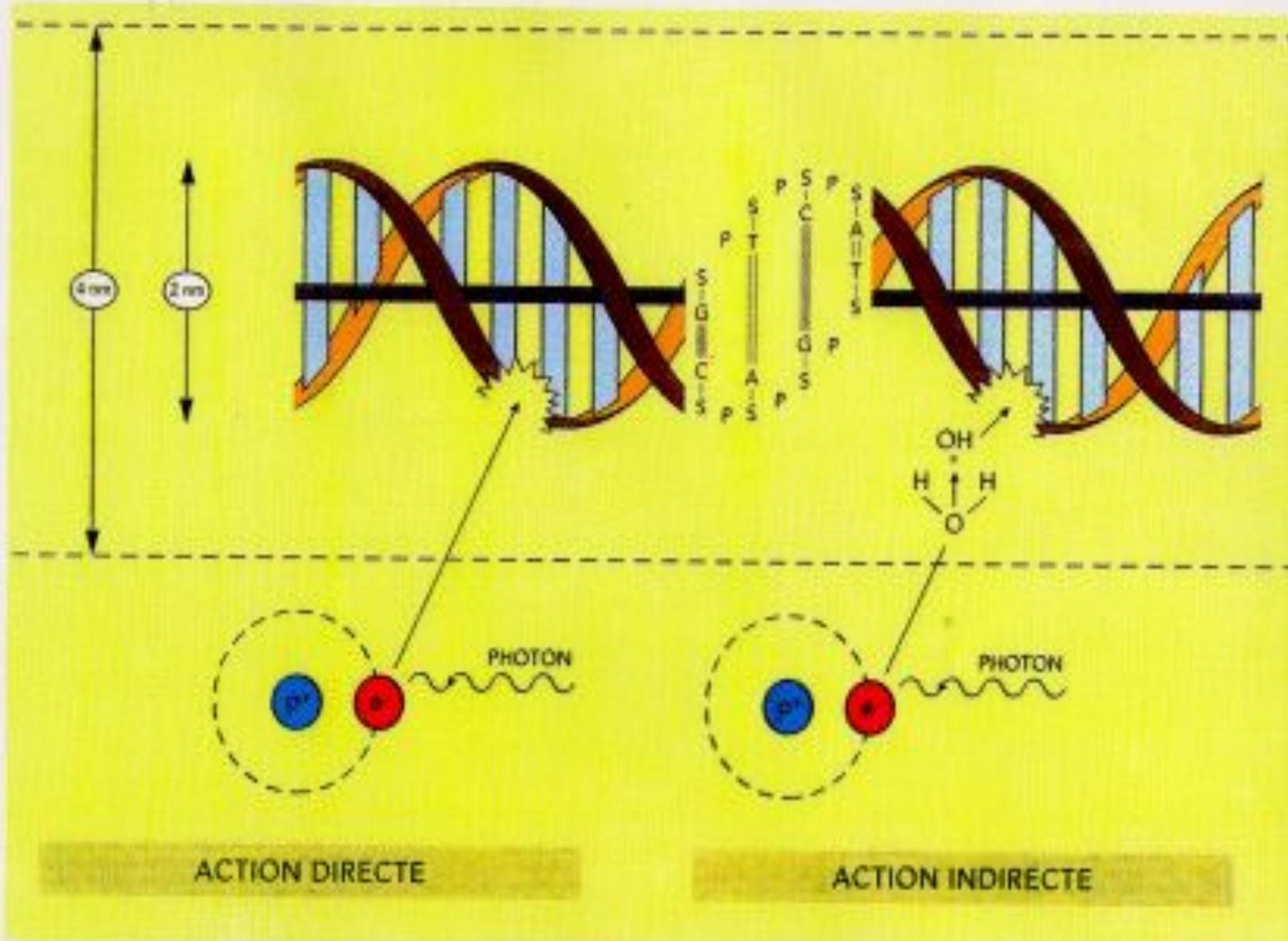
Основное свойство ИИ, обуславливающее его биологическое (в том числе поражающее) действие - способность проникать в различные ткани, клетки и субклеточные структуры, вызывая переход в возбужденное состояние атомов и молекул биосубстрата, вплоть до их ионизации.

В основе первичных радиационно-химических изменений молекул лежат два механизма:

Прямое действие, когда молекула повреждается при непосредственном взаимодействии с облучением.

Непрямое действие, когда молекула получает энергию путем передачи от другой молекулы.

Поражающее действие зависит от проникающей способности, количества поглощенной энергии и ее распределения.



# Особенности биологического действия ионизирующих излучений

Отсутствие химической тропности. ИИ может взаимодействовать с любыми атомами и молекулами.

Мгновенное поглощение энергии ИИ атомами и молекулами.

Обязательная деструкция атомов и молекул после поглощения энергии.

Одномоментность действия на разные структуры организма (клетки, ткани, органы), что обусловлено проникающей способностью ИИ.

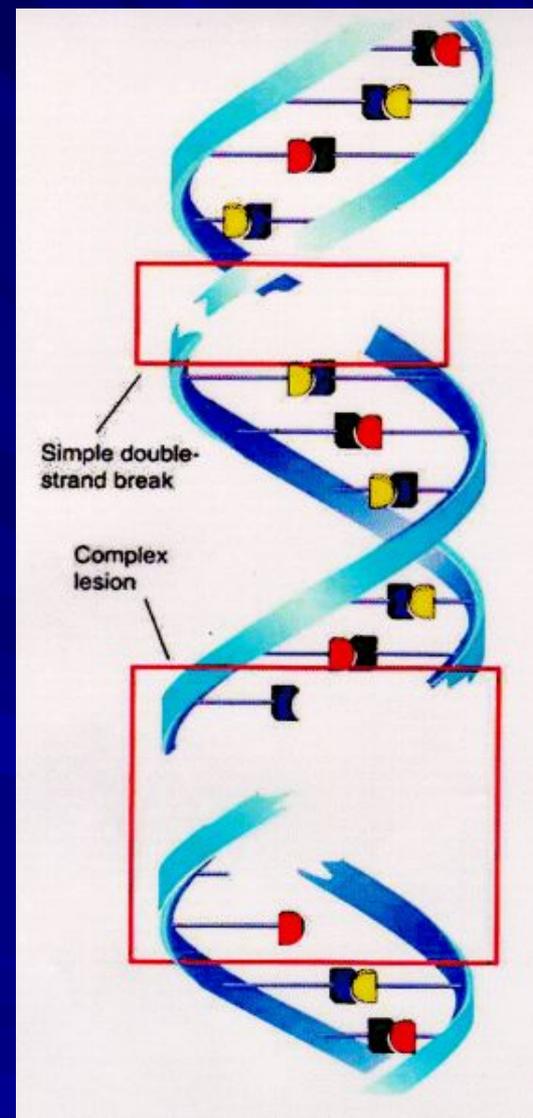
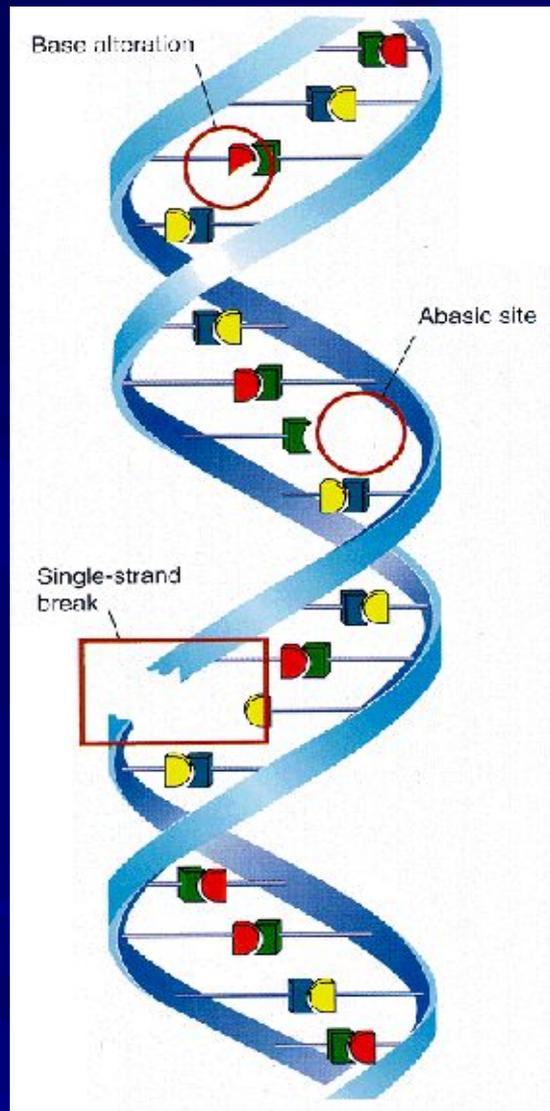
Исключительное несоответствие между крайне низкой величиной поглощенной энергии и чрезвычайно выраженной реакцией биологических объектов на облучение.

# Радиационное повреждение клеток

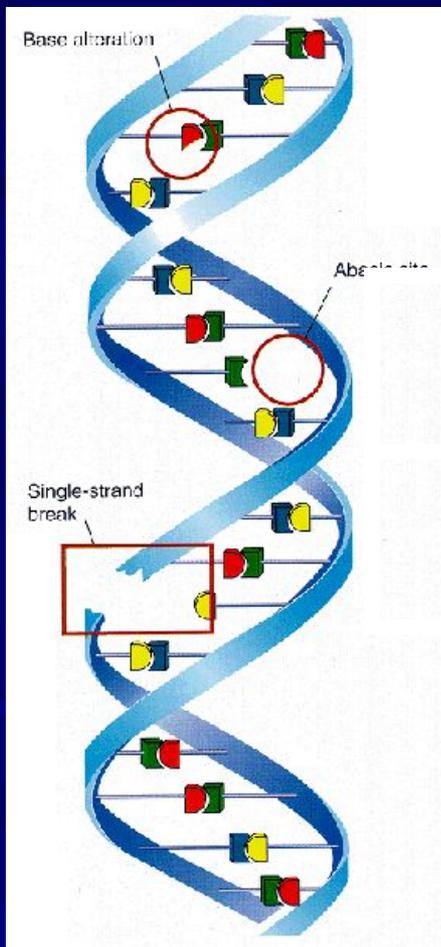
Основной радиобиологический закон распространяется на все клетки.

Наиболее радиочувствительной структурой клетки является ядро.

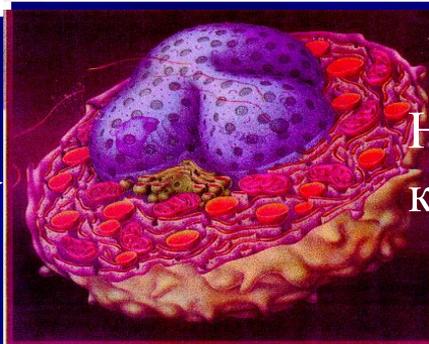
Наибольшая радиочувствительность клетки в фазе митоза, а также в предсинтетическом периоде (G1).



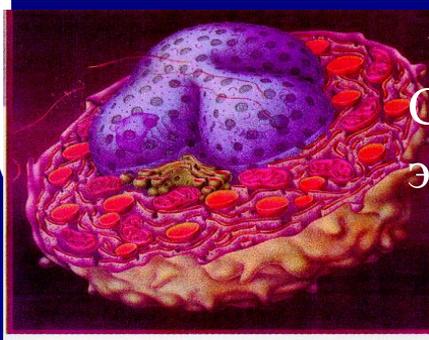
# Последствия облучения клетки



Жизнеспособная клетка



Нежизнеспособная  
клетка



Стохастические  
эффекты?

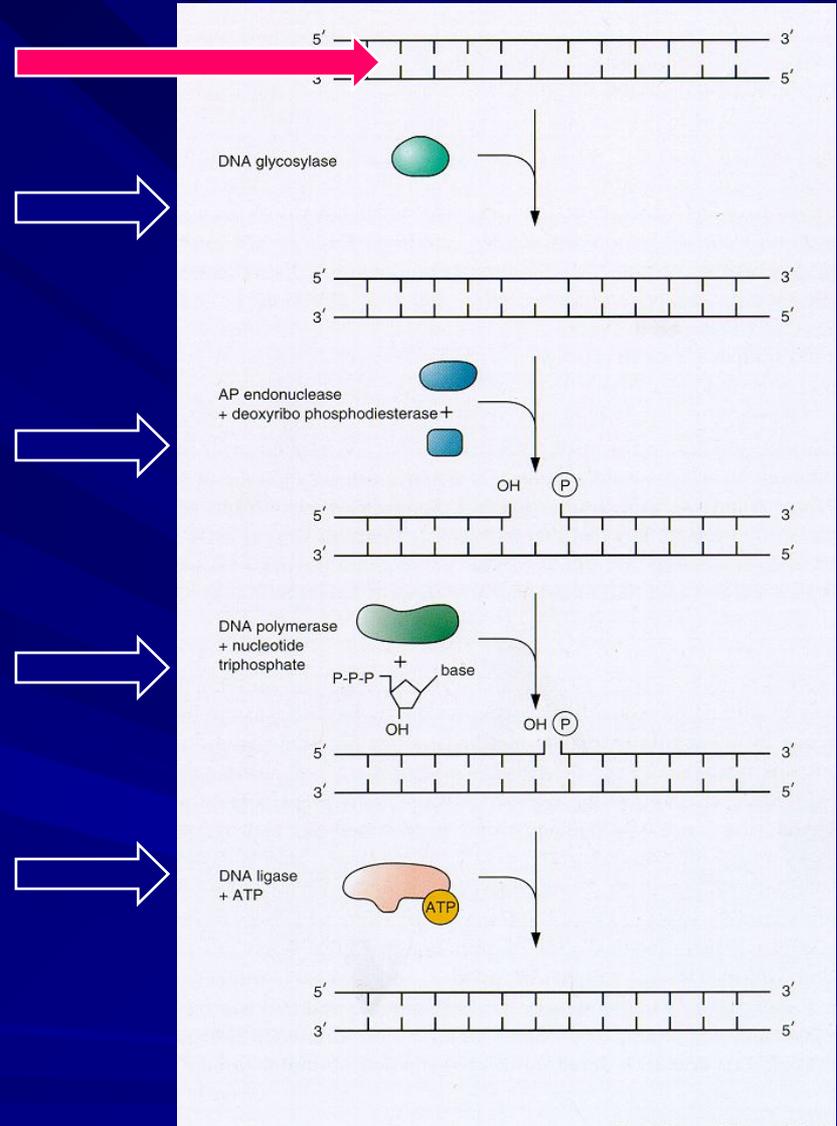
Измененное основание

Энзим гликозилаза обнаруживает нарушение и выделяет поврежденные основания

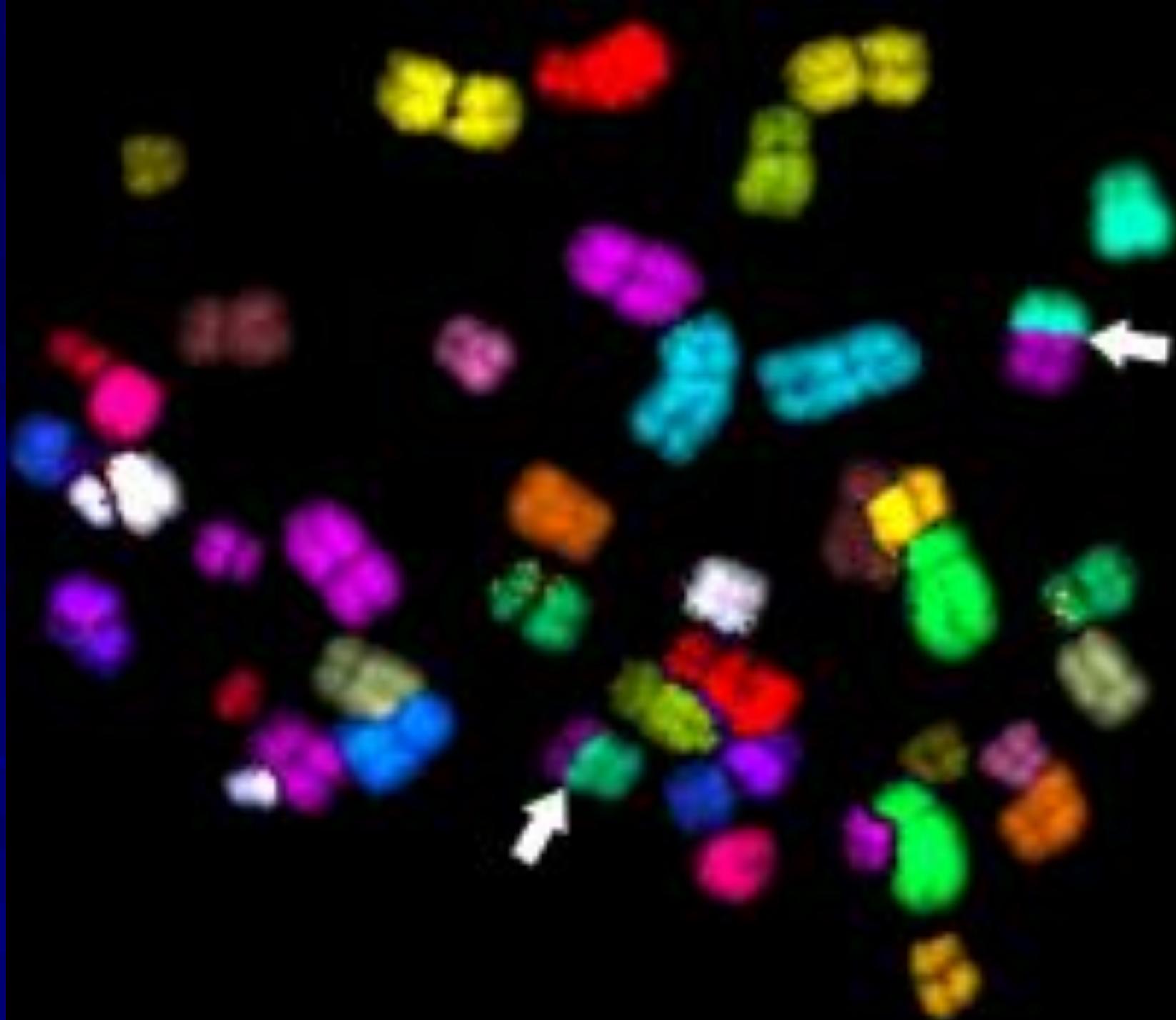
ДНК-полимераза заполняет образовавшуюся брешь, но разрыв остается

ДНК-лигаза сшивает разрыв. Репарация завершена

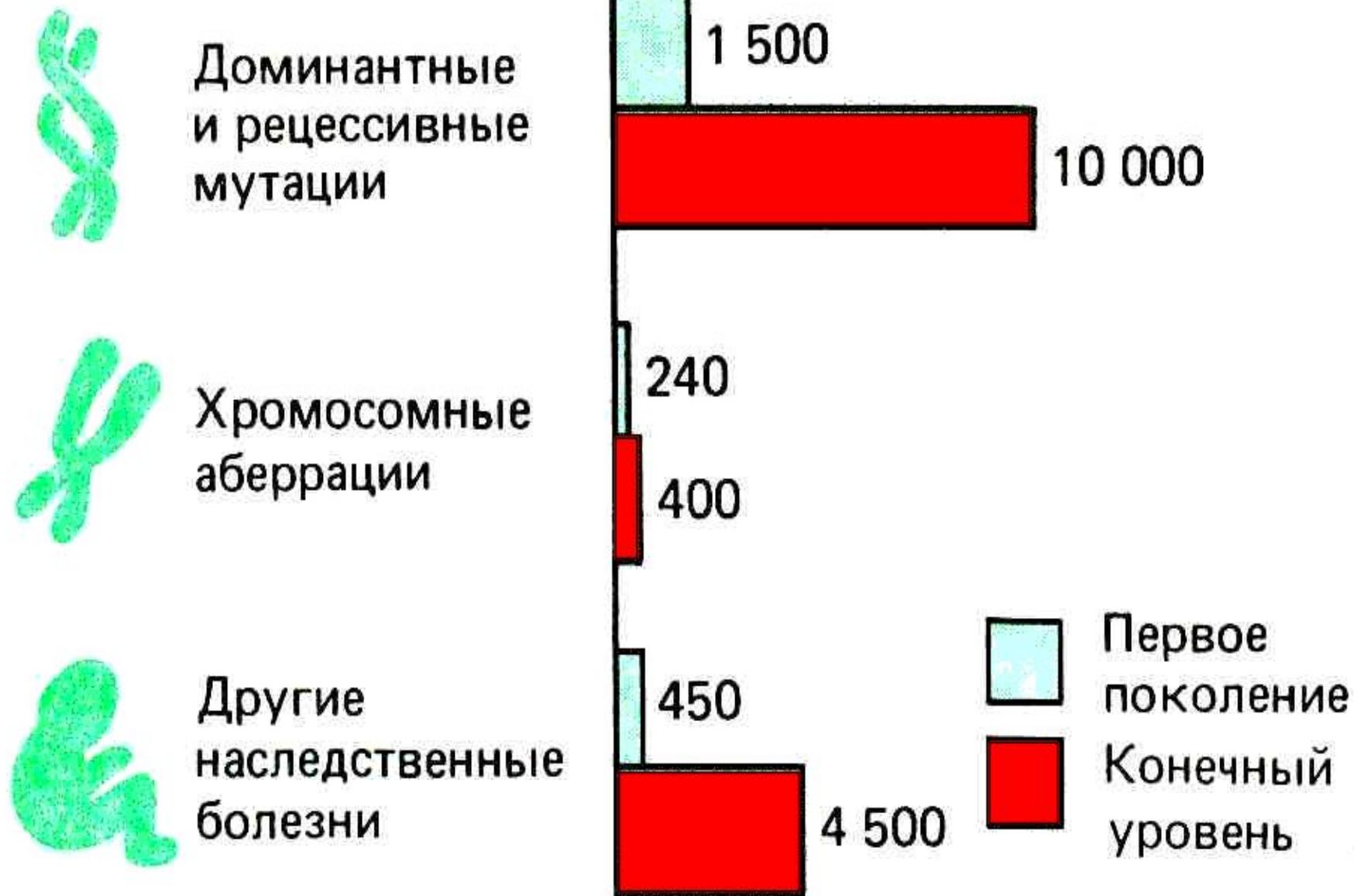
ДНК репарирована без потери генетической информации



Повреждения ДНК, которые наблюдаются после облучения, не являются какими-то уникальными. Они возникают в любых делящихся клетках. Ферментативные системы репарации являются нормальной деятельностью особой системы поддержания генетической стабильности клеток. Для осуществления репарации ДНК требуются те же ферменты и нуклеотиды, что и для протекания репликативного синтеза в делящихся клетках.



Последствия облучения дозой 1 Гр  
родительского поколения  
(на 1 млн рождений)



# Типы радиационных повреждений у млекопитающих

Уровень биологической организации	Наиболее важные радиационные эффекты
Молекулярный	Повреждения макромолекул ферментов, ДНК, РНК и действие на обменные процессы
Субклеточный	Повреждение клеточных мембран, ядер, хромосом, митохондрий и лизосом

Клеточный	Остановка деления и гибель клеток, вероятность канцерогенеза
Тканевой, органнй	Поражение ЦНС, ЖКТ, костного мозга, опухолевая патология
Организменный	Смерть или уменьшение продолжительности жизни
Популяционный	Влияние генных и хромосомных мутаций