

«Медицинское облучение» - роль и место в практике радиационной безопасности

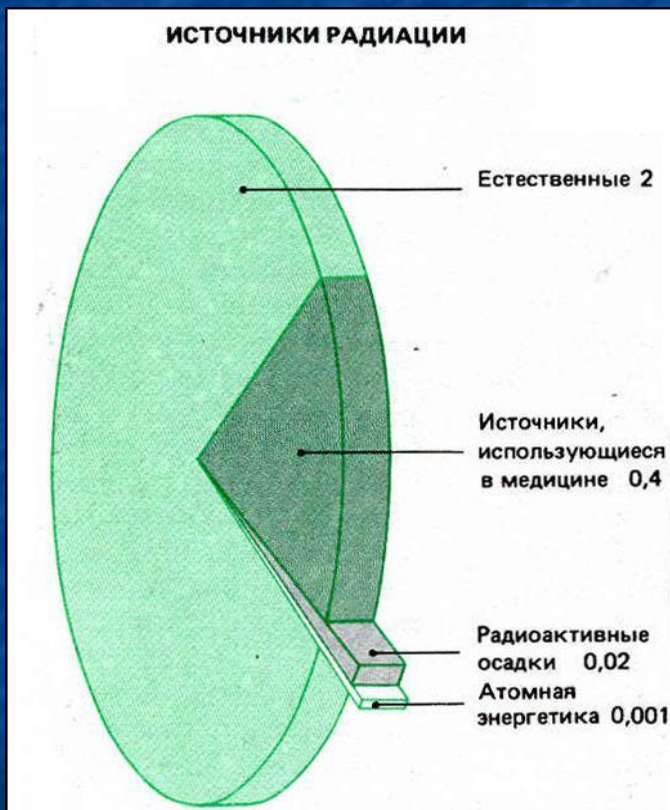
Лекция для врачей циклов ТУ

**"Радиационная безопасность при эксплуатации
радиационных источников в медицинских учреждениях"
и «Радиационная медицина: схема действий в условиях
радиационной аварии»**

Источники радиации:

- ✓ Природные
- ✓ Техногенные
- ✓ Антропогенные

Облучение населения земного шара (среднегодовые эффективные эквивалентные дозы, мЗв) НКДАР, 2000



- Основную часть облучения население земли получает от естественных источников – 2 мЗв
- Доза от источников, используемых в медицине составляет 0,4 мЗв
- Итого – 2,5 мЗв

Природный радиационный фон

суммарное облучение от 1 до 10 мЗв в год



Космос - 0.32 мЗв

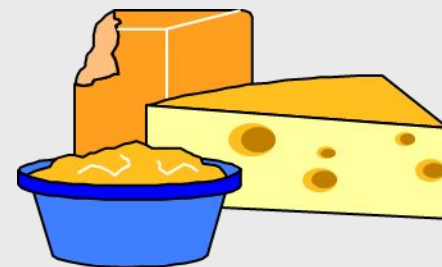


Земля - 0.3 мЗв



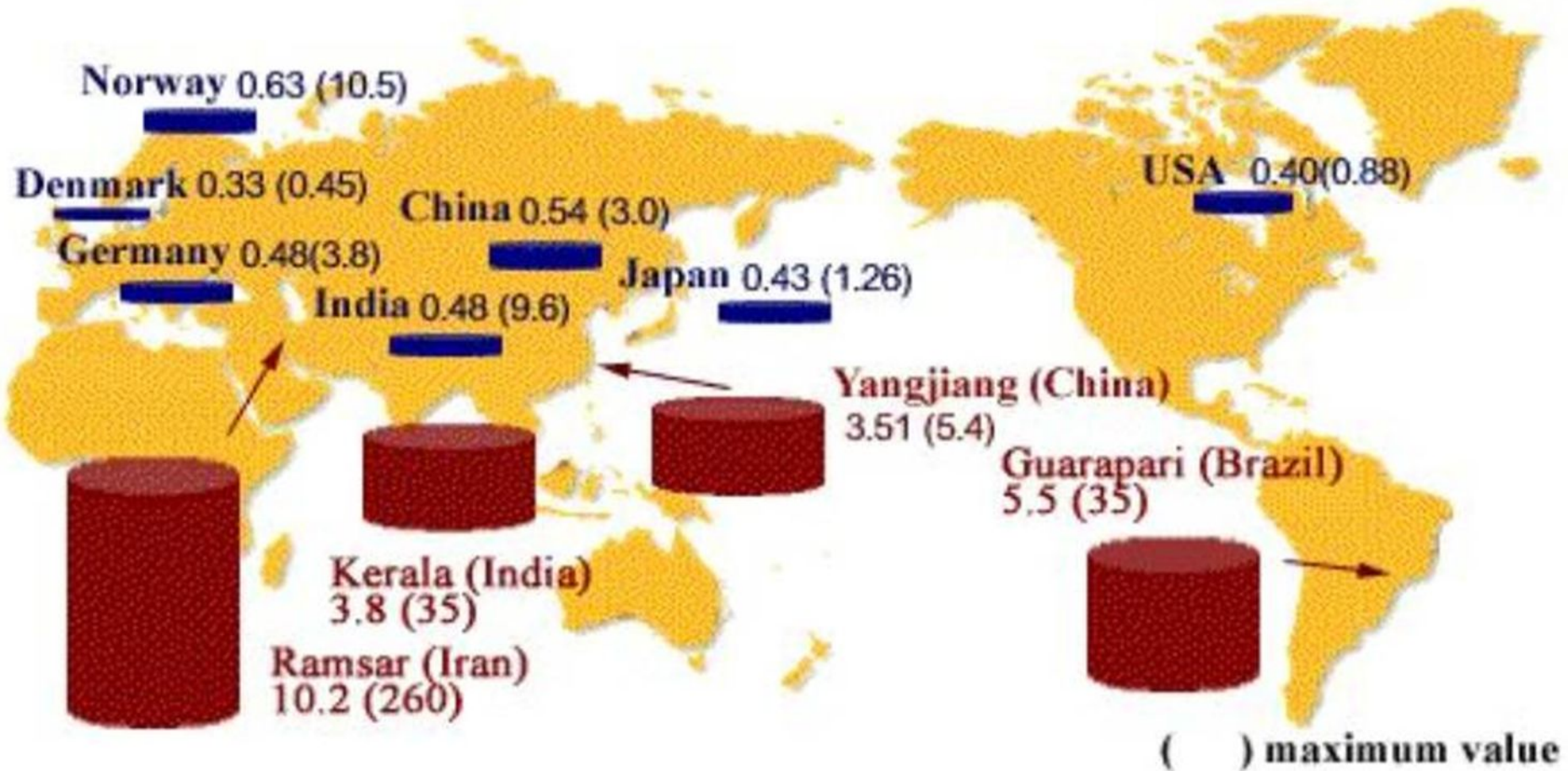
Air

Радон - 2 мЗв



Пицца - 0.4 мЗв

Территории с высоким уровнем фона (дозы в мЗв)

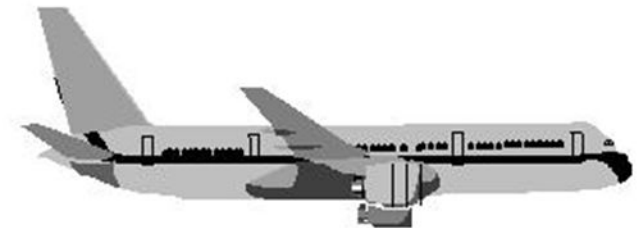


Источники, созданные человеком

Облучение в среднем около 0,6 мЗв в год



Медицинское:
0.5 мЗв



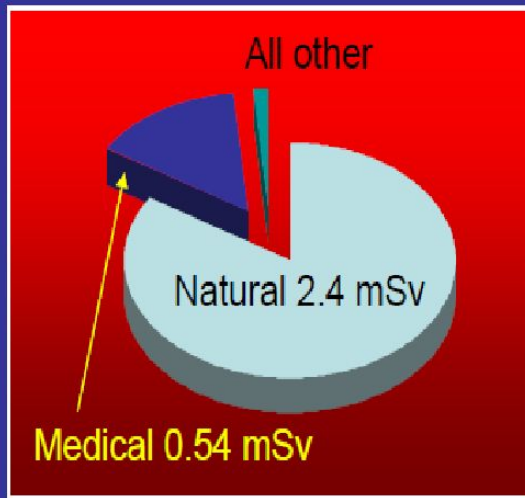
0,05 мЗв за полет
длиной 5,000 км



АЭС: выбросы и сбросы
< 0,05 мЗв

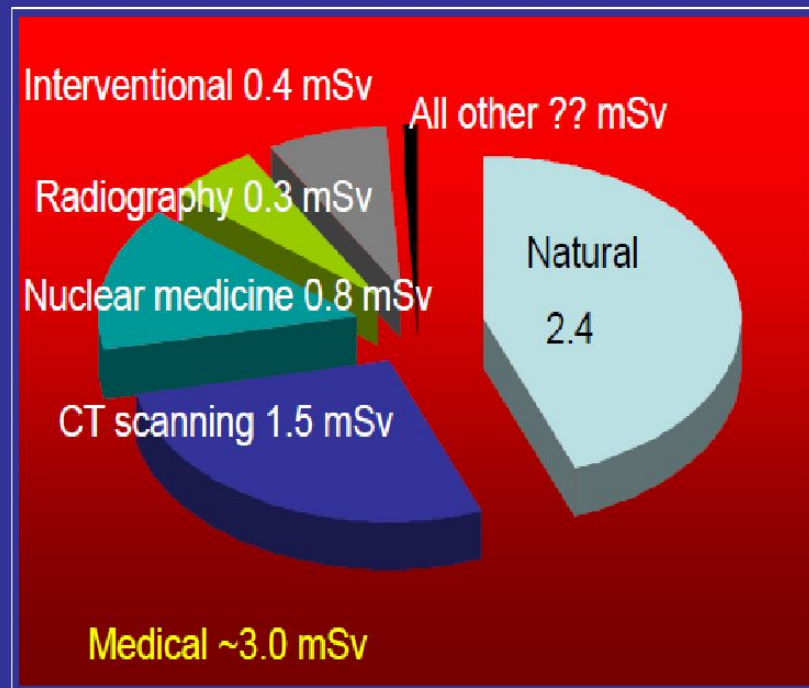
Изменения уровней медицинского облучения в США (Ф. Меттлер, 2014)

U.S. 1980



Total 3.0 mSv per capita

U.S. 2006



Total ~ 5.4

Структура годовой эффективной дозы (мЗв/чел) населения 2-х областей РФ, 2001г

Области РФ	Техногенный фон	Природный фон	Медицинское облучение	ВСЕГО
Брянская	0,145	2,480	0,490	3,780
Ленинградская	0,015	2,540	0,750	3,320

Медицинское облучение

- - облучение, которому подвергаются пациенты при проведении медицинской диагностики и лечения;
- - облучение, которому подвергаются практически здоровые лица при проведении медицинских профилактических рентгенологических исследований и в медико-биологических исследованиях;
- - облучение лиц, проходящих медицинские обследования в связи с профессиональной деятельностью или в рамках медико-юридических процедур;
- - облучение, которому добровольно подвергаются лица, оказывающие помощь и осуществляющие уход за пациентами, кроме профессионального облучения медицинских работников.

Медицинская радиология

- Ядерная медицина (радионуклидная диагностика и терапия с помощью открытых источников ИИ)
 - Диагностика *in vivo* и *in vitro*
 - Лучевая терапия
 - 📁 Дистанционная (терапия с помощью высоких энергий)
 - 📁 Контактная (внутриполостная и внутритканевая)
 - 📁 Радионуклидная
 - Лучевая диагностика
 - 📁 Диагностика с применением источников ИИ (рентгенодиагностика)
 - 📁 Нерадиационные методы (УЗИ, МРТ и др.)

Источники медицинского облучения

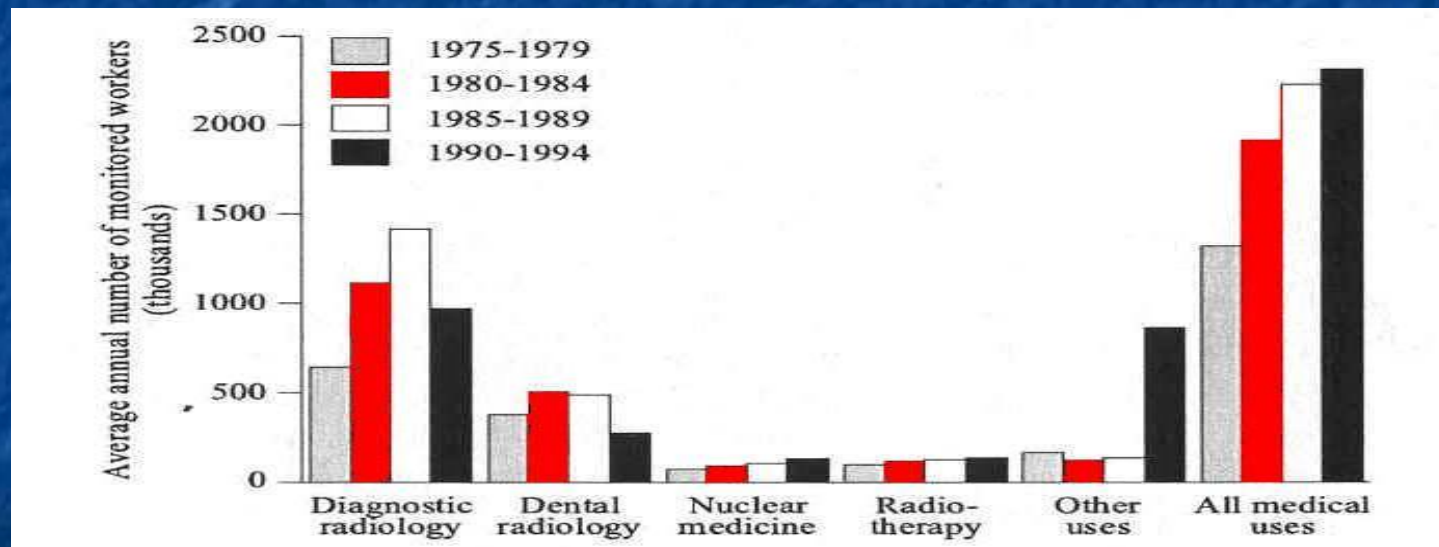
- Открытые радионуклидные источники
(Опасны как в отношении как внешнего, так и внутреннего облучения)
- Закрытые радионуклидные источники
(Опасны в отношении внешнего облучения)
- Устройства, генерирующие излучения
(представляют опасность только в отношении внешнего облучения)

Эффективные дозы ИИ при медицинском облучении

- Диагностическое использование ИИ (на процедуру):
 - Флюороскопия 0,9 - 1,14 мЗв
 - Рентгенография 0,2 – 6,4 мЗв
 - Маммография 0,5 – 1,6 мЗв
 - Урография 2,0 – 4,5 мЗв
 - КТ головы 0,3 – 0,5 мЗв
 - КТ тела 5,2 – 6,2 мЗв
 - Ангиография 5,6 – 180 мЗв
 - Интервенционная радиология 14 - 200 мЗв
 - Терапевтическое использование ИИ (на курс лечения):
 - Телетерапия – 40 – 70 Гр
 - Брахитерапия 25 – 50 Гр (дозы на опухоль)
 - Радионуклидная терапия
Йод -131 и фосфор-32 дозы радиации «адресованы» клеточным структурам и составляют «на орган» порядка 1 – 4 Зв
- Обсуждаемые в этом контексте «коллективные эквивалентные дозы» значительно варьируют.

Облучение персонала при использовании ИИ в медицине *(по данным НКДАР ООН, 2003)*

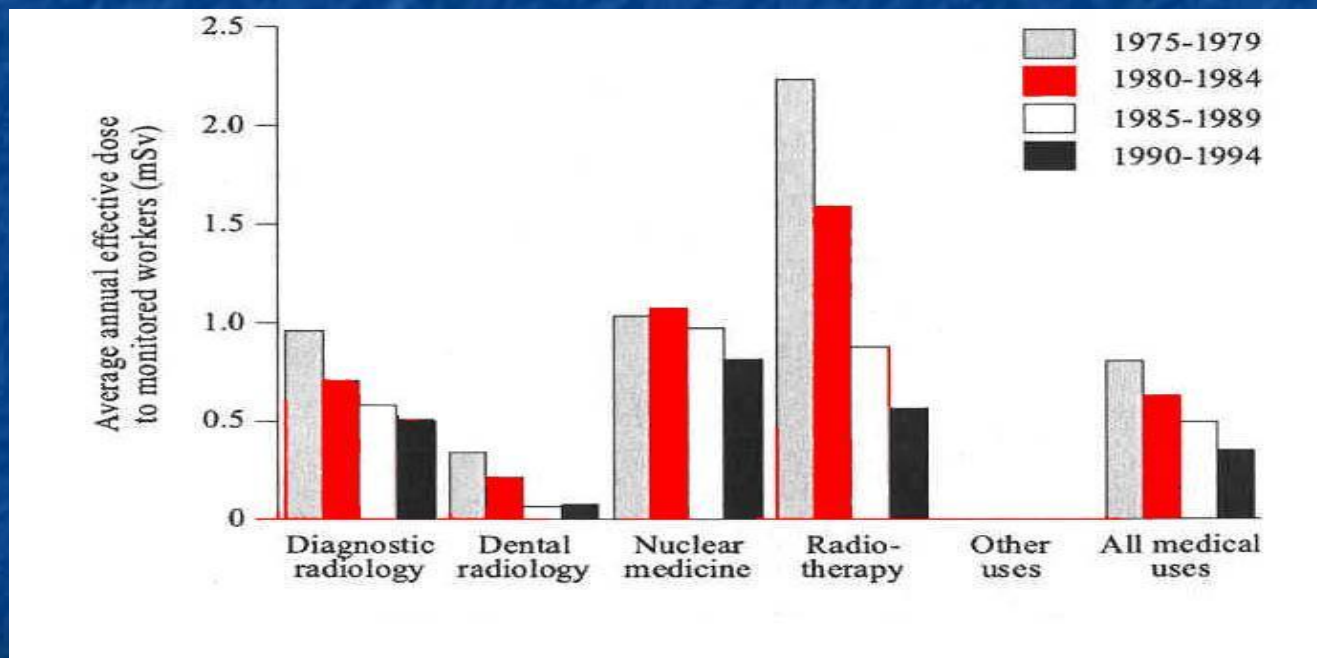
Изменение во времени числа работников под дозиметрическим контролем за 20 лет



Облучение медперсонала –

(данные НКДАР ООН, 2003)

- средняя годовая эффективная доза, мЗв



Снижение уровней облучения персонала рентгенодиагностических кабинетов (среднегодовые дозы, мЗв)

Годы	Врачи	Лаборанты
1961	80 ± 15	45 ± 15
1964 - 1969	25 ± 5	10 ± 5
1985 - 2001	3 ± 1	$2 \pm 0,5$

История нормирования излучений

Период времени	ПДД, Год; мЗв	Критерий обоснования	Последствия
30 – ые годы	300	Исключение непосредственных острых эффектов облучения.	Случаи ХЛБ, Отдалённые эффекты: повышенный выход опухолей, сокращение продолжительности жизни (СПЖ).
1954 – 1960	150	Необходимость снижения отдалённых эффектов	Нормализация СПЖ, но повышенный выход лейкозов.
1960 – 1990	50* НРБ 76/87	Необходимость снижения стохастических эффектов	<i>Неуверенность в исключении риска опухолевых эффектов (Публикация 26 МКРЗ, 1961)</i>
После 1990/99	20** НРБ 99	Принятие концепции беспорогового действия для стохастических эффектов ***	<i>Практически полное исключение вредного воздействия ИИ в контролируемых условиях облучения</i>

Основные пределы доз (установлены НРБ-99/2009)

Нормируемые величины *	Дозовые пределы	
	лица из персонала (группа А) **	лица из населения
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год

Численность персонала и средние дозы за 2010г. Для наиболее распространённых профессий и должностей

Профессия/	Количество человек	доза, мЗв / год
Дефектоскопист	7691	1,94
Мед. сестра	3214	1.25
Врач-специалист	10497	1.02
Рентгенолаборант	25947	0,95
Врач - рентгенолог	5580	0,89



Радиационные инциденты и аварии в медицине – (1)

Место, Дата	Диагн/ терапия	Процесс	Пострадавшие	Число пострадавших	Причина
Свердловск, 1961	Терапия. Со-60	Перезарядка аппарата	Подсобные рабочие	3	Некомпетентность
Калуга 1966	Диагностика – 50 kV	Настройка аппарата	Рентгенолаборант	1	Некомпетентность
Свердловск 1975	Терапия, Со-60	Транспортировка ИИ	Водитель, рабочие	3	Неисправность контейнера

Радиационные инциденты и аварии в медицине –(2)

Ленинград 20.07.79	Терапия ē- ускорител ь	Наладка аппарату ры	Персонал	2	«беспечн ость»
Семипола тинск, 1975	Терапия Со -60	Перезаря дка	Персонал - Техники	2	Неисправ ность аппарату ры
Ашхабад 14.06.82	Терапия Cs -137	Перезаря дка	Лица из населени я	18	Нарушени е правил складир.
Рига, 1988	Терапия, Cf-252	Хранение	Персонал	1	Некомпет ентность ?

Радиационные инциденты и аварии в медицине – (3)

С.-Петербург 1995	Интервенц радиология	Имплантац ия кардиости мулятора	Пациент <i>население</i>	1 МЛП IV	Большое время процедуры
Москва 2006 + 2009	Интервенц радиология	То же	Пациенты <i>население</i>	2 МЛП II	Большое время процедуры
Москва 1996	Терапия. Эл. ускор	Лечение	Пациент <i>население</i>	1 МЛП IV	Неисправ ность аппарата.
Нижний Новгород 2006	Косметоло гия	Лечение	Пациенты <i>Население</i>	9 МЛП II	Ошибка планиров
Другие страны 1990-200 5	Терапия	Лечение	Пациенты <i>Население</i>	≥ 100, ≥ 40 смертей	Разные

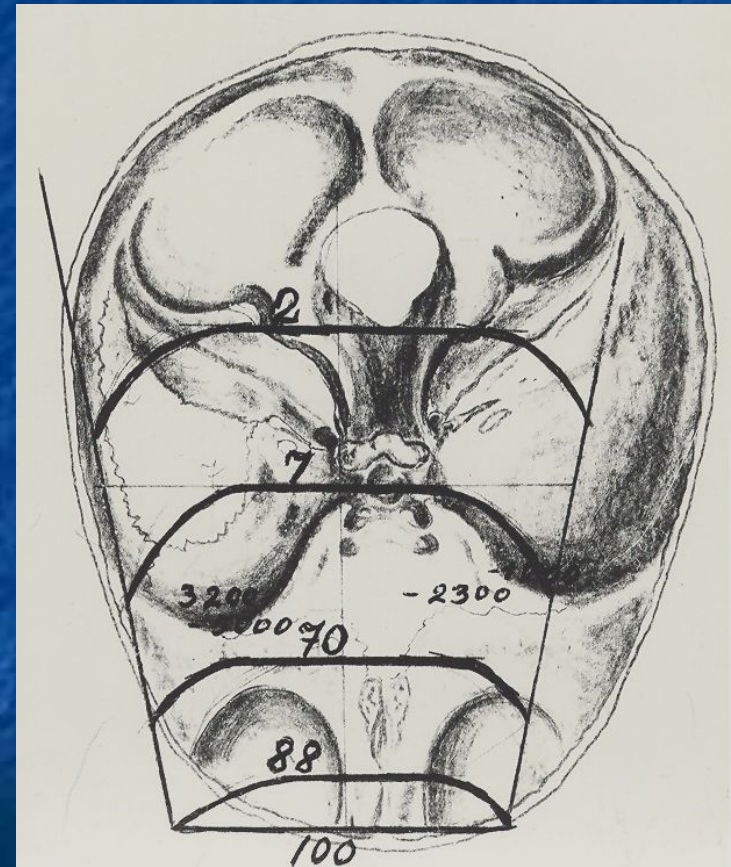
Примеры лучевых поражений при радиационных авариях и инцидентах в медицине

1. Калуга, 1966 - пострадавший – рентгентехник проводил фокусировку пучка «под контролем глаза» - облучению подверглись лицо и голова. Распределение поглощенных доз в тканях головы (данные расчёта в % от величины дозы на кожу), а так же динамика клинических изменений представлены на следующих слайдах.

Схема распределения доз

(РА – Калуга, 1966)

- Расчёт доз осуществлялся методом неполного моделирования на фантоме черепа.



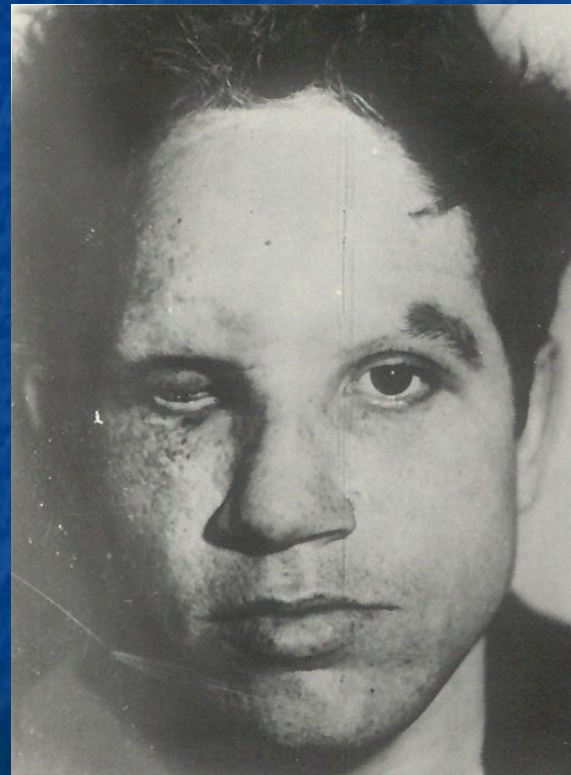
РА – Калуга, 1966

- МЛП лица III – IV степени тяжести, 30 день после аварии, доза на кожу лба, носа и правый глаз ≈ 25 Гр неравномерно по площади. Хорошо видны границы воздействия пучка ИИ.
- Эрозивно-язвенный дерматит, эпиляция, язва роговицы.
- На 180 день – острый приступ глаукомы – операция энуклеация глаза.

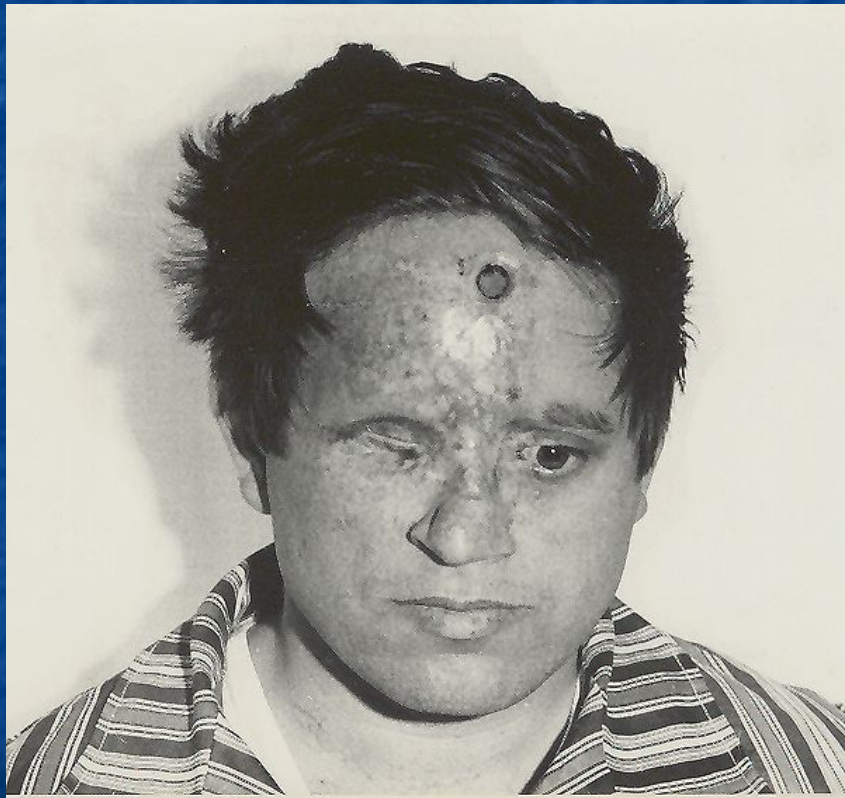


РА – Калуга, 1966

- **12 месяцев после облучения:** стойкая эпиляция бровей, ресниц и волос лобной области; кожа лица атрофична, телеангиэктазии, деформация носа. Начала формироваться катаракта на левом глазу.



РА – Калуга, 1966



- 6 лет после аварии. Поздняя лучевая язва в области лба, типичные изменения кожи, деформация носа, вследствие некроза костной ткани.

РА – Калуга, 1966



- Рентгенограмма черепа на 7 году болезни. Дефект ткани лобной кости соответственно проекции лучевой язвы; остеопороз глазницы, остеолизис носа.

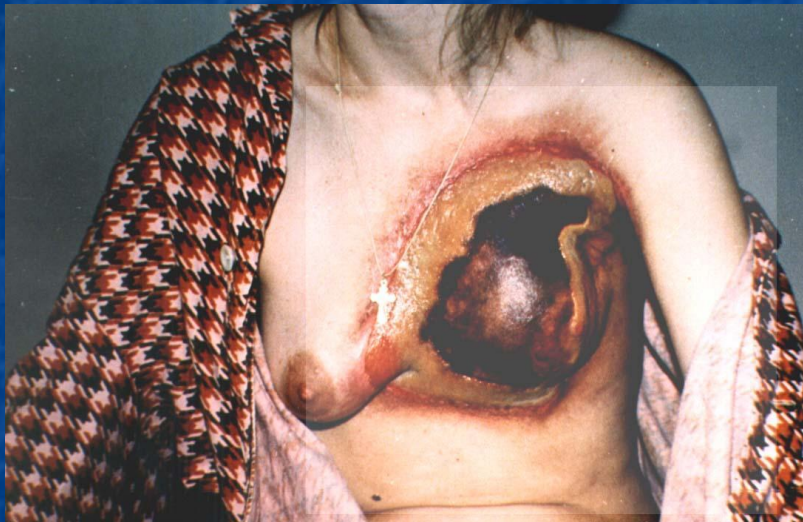
Не увенчавшаяся успехом попытка хирургического лечения закончилась смертью больного через 9 дней после вмешательства; причина смерти – диффузный гнойный менингоэнцефалит, энцефалитическая кома, как осложнения гнойного остеомиелита костей черепа, развившихся в результате лучевого некроза.

2. РА при лучевой терапии на ускорителе ЛУЭ 15 М фотонами 15 МэВ

- В момент проведения сеанса облучения 23.02.96 больная почувствовала жжение, появилась яркая гиперемия области облучения (на луче), чувство распирания в левой половине грудной клетки и левой молочной железе.
- 1 -3 день – явления нарастают
- Отсутствие латентного периода свидетельствует об очень высокой дозе облучения (более 100 Гр)
- На фото - 5-ый день – разлитая эритема, отёк.



РА при лучевой терапии на ускорителе ЛУЭ 15 М фотонами 15 МэВ



63-ий день – глубокий
некроз.

*В течение 3-х месяцев
больная отказывалась
от операции*

Лучевые поражения костной ткани и внутренних органов в зоне поражения

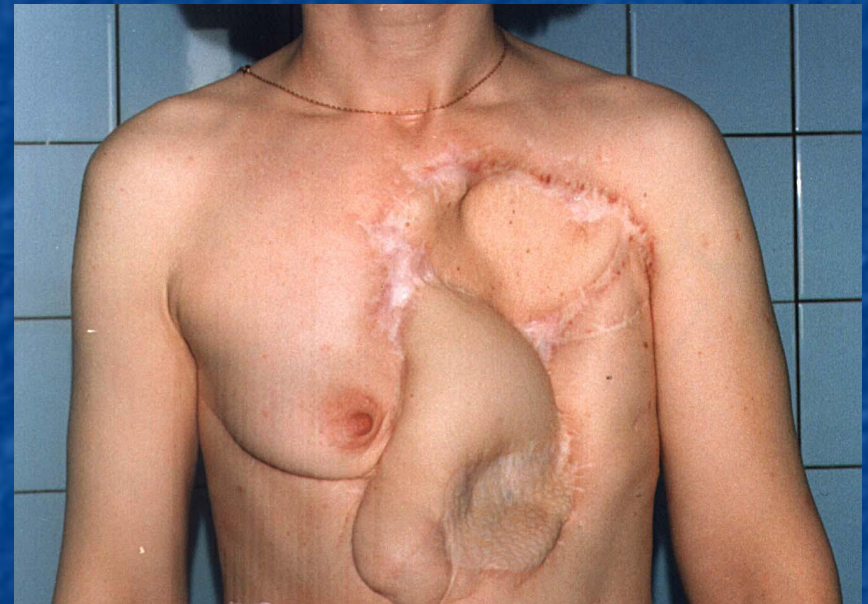
- 8 мес. – некроз участков 3 – 6 ребер и их иссечение; постлучевой плеврит;
- 2,5 года – Эхо-КГ признаки локализованного констриктивного перикардита; КТ-пневмосклероз и пневмофиброз левого лёгкого
- 3,5 года - ЭКГ признаки очаговых изменений передне-септальной области левого желудочка – симптомы стенокардии;
- 4 года – кровотечение из левой внутренней артерии молочной железы.

РА при лучевой терапии на ускорителе ЛУЭ 15 М фотонами 15 МэВ

2 года после облучения.

Проведена серия
хирургических
вмешательств: повторные
некроэктомии,
реконструктивно-
пластические операции.

*Спустя 10 лет после
облучения – больная жива*



МЛП – лучевая язва - после процедуры ангиопластики со стентированием

Больной Н., 61 год, поступил с диагнозом:
Последствия острого местного лучевого поражения
тканей спины тяжелой степени: лучевой фиброз,
поздняя лучевая язва. ИБС: стенокардия напряжения.
Постинфарктный кардиосклероз.
Атеросклеротическая болезнь.

*Состояние после аортокоронарного шунтирования
(1996 г.), ангиопластики со стентированием (2006 г).*

В клинику поступил спустя полтора года последней операции.

Вид лучевой язвы до и после курса терапии МСК



Радиационная авария в г. Гойяния (Бразилия), 1987 – самая большая в мире авария с мед. ИИ



Гойяния

Рио де Жанейро

Что произошло:

- В конце 1985 г. частная радиотерапевтическая клиника переехала в новое здание
- Они оставили блок телетерапии с Cs-137 в старом здании
- Нуклид Cs-137 (полураспад 30 лет)
- Активность (сент. 87) 50.9 ТБк (1375 Ки)
- Форма Порошок CsCl
- Масса 93 г (CsCl); 19.3 г (Cs-137)
- Они не уведомили лицензирующий орган
- Старое здание было частично снесено

Что произошло:

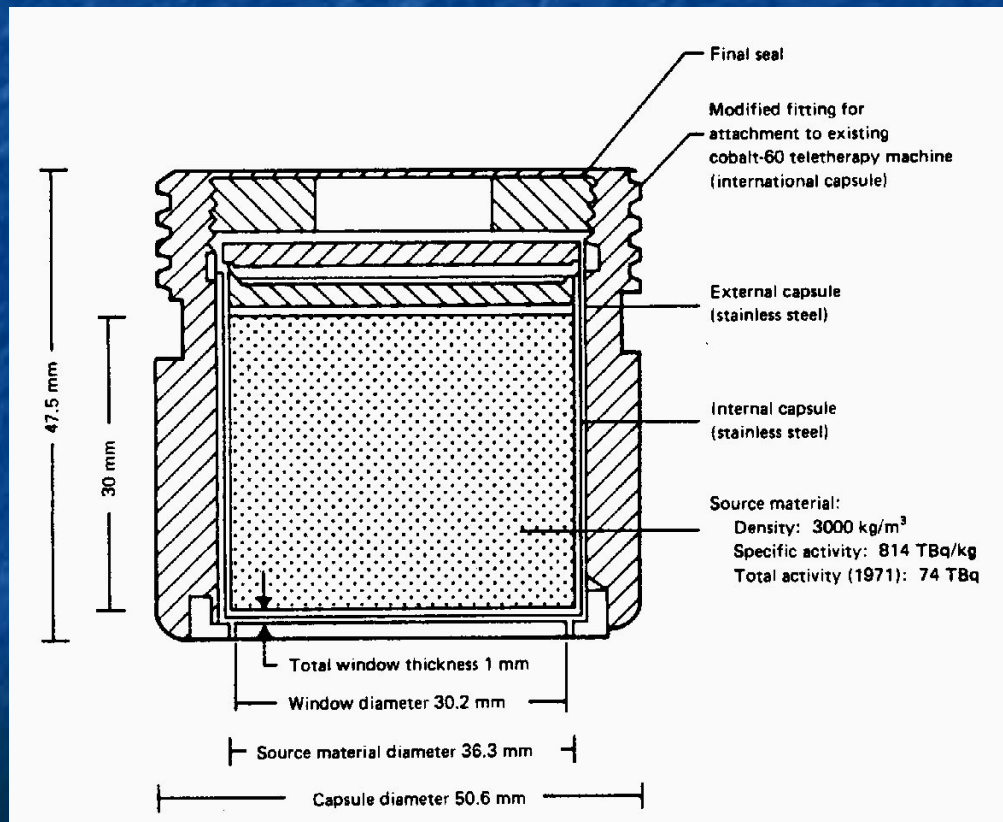
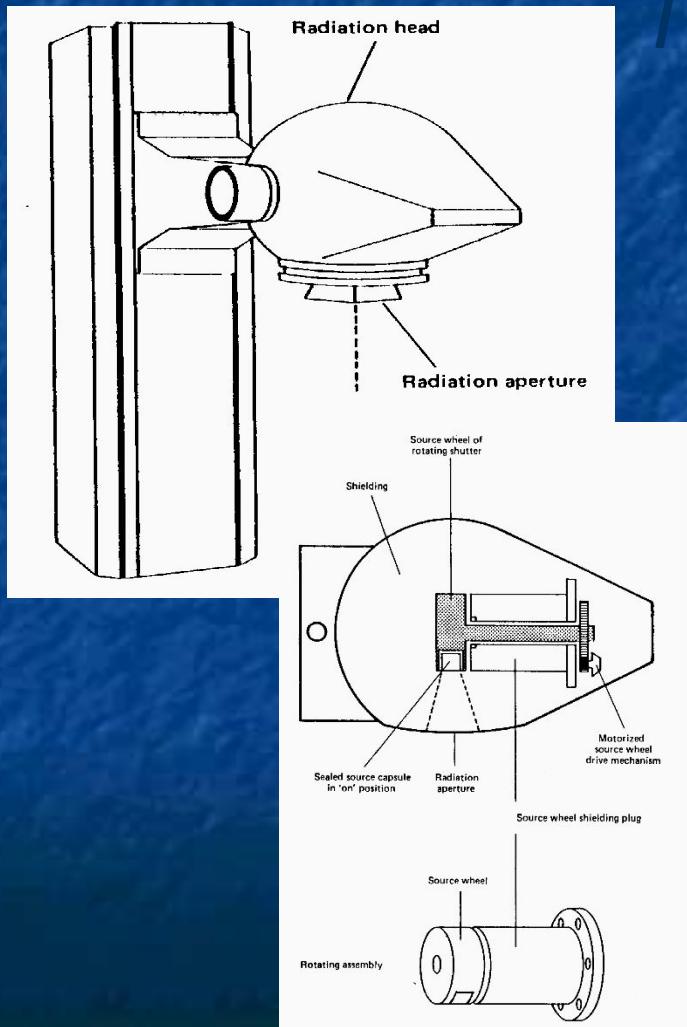
- 13 сентября 1987 г. два человека вошли в помещение старой клиники
- Они удалили сборку с источником из облучающей головки установки
- Они взяли источник домой и попытались разобрать его
- При этом капсула источника разрушилась
- Фрагменты источника размером с рисовое зерно были распределены между несколькими семьями
- Остатки сборки с источником были проданы в качестве лома владельцу автомобильной свалки

Заброшенная радиотерапевтическая клиника



Схема установки. Активность – 50,9 ТВq, мощность на расст. 1 м - 4,56 Гр/час

Гойяния, 1987



Обнаружение аварии

- Через пять дней у людей проявились желудочно-кишечные симптомы
- Один из них предположил, что это может быть связано с найденным объектом
- Он принес куски в департамент здравоохранения города
- В результате проведенного расследования была обнаружена авария
- CNEEN был оповещен и отреагировал

Статистика реагирования

- Число обследованных лиц = 112,800
- Число загрязненных лиц = 271
- загрязнение на одежде и обуви = 120
- внутреннее и внешнее загрязнение = 151
- Местные поражения (ожоги) = 28
- Потребовалась госпитализация = 20
- Поражения костного мозга = 14
- Острая лучевая болезнь = 8
- Смертельные случаи = 4

Статистика реагирования (2)

- Дезактивация города: потребовалось 730 рабочих
- Количество загрязненных домов: 98
- 41 эвакуировано
- 6 разрушено
- 53 отремонтировано
- Количество загрязненных общественных мест: 58
- Тротуары, площади, магазины и бары
- Количество дезактивированных автомобилей: 64

Последствия

- Вскоре умерло четверо человек
- Большое число людей было загрязнено
- Серьезно загрязнена окружающая среда
- Образовалось большое количество радиоактивных отходов
- Значительные экономические потери и ущерб
- Значительное психологическое влияние

Проверка загрязнения



Гойяния, 1987 (продолжение)

- В целях деконтаминации территории были снесены несколько жилых домов, скрыт грунт на площади целого жилого квартала.
- Все загрязнённые материалы помещены в контейнеры и вывезены на специально оборудованную площадку, а позднее захоронены.

Деконтаминация территории



Деконтаминация территории



Заключение - 1

- Облучение населения земного шара от источников ИИ, используемых в медицине, занимает второе место после облучения от природных источников.
- Дозы облучения персонала и пациентов в контролируемых условиях исключают возможность возникновения эффектов поражения радиацией.

Заключение - 2

- Возникающие аварийные ситуации в большей степени и чаще касаются пациентов.
- В последние 10 – 20 лет участились случаи аварийного переоблучения при лучевой терапии.
- Настораживает появление случаев лучевых поражений в сфере интервенционной радиологии

Заключение - 3

- Причинами РА в медицине чаще всего бывают грубые нарушения правил обращения с источниками.
- На втором месте – неисправность аппаратуры

Благодарю
за внимание!