МАГАТЭ

Международное агентство по атомной энергии

Профессиональное облучение и защитные средства

Лекция 7

Правильно или нет?

1. Годовой предел дозы для профессионального облучения составляет 100 мЗв/год (эффективная доза).
2. Просвинцованный фартук эквивалентной толщиной 0,35 мм свинца поглощает около 50% рассеянного излучения.
3. Коллимация рентгеновского пучка не влияет на дозу от рассеянного излучения.

Цели обучения

- **Насколько эффективны средства индивидуальной защиты в рентгеноперационных?**
- **Как контролировать дозы облучения персонала?**
- **Как оценивать эффективность персонала?**

Темы

- **Пределы доз**
- **Основы защиты, радиационный риск и рекомендации МКРЗ**
- **Влияние размера пациента и режима работы**
- **Индивидуальная дозиметрия**
- **Средства защиты**
- **Некоторые экспериментальные результаты**
- **Практические советы**

Пределы доз облучения (МКРЗ) *

	Годовой предел дозы (мЗв)
Эффективная доза для персонала	20
Эквивалентная доза для хрусталика глаза	150
Эквивалентная доза для кожи	500
Эквивалентная доза для рук и ног	500
Эффективная доза облучения эмбриона или плода	1
Эффективная доза для населения	1

* Соблюдайте рекомендаций ваших федеральных властей

Пределы доз облучения (МКРЗ) *

- Эффективная доза 20 мЗв в год – в среднем за любые последовательные 5 лет
- Эффективная доза не должна превышать 50 мЗв за любой год
- Годовой предел эквивалентной дозы для кожи 500 мЗв установлен с целью избежания детерминированных эффектов
- Годовой предел дозы не применяется в случаях облучения лиц при медицинских процедурах

Основные правила для защиты

- Время (В), расстояние (Р) и экранирование (Э)

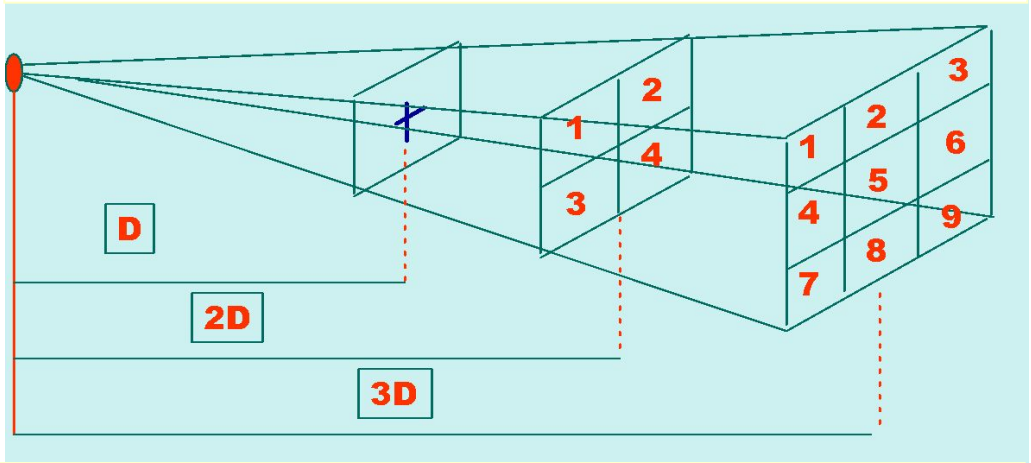
- Время - минимизировать время облучения
- Расстояние - увеличить расстояние
- Экранирование –эффективно использовать средства экранирования; переносные и выдвижные экраны; защитные фартуки; находиться позади других людей

Уменьшить время облучения

- **Все, что уменьшает время облучения, снижает дозу облучения!!**
  - **Сократить время рентгеноскопии и съемок**
  - **Всегда когда возможно, выходить из комнаты**
  - **Стоять за барьером (или за другим человеком) во время рентгеноскопии или съемок**
  - **Использовать импульсную рентгеноскопию – снижает время, при котором рентгеновская трубка генерирует рентгеновские лучи**

Максимальное расстояние - закон обратных квадратов

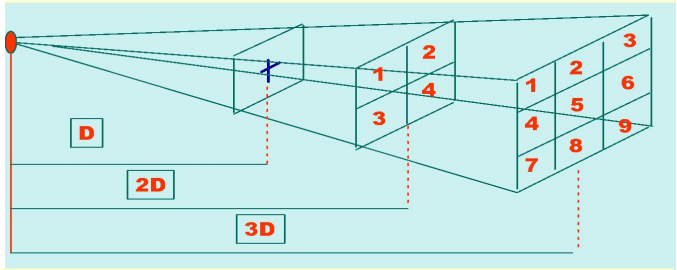
- **Доза облучения изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния**



При увеличении расстояния от источника рентгеновского излучения в 2 раза, доза облучения сокращается в 4 раза, т.е. будет только 25% от первоначального значения

Закон обратных квадратов помогает защитить Вас

- При удалении от пациента с 20 см на 40 см, или с 1 м на 2 м, мощность дозы уменьшается в 4 раза или до 25%!
- Пациент является источником рассеянного излучения!
- Не стойте рядом с пациентом во время рентгеноскопии
- Отступите назад во время съемок



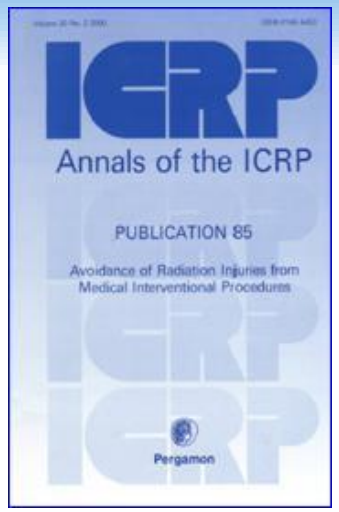
Увеличение и оптимизация экранирования

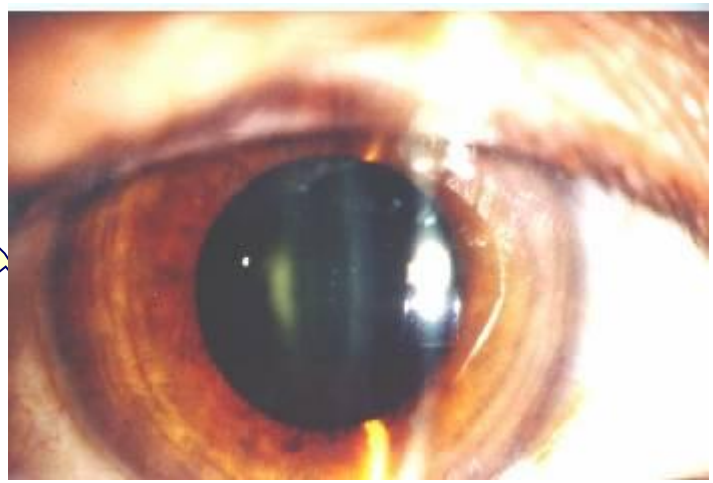
- **Просвинцованные экраны снижают дозу облучения до 5% или меньше!**
- **Экран должен находиться между пациентом и защищаемым**
- **Если стоите спиной к пациенту, необходима защита сзади**
- **Закрытый фартук защищает спину и вес фартука распределен лучше**
- **Все лица, находящиеся в операционной, должны одевать защитные фартуки**

Высокий радиационный риск

- **Дозы облучения персонала в интервенционной радиологии являются самыми высокими среди медицинского персонала, работающего с рентгеновским излучением.**
- **Если не использовать средства защиты и не соблюдать правила работы, и проводить по несколько сложных процедур в день, через несколько лет работы могут выявиться лучевые поражения**

Публикация 85 МКРЗ (2001): Предотвращение радиационных поражений от медицинских интервенционных процедур



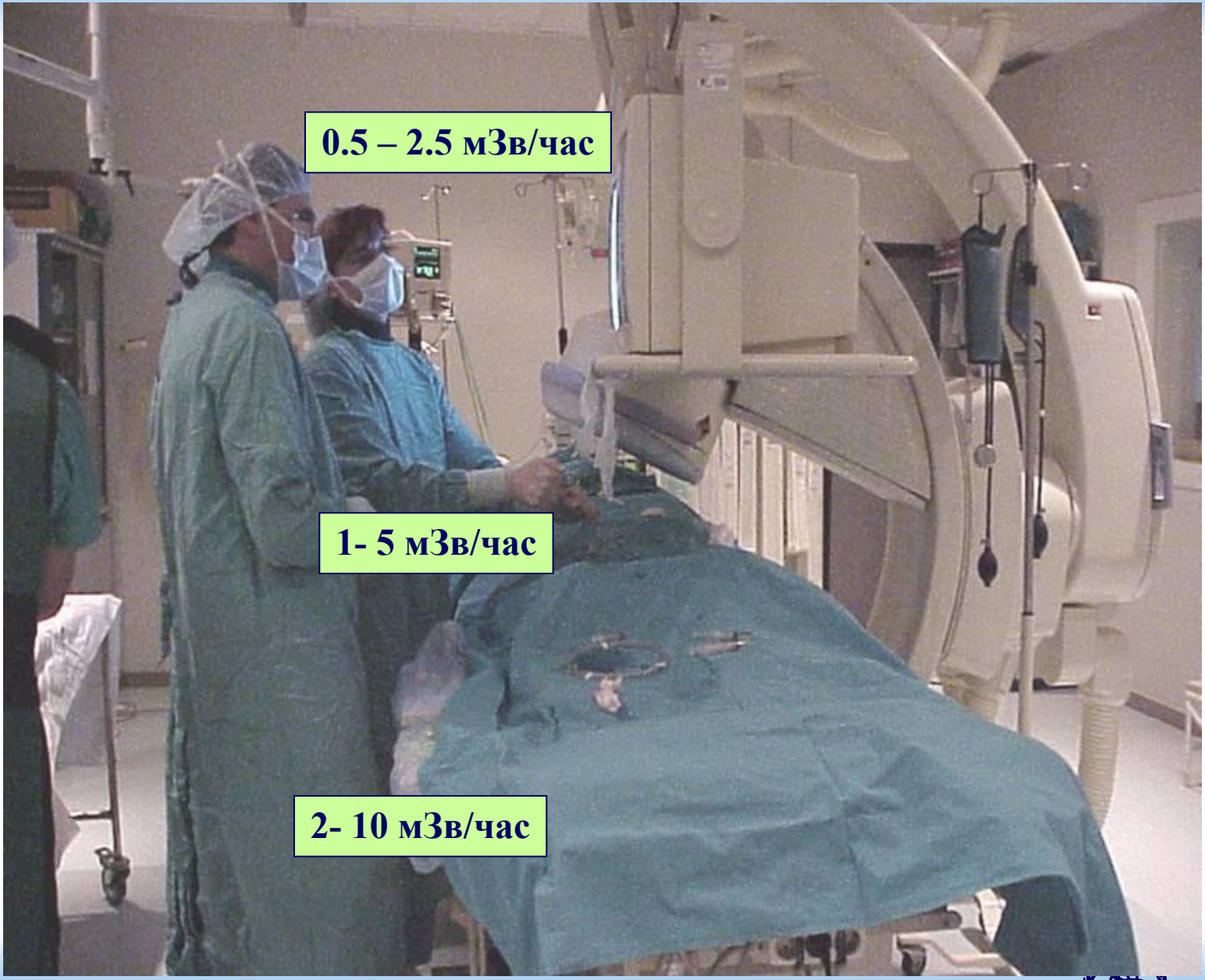


Катаракта глаза ангиохирурга в результате многократного использования старого рентгеновского аппарата в неподходящих условиях работы, и связанных с этим высоких уровней рассеянного излучения.

The British Journal of Radiology, 71 (1998), 728–733 © 1998 The British Institute of Radiology

Lens injuries induced by occupational exposure in non-optimized interventional radiology laboratories

[1]E VAÑÓ, PhD, [1]L GONZÁLEZ, PhD, [2]F BENEYTEZ, MD and [3]F MORENO, MD


0.5 – 2.5 мЗв/час
1- 5 мЗв/час
2- 10 мЗв/час

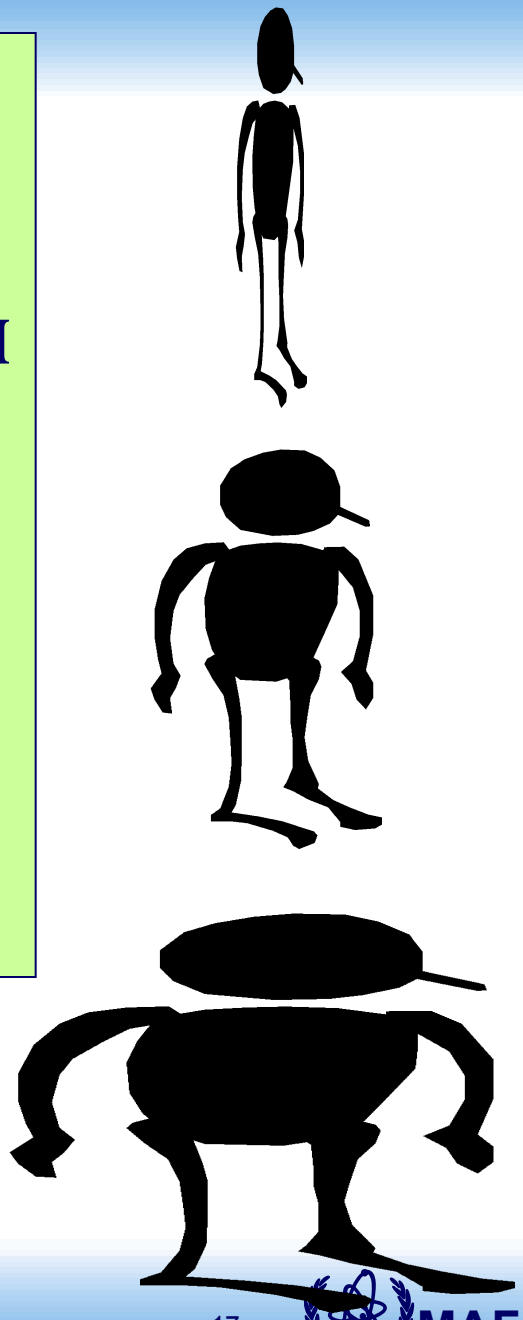
Использованные величины и единицы

- **Мощности дозы на слайде – это значения "индивидуальной эквивалентной дозы”.**
- **Индивидуальная эквивалентная доза, которая обычно регистрируется как Hp(10) – это эквивалентная доза облучения мягких тканей, на глубине 10 мм; измеряется в Зивертах (Зв).**
- **В соответствии с общепринятой практикой радиационной защиты, Hp(10) прямо сравнивается с годовым пределом эффективной дозы**

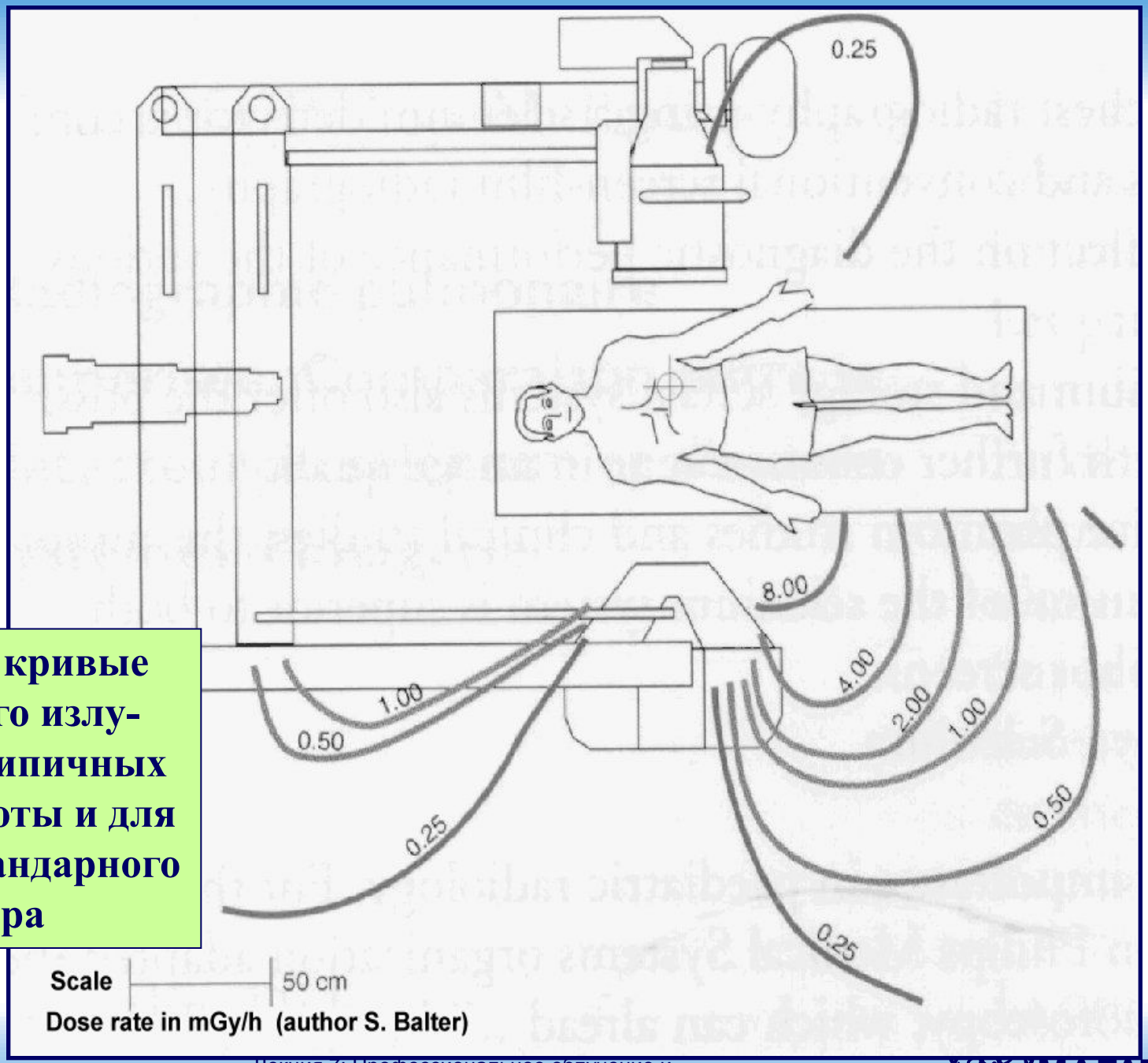
(Публикация 51 МКРЕ. Дозиметрические величины и единицы для радиационной защиты. Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям. Бетесда, штат Мэриленд, США. 1993).

Влияние толщины пациента и режимов работы аппарата на мощность дозы рассеянного излучения

Влияние толщины пациента: при переходе от 16 на 24 см, мощность дозы рассеянного излучения может увеличиться в 5 раз (от 10 до 50 мЗв/ч при рентгеносъемках)



Влияние режима работы аппарата: при переходе от рентгеноскопии с низкой мощностью дозы в режим рентгеносъемки, мощность дозы рассеянного излучения может увеличиться в 10 раз (от 2 до 20 мЗв/ч для пациента стандартного размера)



Изодозные кривые рассеянного излучения для типичных условий работы и для пациента стандарного размера

ПОРОГ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ЭФФЕКТОВ ДЛЯ ХРУСТАЛИКА ГЛАЗА, согласно МКРЗ

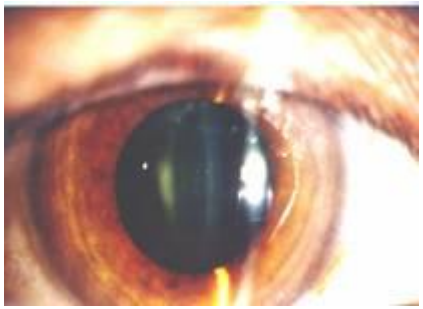
ПОРОГ ПОМУТНЕНИЯ → **> 0,1 Зв/год НЕПРЕРЫВНОЕ ОБЛУЧЕНИЕ**

КАТАРАКТА → **> 0,15 Зв/год НЕПРЕРЫВНОЕ ОБЛУЧЕНИЕ**

ДО 2 мЗв ЗА ОДНУ ПРОЦЕДУРУ

ЕСЛИ ДЕЛАТЬ 3 ПРОЦЕДУРЫ В ДЕНЬ, МОЖНО ПОЛУЧИТЬ 1500 мЗв в год

если не используются защитные средства



ЗА ЧЕТЫРЕ ГОДА ВОЗМОЖНО ПОЛУЧИТЬ ПОМУТНЕНИЕ ХРУСТАЛИКА

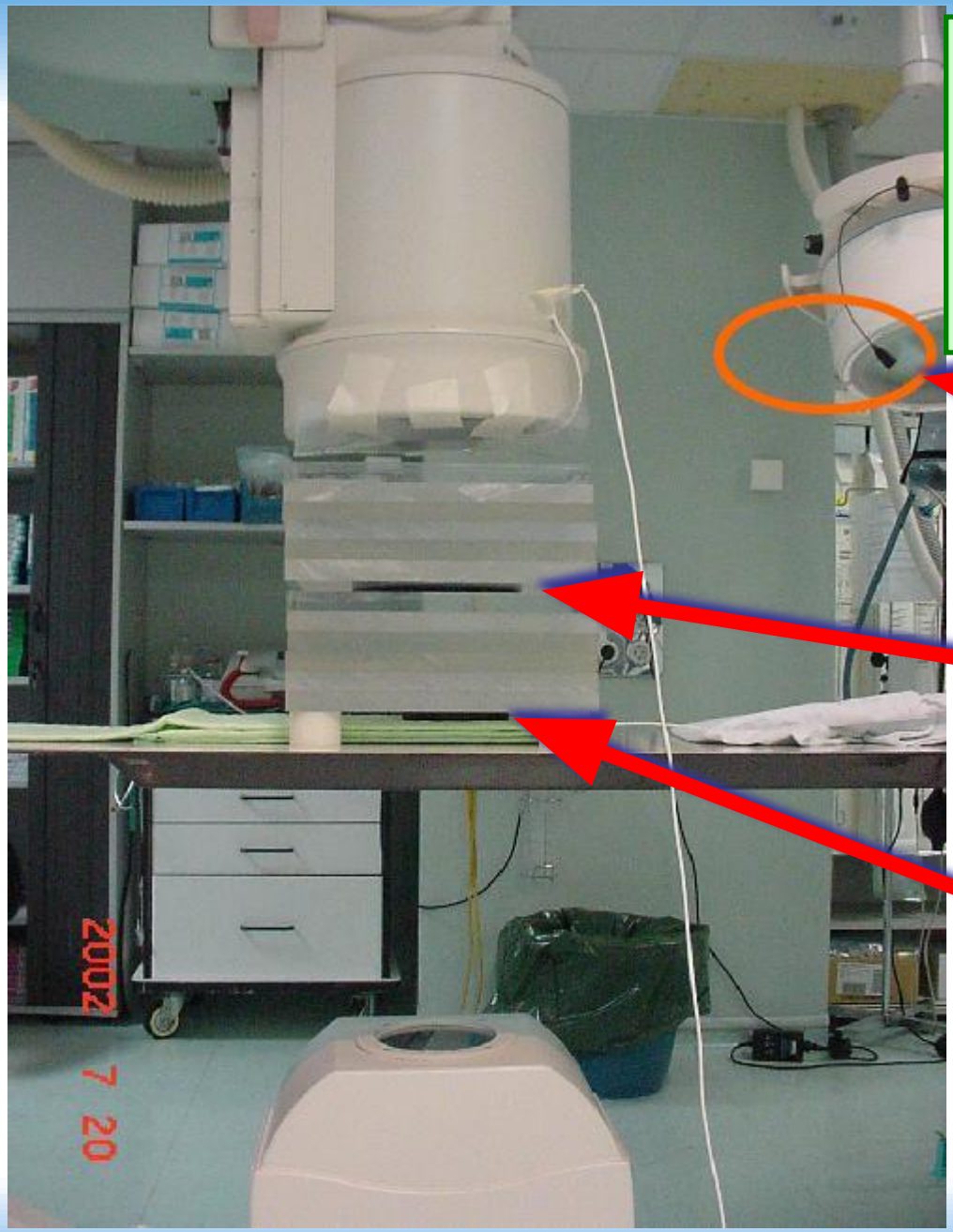
Дозы облучения пациентов и персонала

не всегда

коррелируют между собой

Различные углы наклона С-дуги приводят к большим различиям мощности дозы облучения (Philips Integris 5000)

Измерения входной дозы, дозы рассеянного излучения и качества изображения



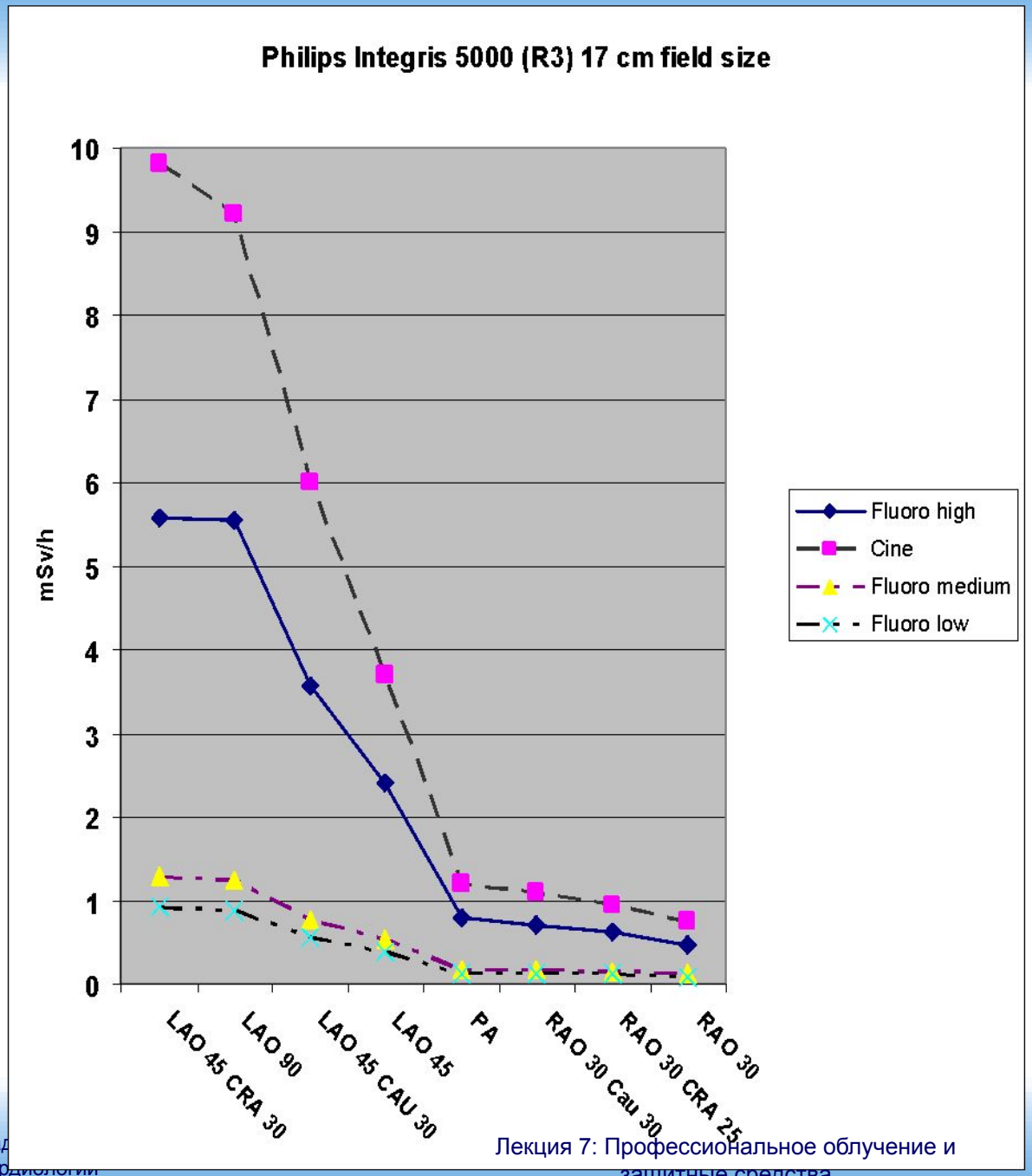
Детектор рассеянного излучения (позиция глаз врача-ангиохирурга)

Объект для оценки качества изображения в изоцентре

Плоская ионизационная камера для измерения входной дозы облучения пациента

Для дозы рассеянного излучения ориентация С-дуги является доминирующим фактором, в отличие от входной дозы пациента.

Различные углы наклона С-дуги могут изменить мощность дозы рассеянного излучения в 5 раз



Мощность дозы рассеянного излучения на левом плече ангиохирурга без дополнительной защиты

(экспериментальные результаты E.Vano)

МАГАТЭ

Международное агентство по атомной энергии

Индивидуальная дозиметрия

Индивидуальная дозиметрия В публикации 85 МКРЗ (2001) говорится ...

- Пункт 66: высокий уровень профессионального облучения в интервенционной радиологии требует использования надежных и адекватных механизмов мониторинга для персонала.
- Один дозиметр под фартуком даст реальную оценку эффективной дозы в большинстве случаев. Ношение дополнительного дозиметра на уровне воротника вне фартука покажет дозу облучения головы (глаз)

Индивидуальная дозиметрия В публикации 85 МКРЗ (2001) говорится ...

- Кроме того, можно объединить показания обоих дозиметров, чтобы обеспечить улучшенную оценку величины эффективной дозы (NCRP-122; 1995).
- Следовательно, рекомендуется, чтобы в отделениях интервенционной радиологии требовалось ношение персоналом двух дозиметров.

Разные типы персональных дозиметров…

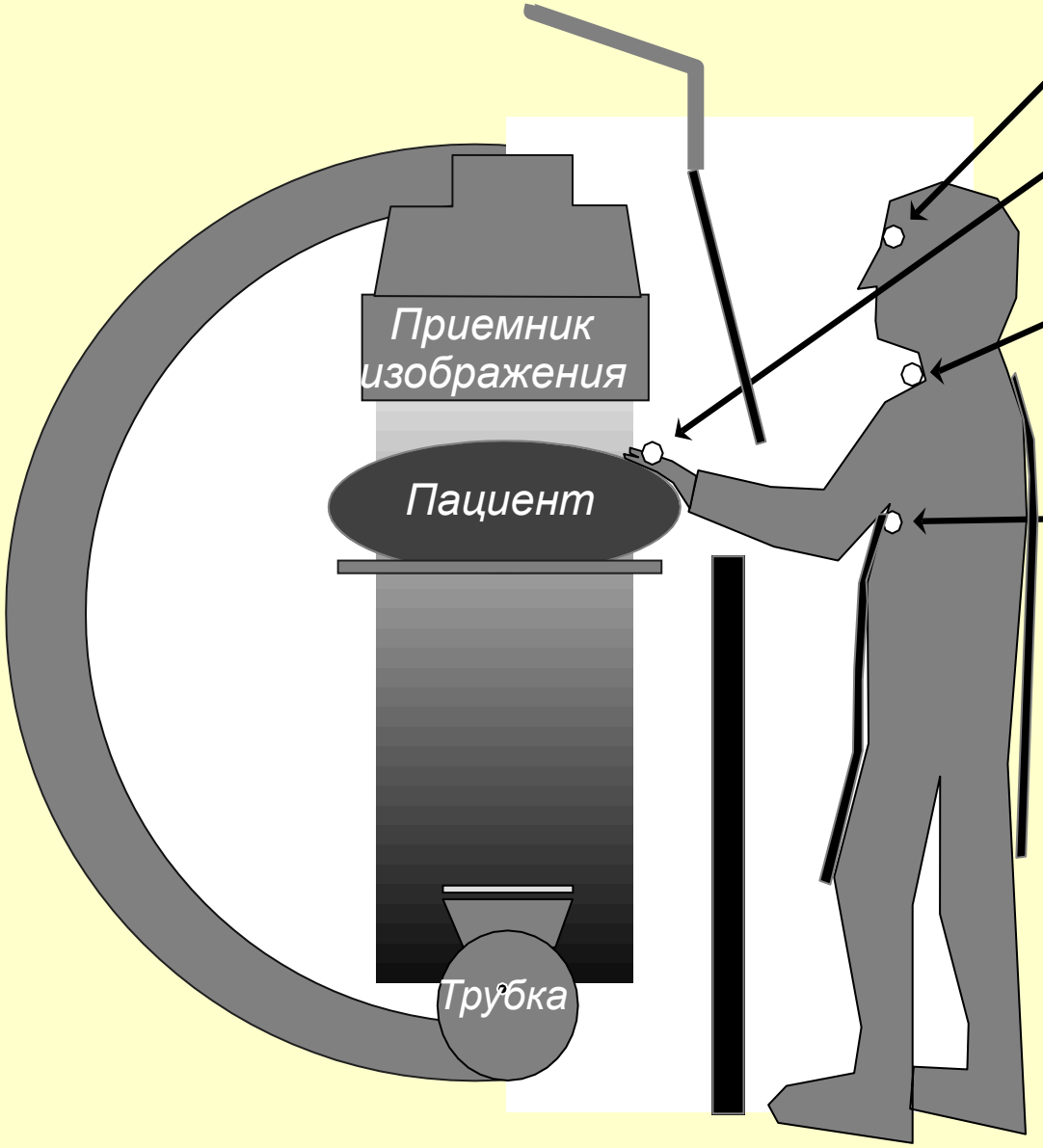
- Пленочные дозиметры
- Термолюминесцентные дозиметры (ТЛД)
- Оптико-стимулированные люминисцентные (ОСЛ) дозиметры
- Электронные дозиметры

Преимущества и недостатки персональных дозиметров

- **Пленочные - чувствительны к теплу, обеспечивают постоянство записи, минимальная доза 0,1 мЗв, проблема затухания сигнала, изображение (учет движения), отчет максимум раз в месяц, подходит для мнократных измерений**
- **ТЛД – высокая чувствительность, нет постоянства записи, минимальная доза 0,1 мЗв, некоторое затухание сигнала, нет изображения, отчет максимум раз в квартал, невозможность повторных измерений**
- **ОСЛ - нечувствительны к теплу, постоянство записи, минимальная доза 0,01 мЗв, нет затухания сигнала, возможность изображения, квартальный или годовой отчет, подходит для мнократных измерений в период использования**

Преимущества и недостатки персональных дозиметров

- **Электронные дозиметры – нечувствительны к теплу, нет постояннства записи, минимальная доза > 0,1 мЗв, нет возможности получения изображения, процесс калибровки может быть затруднителен, приходится полагаться на персонал для ухода за устройством (деликатный момент), работник должен считывать показания дозиметра и записывать результаты, еженедельно или ежемесячно**



Доза на хрусталик глаза,
необязательно

Доза на пальцы рук,
необязательно

Второй дозиметр
над фартуком
на уровне шеи, необязательно

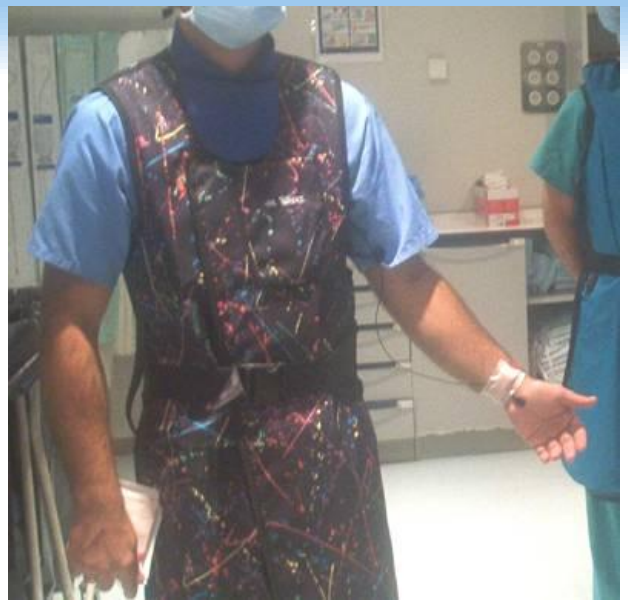
Персональный дозиметр
под защитным фартуком

Дозовые ограничения
для облучения персонала
(МКРЗ 60)

Эффективная доза	20 мЗв в год (в среднем за последние 5 лет)

Годовая эквивалентная доза

Хрусталик глаза	150 мЗв
Кожа	500 мЗв
Кисти и стопы	500 мЗв



Использование электронных дозиметров для измерения индивидуальной дозы облучения за процедуру помагает в процессе оптимизации

МАГАТЭ

Международное агентство по атомной энергии

Средства защиты

Средства индивидуальной защиты

- **Лицензиаты должны гарантировать наличие у работников необходимых персональных средств защиты.**
- **Защитные средства включают в себя просвинцованные: фартук, воротник, защитные очки и перчатки.**
- **Перечень защитных устройств должен быть определён ответственным за радиационную безопасность**

Вес: 80 грамм
Свинцовый эквивалент передних и боковых стекол : 0,75 мм

Фартук обычно поглощает > 90%
Использование жилета и юбки распределяет 70% от общего веса на бедра и только 30% на плечи.

Вариант с использованием легкого материала снижает вес на более, чем 23%, обеспечивая 0,5 мм свинцовой защиты при 120 кВ

Средства защиты

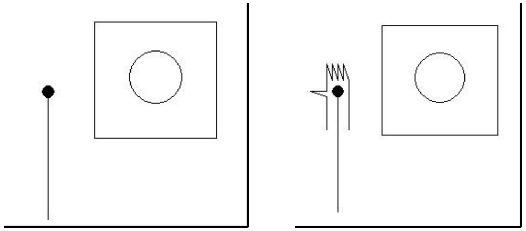
ЗАЩИТНЫЙ ВОРОТНИК

Защитные хирургические перчатки

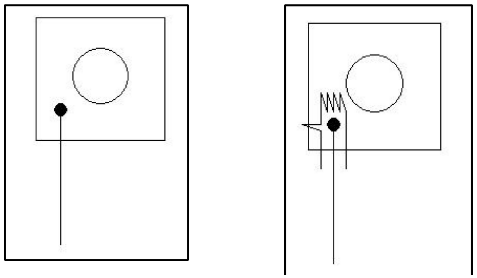
- **Минимальная эффективность**
- **Пропускают от 40% до 50% излучения или более**
- **Дорогостоящие ($ 40 США), однократного применения**
- **Снижают тактильную чувствительность**
- **Предел дозы для конечностей - 500 мЗв**
- **Руки с противоположной стороны пациента по отношению к рентгеновской трубке, так что доза ниже по сравнению с входной**
- **Одноразовые продукты, содержащие свинец, являются загрязнителями окружающей среды**

Позиция
(руки, рентг. поле и область авт. контроля экспозиции)

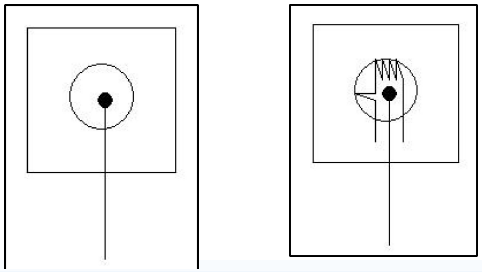
Относительные значения дозы рук
(для перчаток с 0,03 мм Pb)



Ослабление 55% (фантом 16 - 24 см из органического стекла).



Ослабление 45% (фантом 16 -24 см из органического стекла).



Ослабление 15% (фантом 16 - 24 см из органического стекла).
Но доза пациента увеличивается на 30%.

Радиационная защита рук

Лучший способ минимизировать дозы для пальцев и рук:
Держите пальцы вне пучка!

Мощность дозы на руки вне пучка и с противоположной стороны пациента по отношению к рентгеновской трубке является очень низкой по сравнению с дозой в прямом пучке!

Иногда ваши руки могут попадать в прямой рентгеновский пучок

Защитные приспособления подлежат контролю качества и должны проходить санобработку в соответствии с инструкциями

Дорогостоящие защитные фартуки, направленные на санобработку без соответствующих инструкций

Дорогостоящие защитные фартуки, направленные на санобработку без соответствующих инструкций

До ...

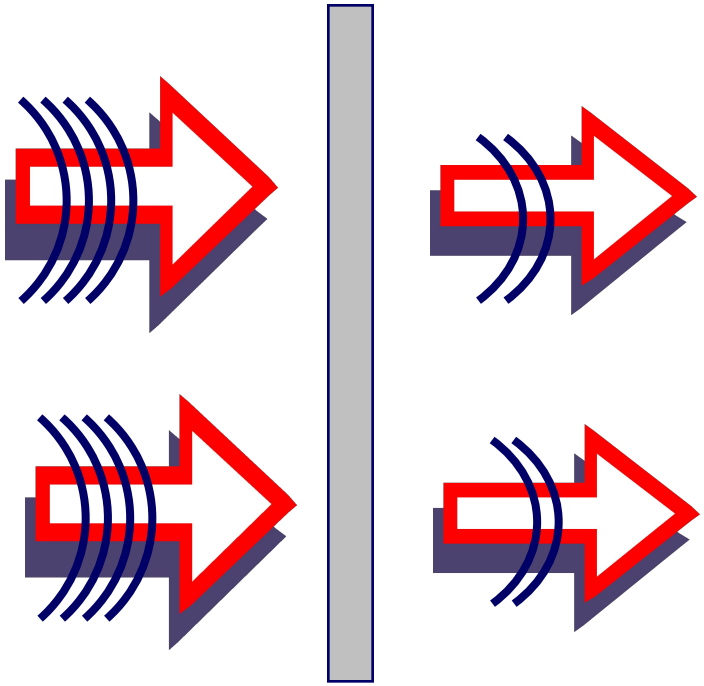
После (плохой) обработки...
Потеряно 1.000 $!

Дорогостоящие защитные фартуки, направленные на санобработку без соответствующих инструкций

Ослабление за защитным фартуком

0.25 мм свинца

60 кВ; 100%



2 - 3 %

100 кВ; 100%

8 - 15 %

Большое влияние имеет фильтрация рентгеновского пучка !

Измерения сделаны в больнице San Carlos Madrid

Ослабление за защитным фартуком

0.50 мм свинца

60 кВ; 100%

< 1 %

100 кВ; 100%

3 - 7 %

Большое влияние имеет фильтрация рентгеновского пучка !

Измерения сделаны в больнице San Carlos Madrid

Экран, подвешенный к потолку

- Обычно 1 мм свинцового эквивалента
- Очень эффективен, если правильно позиционирован
- Не всегда присутствует
- Не всеми кардиологами используется
- Не всегда в правильном положении
- Не всегда используется во время всех процедур

Меры по снижению доз облучения персонала

Практические советы для защиты персонала

- Увеличить расстояние до пациента
- Уменьшить время рентгеноскопии и использовать режим скопии с низкой мощностью дозы.
- Делать только необходимое количество кадров в одной серии и по возможности ограничить число серий.

Практические советы

- **Использовать подвесные экраны и другие индивидуальные защитные приспособления.**
- **Учитывать размер пациента и положение рентгеновской трубки (наклон С-дуги).**
- **Коллимировать рентгеновское поле до области интереса**

Оптимизация радиационной защиты

- **Минимизация дозы облучения пациента и персонала не должна быть самоцелью**
- **Следует оптимизировать дозы облучения пациента и минимизировать дозы облучения персонала**
- **Главное: оптимизировать мощность дозы, обеспечивая достаточную дозу для получения необходимого качества изображения**

Если качество изображения недостаточно, то любая доза облучения является ненужной!

Общая рекомендация:

Заботьтесь о радиационной защите вашего пациента, и это улучшит также вашу собственную защиту

Правильно или нет?

1. Годовой предел дозы професионального облучения хрусталика глаза составляет 150 мЗв/год
2. Интенсивность рассеянного излучения (на расстоянии несколько см от рассеивающего вещества) меньше чем 1/1000 от интенсивности прямого пучка
3. Проекции LAO облучают персонал больше чем проекции RAO.
4. Если рентгеновская трубка расположена под столом, доза облучения хрусталиков глаз от рассеянного излучения больше, чем лодыжек.

Правильно или нет?

5. Типичные значения дозы, измеренной индивидуальным дозиметром (носимым под фартуком) для персонала в кардиологии должны быть не более 0,4 мЗв/месяц.
6. Если пользоваться двумя индивидуальными дозиметрами - один под фартуком и второй над фартуком, доза облучения хрусталиков глаз оцененивается из показаний дозиметра над фартуком.
7. Если использовать два индивидуальных дозиметра, то дозиметр, носимый над фартуком, может намерить 1-2 мЗв лишь за одну процедуру

МАГАТЭ

Международное агентство по атомной энергии

Дополнительная информация

МАГАТЭ

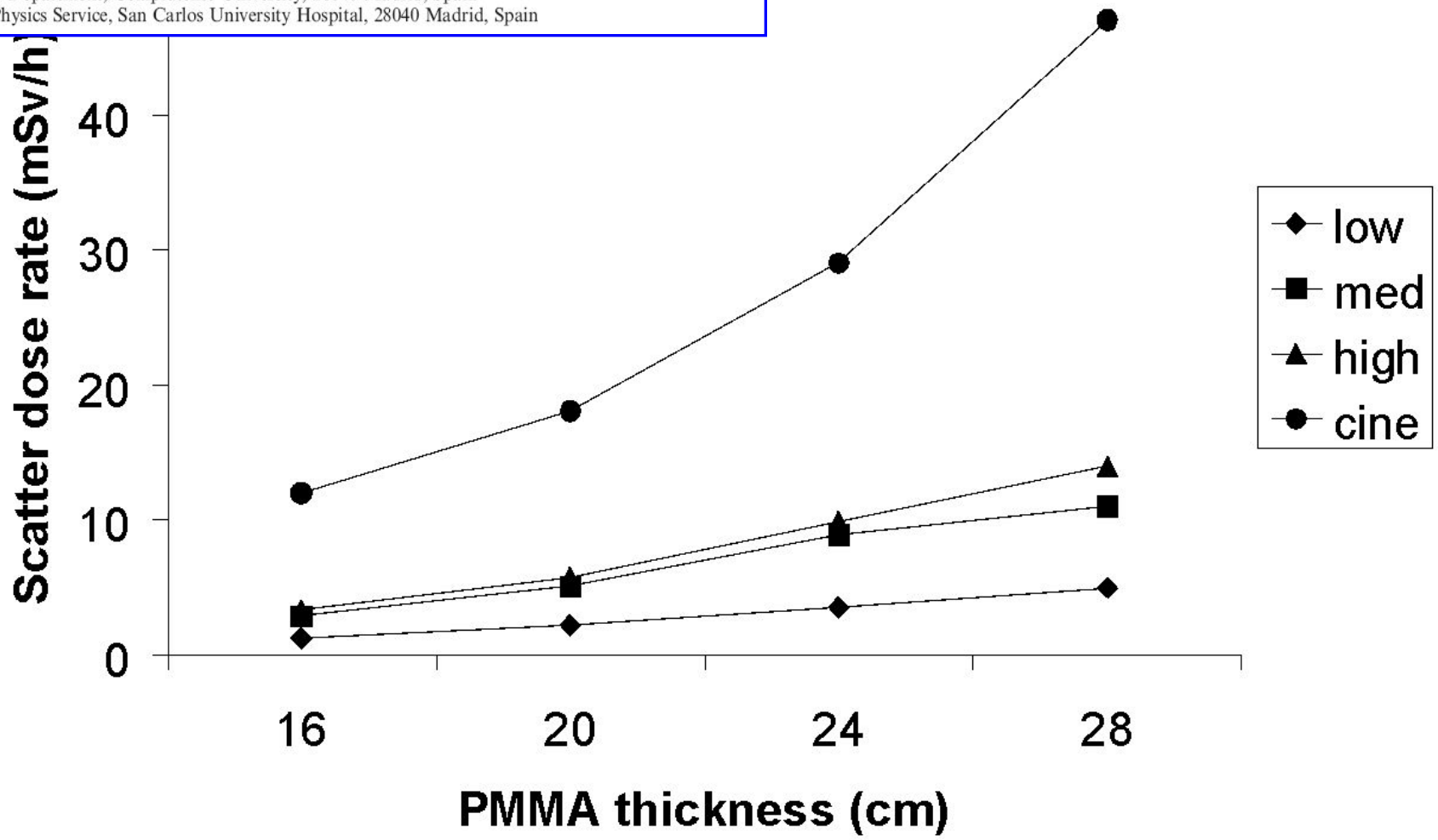
Международное агентство по атомной энергии

Некоторые экспериментальные результаты

Radiation Protection Dosimetry (2006), 1 of 6
doi:10.1093/rpd/nci369

INFLUENCE OF PATIENT THICKNESS AND OPERATION MODES ON OCCUPATIONAL AND PATIENT RADIATION DOSES IN INTERVENTIONAL CARDIOLOGY

E. Vano[1,2,*], L. Gonzalez[1], J. M. Fernandez[1,2], C. Prieto[2] and E. Guibelalde[1]
[1]Radiology Department, Complutense University, 28040 Madrid, Spain
[2]Medical Physics Service, San Carlos University Hospital, 28040 Madrid, Spain

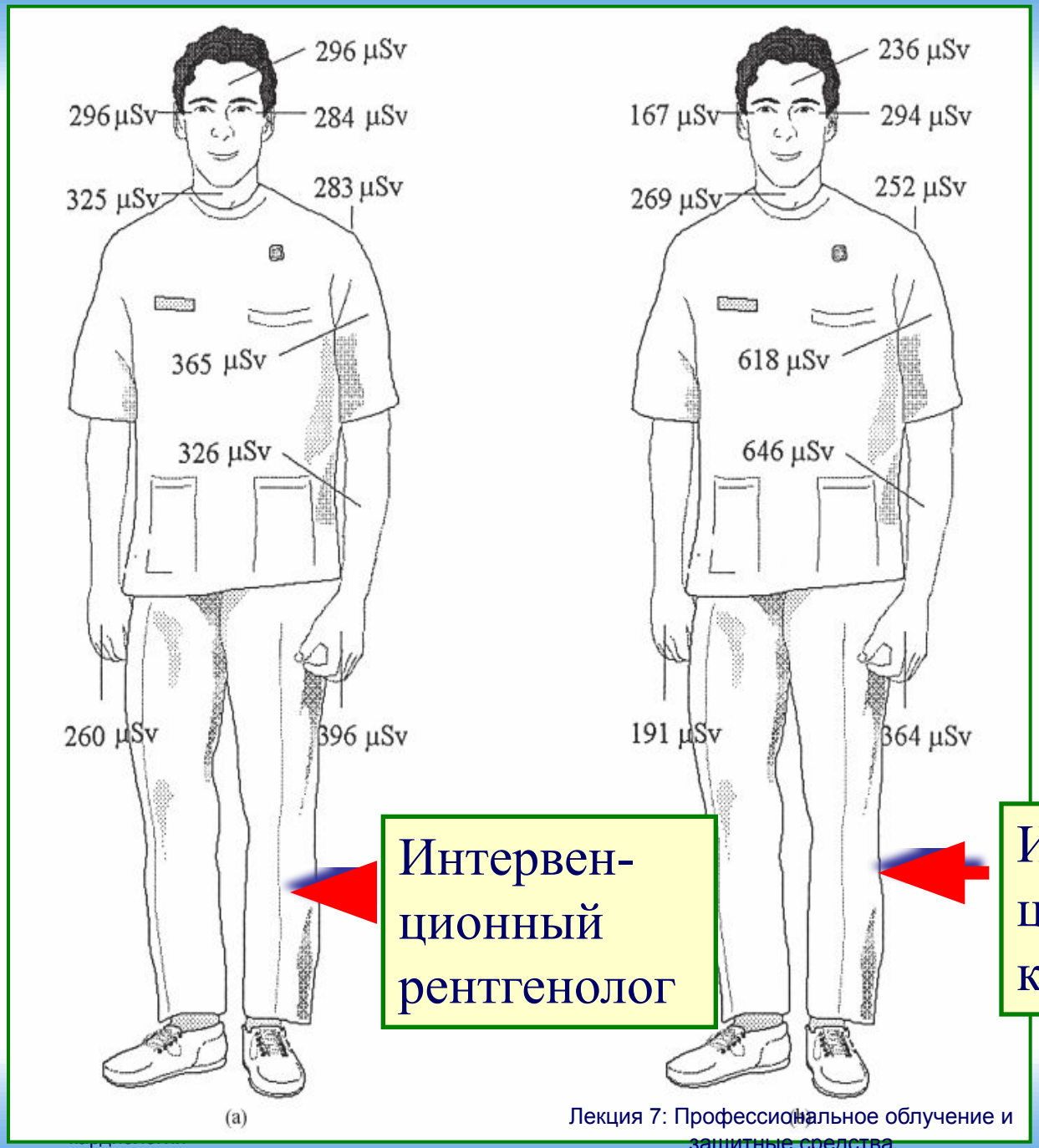


The British Journal of Radiology, 71 (1998), 954–960 © 1998 The British Institute of Radiology

Radiation exposure to medical staff in interventional and cardiac radiology

[1,2]E VAÑÓ, PhD, [1]L GONZÁLEZ, PhD, [1]E GUIBELALDE, PhD, [2]J M FERNÁNDEZ, BSc and [2]J I TEN, BSc

- **Доза облучения плеча 0,3 - 0,5 мГр на одну процедуру (без защитного экрана).**
- **Это составляет около 1 мЗв/100 Гр.см^2**
- **Дополнительная фильтрация рентгеновского пучка может снизить дозу на 20%.**
- **Подвесные экраны снижают дозу в 3 раза (экраны не используются во время всех процедур или не всегда правильно позиционируются).**

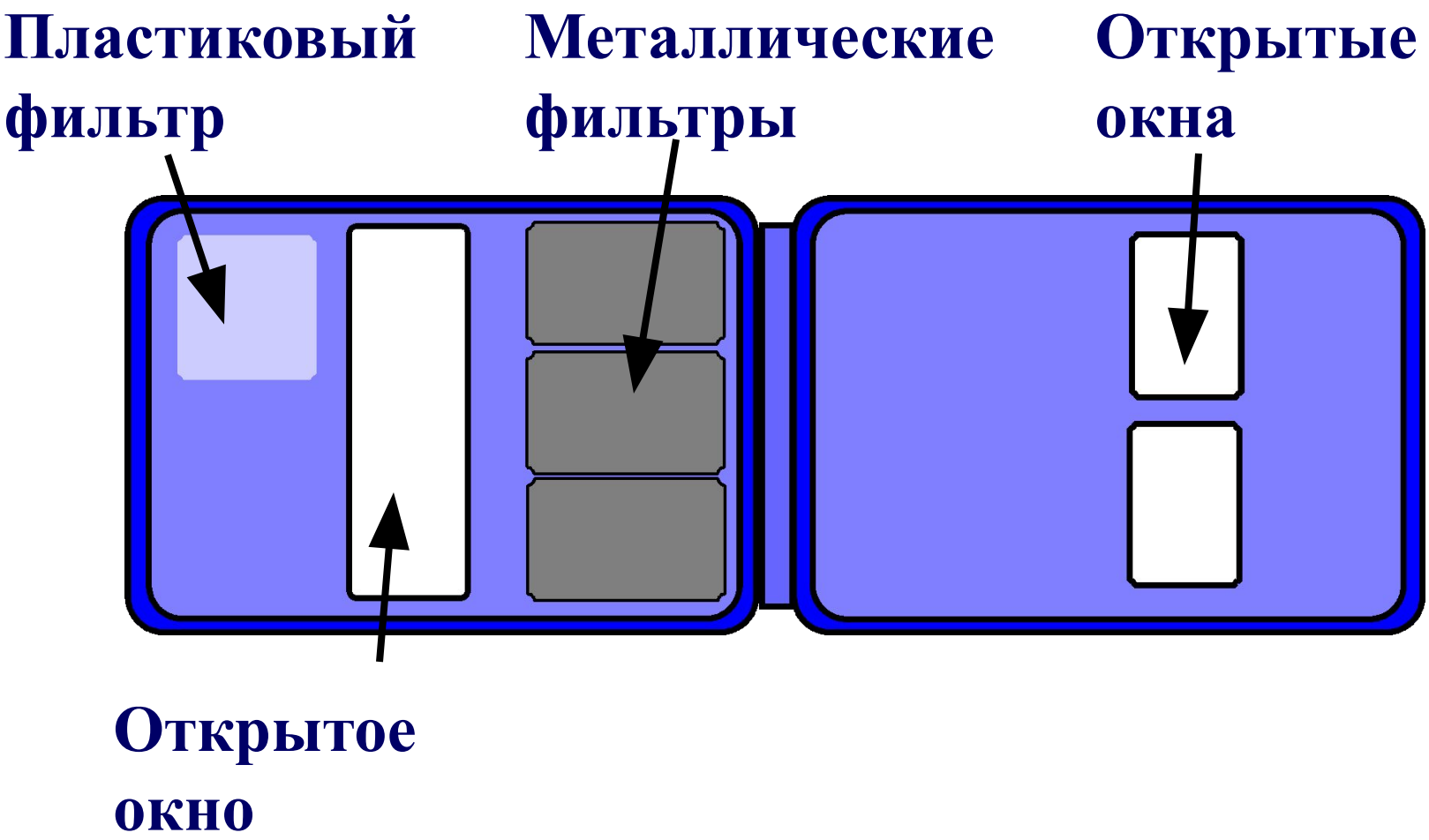


Интервен-
ционный
рентгенолог

Интервен-
ционный
кардиолог

Vañó et al.
Br J Radiol 1998;
71:954-960

Персональный дозиметр



NCRP

National Council on Radiation Protection and Measurements

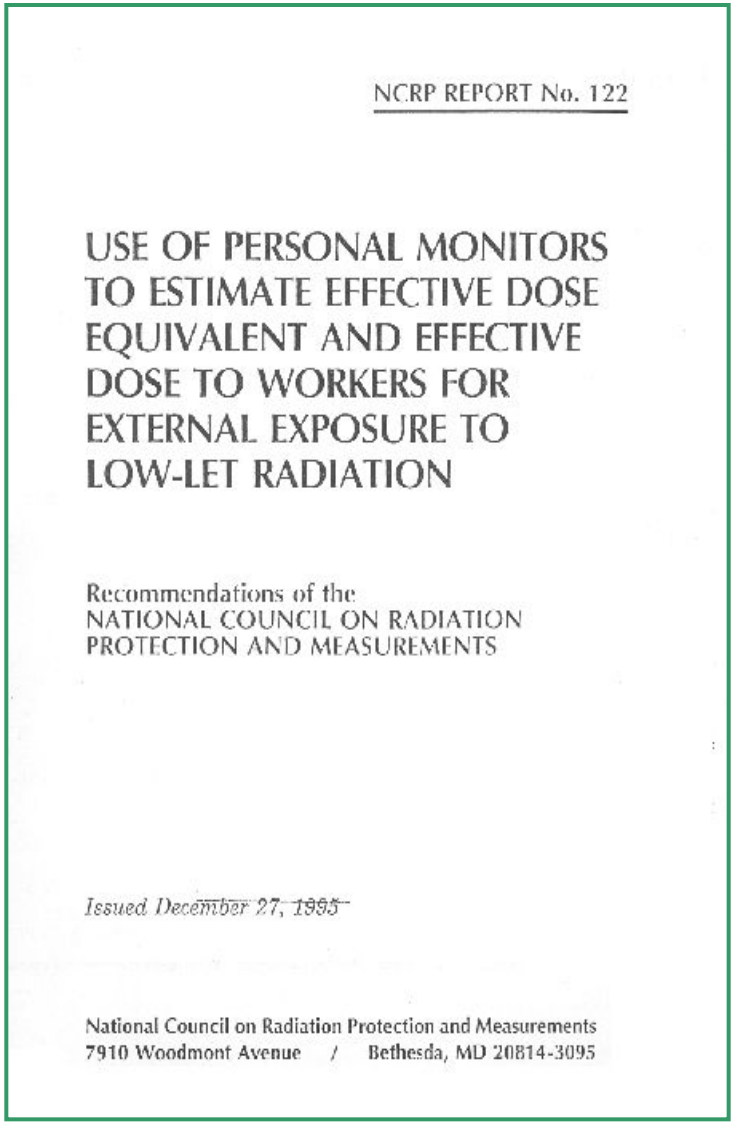
$$E = 0.5\ H_W + 0.025\ H_N$$

E = Эффективная доза

H_W = Индивидуальная эквивалентная доза на уровне талии или груди, под фартуком.

H_N = Индивидуальная эквивалентная доза на уровне шеи, над фартуком.

Если под фартуком за месяц измерена доза 0,5 мЗв, а над фартуком 20 мЗв, E = 0,75 мЗв



NCRP REPORT No. 122

USE OF PERSONAL MONITORS TO ESTIMATE EFFECTIVE DOSE EQUIVALENT AND EFFECTIVE DOSE TO WORKERS FOR EXTERNAL EXPOSURE TO LOW-LET RADIATION

Recommendations of the
NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS

Issued December 27, 1995

National Council on Radiation Protection and Measurements
7910 Woodmont Avenue / Bethesda, MD 20814-3095

ATTENUATION - RADIATION REDUCTION %
(as shown on glove manufacturers labels)

Direct Beam Energy Level	PRO*Guard* RR - 2	PRO*Guard* RR - 1	Intl. Biomedical	F & L Medical Products
60 KVP	55%	45%	34%	32%
80 KVP	43%	35%	30%	25%
100 KVP	35%	26%	16%	18%
120 KVP	31%	23%	12%	14%

INTERVENTIONAL CARDIOLOGY AND SURGERY

Radiation exposure benefit of a lead cap in invasive cardiology

E Kuon, J Birkel, M Schmitt, J B Dahm

Heart 2003;**89**:1205–1210

Figure 2 Protective garments with 0.5 mm lead equivalency: cap, glasses, collar, and apron.

Вывод: использование шапочки со свинцовым эквивалентом 0,5 мм, снижает дозу в 2000 раз.

Предлагаемые референтные уровни доз для персонала в интервенционной радиологии (Совместный семинар ВОЗ / IRH / CE 1995)

ПРЕДЛАГАЕМЫЕ РЕФЕРЕНТНЫЕ УРОВНИ ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПЕРСОНАЛА

Тело	**0.5 мЗв/месяц**
Глаза	**5 мЗв/месяц**
Руки / конечности	**15 мЗв/месяц**