

# Лучевая терапия в лечении злокачественных опухолей



*Кафедра*

Радиационной медицины и  
экологии

*Подготовили:* студентки 2 курса  
лечебного факультета 207 группы  
Вазюро А.В. и Бохан Д.А.

*Научный руководитель:* ассистент  
Бондарева Наталья Сергеевна

Белорусский государственный медицинский университет  
Г. Минск 2016

## Актуальность

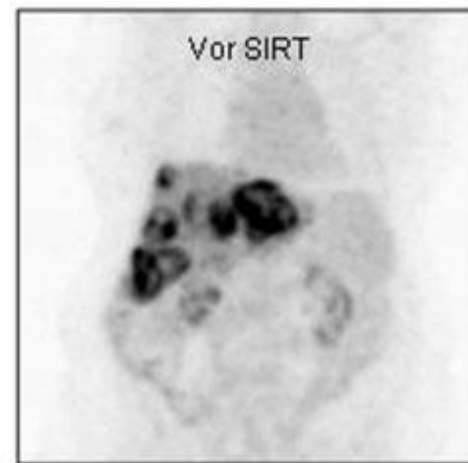
- По данным Всемирной организации здравоохранения, рак входит в **десятку ведущих причин смерти людей** по всему миру.
- В 2008 году на всей планете рак **унес 7,6 миллионов жизней**.
- Это около **13 % всех умерших**.
- Как правило, радиология на каком-либо этапе заболевания требуется около **60% пациентов**.

## Задачи

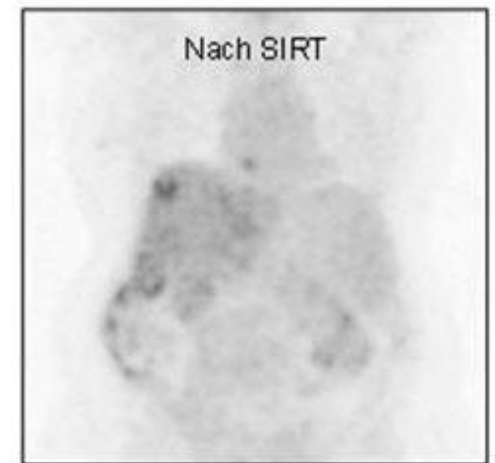
Изучить на теоретической основе разные виды излучений, их физические свойства и оказываемое ими воздействие на злокачественные новообразования, а также основные виды радиотерапии.

## Цель

Исследовать применение лучевой терапии в лечении злокачественных опухолей.



Изображение печени до применения метода радиотерапии



Изображение печени после применения метода радиотерапии

Рис.1- Печень до и после применения лучевой терапии.

# Что такое лучевая терапия?

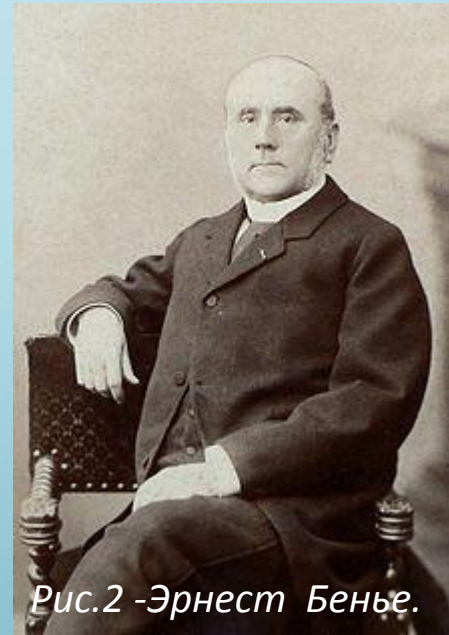
**Лучевая терапия** — лечение ионизирующей радиацией злокачественных образований.

В 1901 французские врачи Э.Бенье и А.Данло применили радиоактивность с лечебной целью.

Было установлено, что наиболее чувствительными к излучению радия, также как к рентгеновским лучам, являются молодые, быстрорастущие и размножающиеся клетки. Это привело к мысли использовать радиоактивные излучения для разрушения злокачественных опухолей, состоящих именно из таких клеток.

**Целью лучевой терапии** является разрушение как можно большего количества раковых клеток, с нанесением минимального вреда окружающим их здоровым тканям.

Лучевая терапия применяется **для лечения практически каждого второго** больного раком.



*Рис.2 -Эрнест Бенье.*



*Рис.3 – Аппарат для проведения лучевой терапии.*

# Некоторые виды излучений, применяемые для лучевой терапии

- **Альфа-излучение** – это поток ядер гелия; задерживается листом бумаги и практически неспособно проникнуть через наружный слой кожи.
- **Бета-излучение** -поток бета-частиц; Отрицательно заряженные бета-частицы являются электронами ( $\beta^-$ ), положительно заряженные — позитронами ( $\beta^+$ ); отличаются меньшей ионизирующей способностью, чем альфа частицы.
- **Гамма-излучение**- вид электромагнитного излучения с чрезвычайно малой длиной волны. Обладает самой большой проникающей способностью.
- **Рентгеновское излучение**- электромагнитные волны с длиной волны от 80 до  $10^{-5}$  нм
- **Нейтронное излучение**- поток нейтронов.

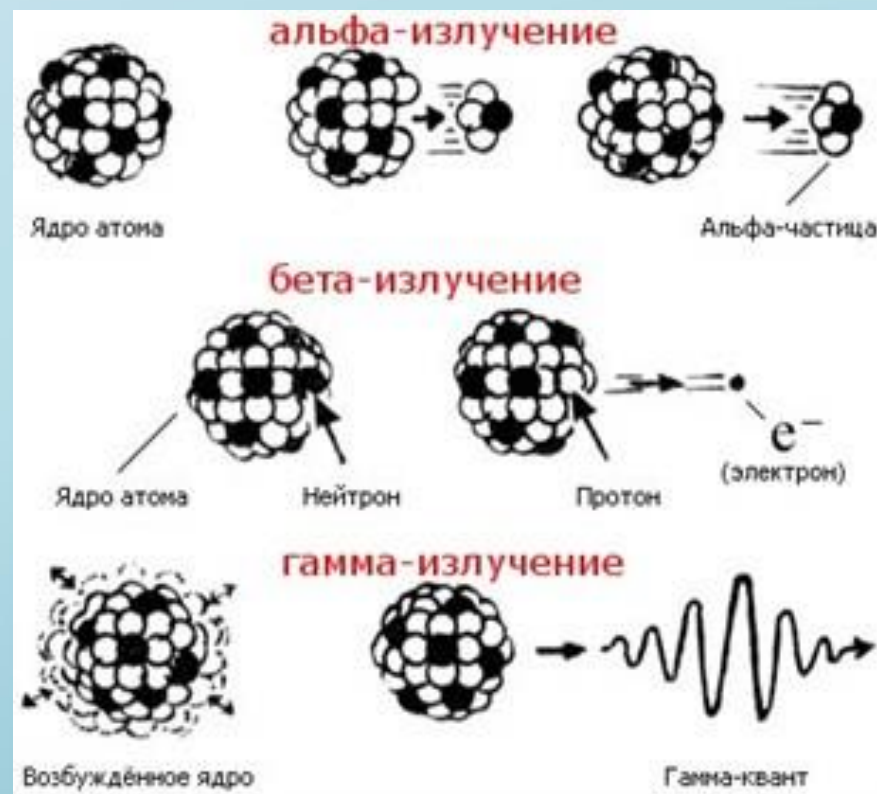


Рис.4 – Виды излучений.



# Глубина проникновения излучения в ткани

Разные виды излучений сопровождаются высвобождением разного количества энергии и обладают проникающей способностью, поэтому они оказывают неодинаковое воздействие на ткани

живого организма.

**Альфа-излучение** обладает малой проникающей способностью; в биотканях пробег  $\alpha$ -частицы редко превышает 10—100 мкм.

**Бета-излучение**-глубина проникновения в мягкие ткани организма 10-15мм.

**Гамма-излучение**-проникающая способность в мягких тканях достигает нескольких метров.

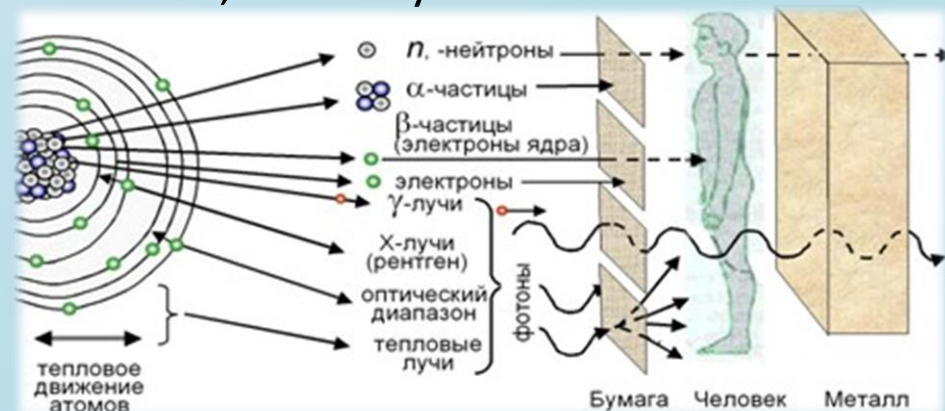


Рис.5- Глубина проникновения излучения.

**Рентгеновское излучение**- глубина проникновения в мягкие ткани организма 10см

Нейтронное излучение имеет максимум ионизирующего эффекта на поверхности облучаемого участка тела.

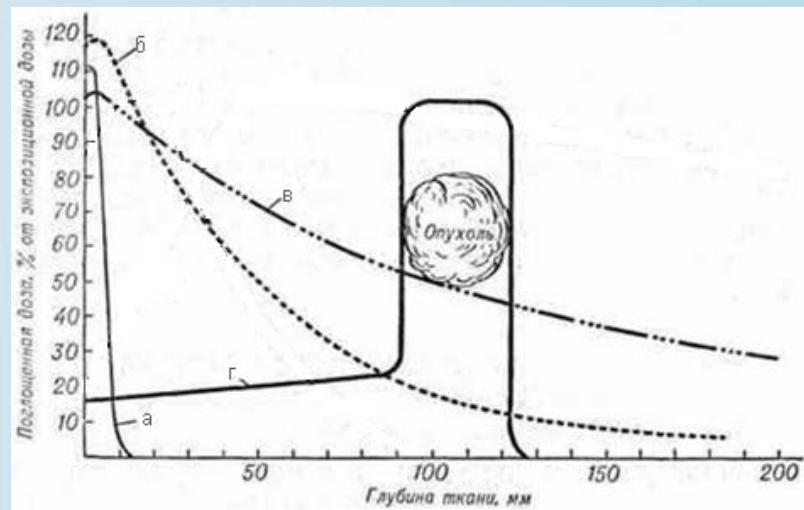
Рис.6-Зависимость относительной величины поглощенной энергии некоторых излучений от глубины проникновения в ткани:

а- рентгеновское излучение , генерируемое при напряжении 30кВ

б-рентгеновское излучение , генерируемое при напряжении 200кВ

в- гамма-излучение

г- протоны с энергией 160МэВ



# Основные виды радиотерапии

При **наружной** ЛТ источник облучения находится на расстоянии около 10см от тела больного и радиация проецируется в зону расположения опухоли. Обычно для проведения наружной радиотерапии используется рентгеновское излучение либо  $\gamma$ -излучение, источником которого является радионуклид  $^{60}_{27}\text{Co}$ , создающий при своем распаде наряду с электронами высокоэнергетический  $\gamma$ -квант. Применяется для лечения рак молочной железы, рака органов головы и шеи, рака легких, рака головного мозга.

**Внутренняя** (брахитерапия) ЛТ проводится с использованием источников радиации находящихся в непосредственном контакте с тканями опухоли. (Предстательной железы, Шейки матки, Прямой кишки, Глаза) Здесь уже источником радиации являются **титановые капсулы** с радиоактивным изотопом внутри. Используется при раке предстательной железы, шейки матки, прямой кишки, глаз.

**Системная** лучевая терапия включает облучение всего организма и обычно используется в случае опухолевых заболеваний крови.

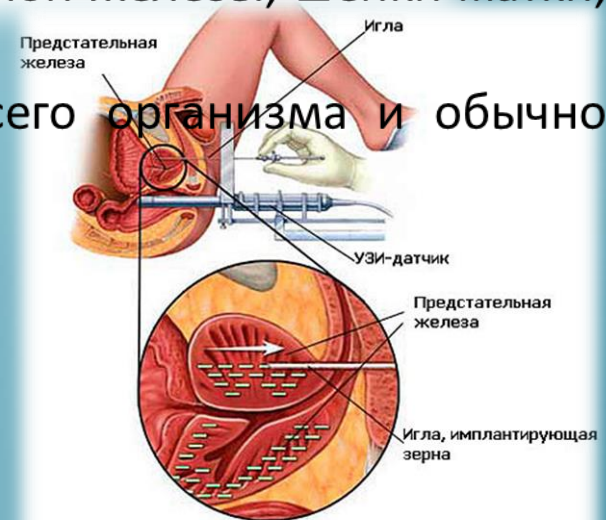
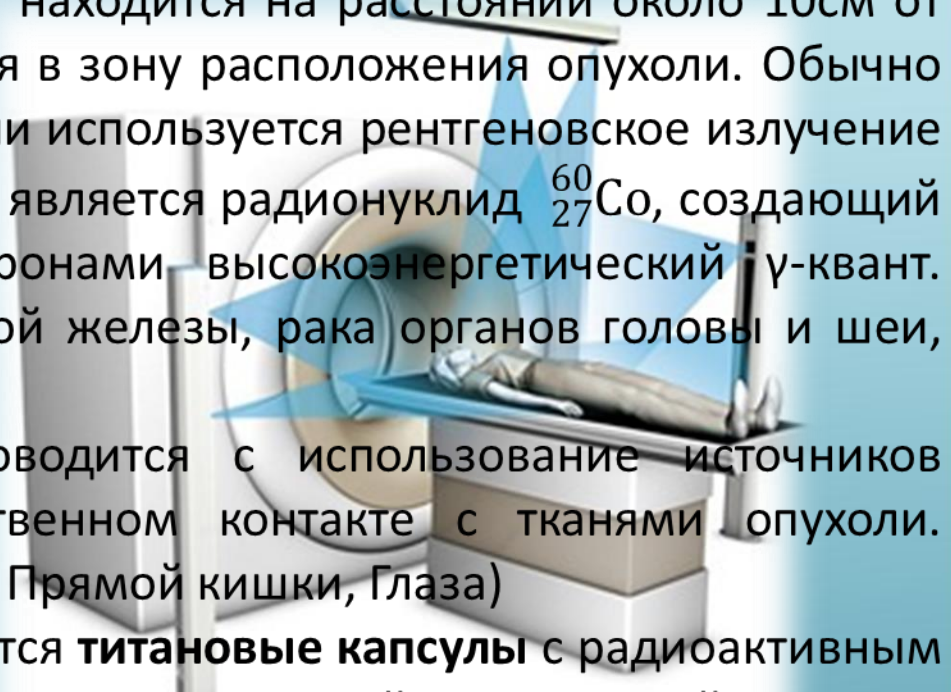


Рис.7- Брахитерапия.



# Брахитерапия

**Брахитерапия** - это наиболее щадящий на сегодняшний день способ, применяемый на первой, второй, а иногда и на третьей стадиях заболевания.

Процедура брахитерапии является одноразовой и проводится в два этапа. **На первом этапе** происходят определение объема простаты и получение информации для расчета количества и положения радиоактивных зерен.



*Рис.8- Брахитерапия.*



*Рис.9- Радиоактивные зерна.*

При этом используется ультразвуковой аппарат с трансректальным датчиком. **Главная цель** — достижение равномерной дозы радиации в предстательной железе.



*Рис.10- Вживление радиоактивных зерен.*

На **втором этапе** источники радиоактивного излучения (**-титановые капсулы** с радиоактивным изотопом внутри. Их размеры 4,5мм x 0,8мм и с толщиной стенки 0,05мм), содержащих йод-125 и фиксированных на нити, вводятся закрытым способом в простату с помощью специальных игл. Обычно их бывает 60-90 в зависимости от объема предстательной железы.

Уролог заранее определяет этот объем и размер опухоли. Исходя из его расчетов медицинский физик устанавливает, сколько необходимо микроисточников и где их лучше расположить в пораженном органе, чтобы добиться его равномерного облучения.

Процедура имплантации проводится в операционной под общим наркозом и длится чуть более часа. После удаления игл зерна остаются в простате и обеспечивают нужный уровень радиоактивного излучения в течение нескольких недель и месяцев.



Рис.11- Титановые капсулы.





## Для брахитерапии используется радионуклид йода, $^{125}\text{I}$ .

$^{125}\text{I}$  распадается путем электронного захвата, в результате которого йод превращается в теллур с выделением  $\gamma$ -кванта энергией 27 – 35 кэВ. Период полураспада  $^{125}\text{I}$  составляет 60,1 суток. Поглощенная мощность дозы в воздухе на расстоянии 1 м от одного источника активностью 1 МБк равна 0,035 мкГр/ч. Активность, содержащаяся в одной капсуле размером 0,8 x 4,5 мм, лежит в диапазоне от  $0,7 \cdot 10^7$  до  $3 \cdot 10^7$  Бк (от 0,2 до 0,8 мКи); мощность поглощенной дозы в воздухе на расстоянии 1 м от одного источника составляет от 0,1 до 8 мкГр/ч.



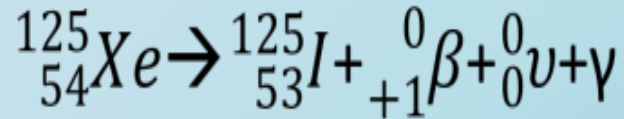
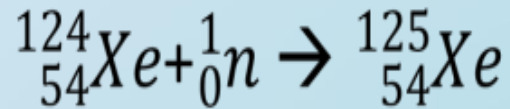
Слой половинного ослабления излучения равен 0,025 мм свинца, а мягких тканей организма — 2 см. Излучение от источника, введенного в предстательную железу, ослабляется примерно в 6-8 раз.



В качестве источника радиоактивного излучения может быть использован и **изотоп цезия-131**, который существенно эффективнее йода-125. Его период полураспада равен 9,7 суток, тогда как у  $\text{I-125}$  – 60,1 суток. При этом 90% дозы в опухоли  $\text{Cs-131}$  обеспечивает за 30 дней, тогда как  $\text{I-125}$  - за 6 месяцев.

Скорость репопуляции раковых клеток простаты 1,5% в день, т.е. увеличение их количества в два раза происходит за 67 дней. Таким образом скорость уничтожения раковых клеток при использовании  $\text{Cs-131}$  существенно выше скорости их репопуляции, что практически не оставляет шанса на их выживание в отличие от  $\text{I-125}$ .

# Характеристика радионуклида $^{125}\text{I}$



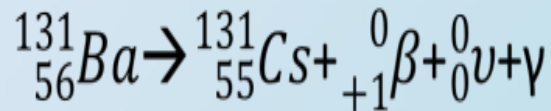
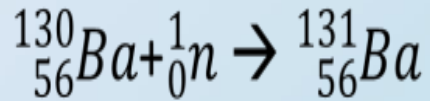
*1.нейтронная активация радионуклида с образованием изотопа*

*2.позитронный распад с образованием изотопа йода-125, позитрона, нейтрино и  $\gamma$ -кванта*

- Период полураспада 60.1 сутки
- Энергия  $\gamma$ -кванта 27-35 кэВ
- Капсула в организме находится 2,5 часов
- Поглощенная доза при лечении (РПЖ) 145-160 Гр

Брахитерапия микроисточниками  $\text{I} -125$  сопоставима по эффективности с радикальной простатэктомией и дистанционной лучевой терапией.

## Характеристика радионуклида $^{131}\text{Cs}$

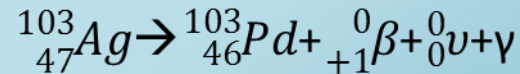
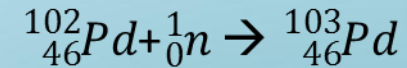
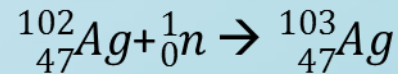


- Период полураспада 9,7 дней
- Фотонная энергия 30,4 кэВ
- Капсула в организме находится 20 мин
- Поглощенная доза при лечении (РПЖ) 90-100 Гр

Оставшийся в организме йод-125 является источником излучения еще два года, цезий-131 — около двух месяцев, палладий-103 — около трех с половиной месяцев.

Причина, по которой изотоп цезия-131 считается потенциально очень важным для брахитерапии — это то, что изотоп цезия-131 имеет малый период полураспада, а значит обладает более высокой активностью по сравнению с изотопами йода-125 и палладия-103.

## Характеристика источника Pd-103



- Период полураспада 17 дней
- Фотонная энергия 20,8 кэВ
- Поглощенная доза при лечении (РПЖ) 110-115 Гр



# Биологическое действие излучения

Высокая чувствительность клеток злокачественных опухолей к излучению обусловлена неспособностью к такому же эффективному восстановлению повреждений, как здоровые клетки. Различают *прямое* и *косвенное* воздействие

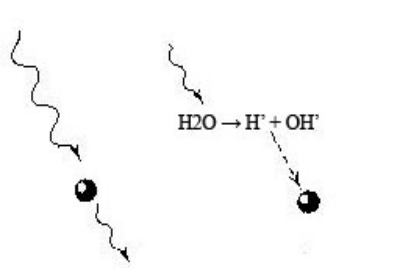


Рис.12- Раковая клетка.

*косвенное* воздействие

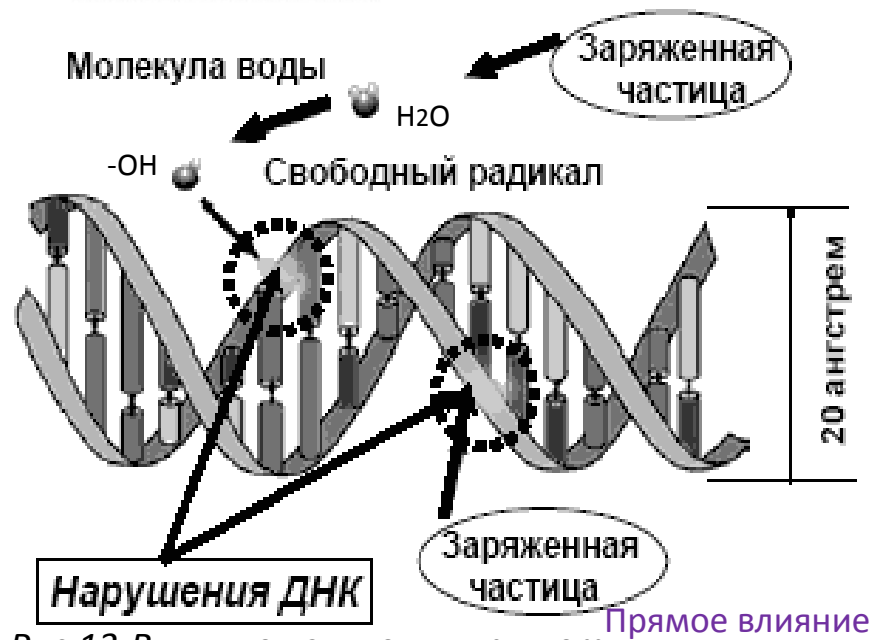
ионизирующего излучения на клетку. При прямом воздействии происходит непосредственное разрушение биомолекул. При косвенном - создание реакционно активных

форм кислорода, приводящих к окислительному стрессу в клетке. Главная внутриклеточная мишень ионизирующего излучения - ДНК. Под действием излучения образуются свободные радикалы (в частности, кислородные радикалы), которые активируют эндонуклеазу, фрагментируют ДНК и нарушают целостности клеточных мембран. Все это приводит к гибели как опухолевых, так и нормальных клеток.



Прямое и косвенное воздействие ионизирующего излучения на клетку

*Косвенное* влияние



*Прямое* влияние

Рис.13-Влияние излучения на клетку.

# Основные минусы ЛТ

- 1) Вместе с раковыми клетками повреждаются и здоровые клетки.
- 2) Потеря эффективности ЛТ при повторных облучениях из-за повышение резистентности раковых клеток .

Медики заметили, что *со временем* лечение курсами химиотерапии *теряет эффективность*, особенно при повторном заболевании пациентов.

Это объясняется тем, что в ходе химиотерапии в здоровых клетках, окружающих опухоль, начинает вырабатываться особый протеин, который раковые клетки используют для собственной защиты.

Сейчас изучается этот побочный эффект, чтобы впоследствии заблокировать защитный механизм опухоли.

"Оказалось, что здоровые клетки вокруг опухоли могут помогать раковым клеткам, поставляя им необходимые вещества".

Применение химиотерапии при лечении раковых заболеваний может быть пересмотрено в случае, если этот двойной эффект будет подтвержден.

Примерно **90%** пациентов с раковыми заболеваниями груди, простаты, легких и кишечника, которые переходят в форму метастаз, развивают резистентность к химиотерапии.

В связи с высокой токсичностью курсы химиотерапии обычно назначаются с интервалами. Однако именно это позволяет раковым клеткам развить резистентность.

## Результаты:

1. Наиболее перспективным видом ЛТ является внутренняя лучевая терапия, поскольку микроисточники радиоактивного излучения доставляются непосредственно в опухоль и концентрация излучения внутри опухоли в 2-3 раза выше, чем при дистанционной лучевой терапии, где используются более низкие дозы из-за опасения повредить здоровые ткани.
2. Наиболее перспективным источником излучения для брахитерапии является изотоп цезия-131. Его период полураспада равен 9,7 суток, тогда как у I-125 – 60 суток. При этом 90% дозы в опухоли Cs-131 обеспечивает за 30 дней, тогда как I-125 - за 6 месяцев.

## Выводы:

Лучевая терапия является наиболее эффективным средством при лечении злокачественных новообразований, так как целью лучевой терапии является разрушение как можно большего количества раковых клеток, с нанесением минимального вреда окружающим их здоровым тканям.





**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**