

Общество с ограниченной ответственностью  
«Научно-технический центр «Радиационная экология»  
ООО «НТЦ «РАДЭК»

**Средства калибровки спектрометров излучения человека  
Антропоморфные радиодозиметрические фантомы  
торса и тела человека, производимые  
ООО «НТЦ «РАДЭК»**

Докладчик: Шикаленко Федор Николаевич

*Санкт-Петербург 2015*

# Введение

Чрезвычайные ситуации на объектах и территориях зачастую сопровождаются последствиями, требующими оказания медицинской помощи населению. При этом, особенности чрезвычайных ситуаций радиационного характера и возможные значительные масштабы их медицинских последствий диктуют необходимость поддерживать в готовности к их предупреждению и ликвидации специализированные системы.

Важной задачей является контроль внутреннего облучения персонала предприятий и населения, проживающего в зонах расположения объектов использования атомной энергии, в том числе предприятий ядерно-топливного и энергетического цикла.



Комплексы спектрометрии излучения человека, как техническое средство контроля внутреннего облучения, решают задачу прижизненного определения инкорпорированной активности техногенных и естественных радионуклидов в органах и теле обследуемого *In Vivo*.

Весьма актуальным представляется измерение содержания трансураниевых элементов: изотопов урана, плутония, америция-241 и других радионуклидов с низкой энергией (менее 250 кэВ) фотонного излучения в легких, в связи с их высоким радиационным воздействием на лёгочную ткань. Также, является необходимым контроль содержания  $^{137}\text{Cs}$  во всём теле,  $^{90}\text{Sr}$  в костной ткани, изотопов йода в щитовидной железе с применением систем детектирования позиционного либо сканирующего типа.



**В цели выполнения поставленных задач требуется создание системы метрологического и методического обеспечения аппаратуры контроля внутреннего облучения, элементом которой является набор стандартизированных образцов фантомов человеческого тела и органов, применяемых для градуировки и поверки аппаратуры, проведения межлабораторных сличений (интеркалибровки), обеспечения метрологической поддержки измерений активности радионуклидов, инкорпорированных в теле человека, с целью соблюдения “Закона об обеспечении единства измерений”.**

**Основным практическим назначением системы является снижение дозовой нагрузки на контролируемый контингент, эксплуатирующий объекты использования атомной энергии, а также население, подвергающееся облучению от природных источников.**

**Экономический эффект - сокращение расходов на медицинское обслуживание.**

# Радиодозиметрические фантомы тела человека

## История разработки

Годы разработки	Этапы
1992	Унифицированный фантом тела человека УФ-02Т "IGOR";
2007-2010	Модели органов антропоморфного радиодозиметрического фантома тела человека
2010-2011	Составы тканеэквивалентных материалов-имитаторов биологических тканей, отработана технология производства фантома
2012	Первый комплект серийного образца фантома торса под маркой АРДФ-10 «ROMAN»
2013	Фантом АРДФ-11 «ROMAN» и радиометрический фантом АРДФ-11-С, содержащий инкорпорированные радионуклиды стронций-90+иттрий-90 в скелете
2013–2014	Радиодозиметрический фантом торса ФТ-03
2014	Радиодозиметрический фантом головы со съёмными глазами и веками содержащими термолюминисцентные детекторы (TLD)
2015	Фантом торса ФТ-04 с передней частью реберной рубашки

# Ливерморский фантом (The Lawrence Livermore Realistic Phantom)

Ливерморский фантом разрабатывался с 1970-х годов (1984г.).

Параметры фантома соответствуют людям мужского пола : рост – 177 см, масса – 76 кг.

Фантом человека позволяет имитировать людей с различными толщинами грудной клетки.

Имитаторы мягких тканей, легких и костных тканей выполнены на основе полиуретана, причем для имитатора легких со вспениванием.

Заменителями тканей на основе полиуретана, карбоната кальция, воды, ацетона моделируются большинство тканей и органов, в том числе и легких, которые изготавливаются из вспененного полиуретана.

Радионуклиды располагаются в просверленных отверстиях в моделях легких и других органов. Без вставок радионуклидов модели являются фоновыми.

Используется в основном для определения трансураниевых элементов с измеряемым диапазоном энергий от 17.5 до 200 кэВ



[http://www.rsdphantoms.com/hp\\_lawrence.htm](http://www.rsdphantoms.com/hp_lawrence.htm)

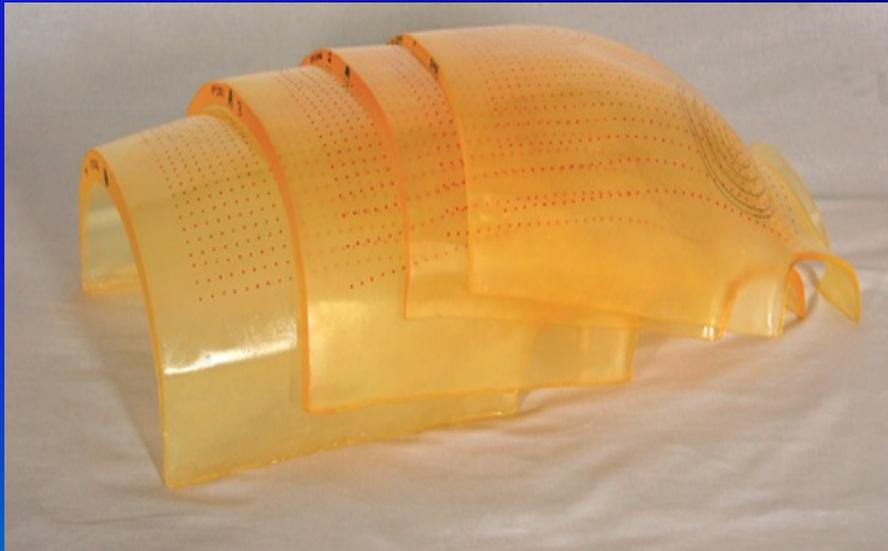
[http://www.jzimagining.com/RSD\\_lawrence\\_livermore\\_realistic\\_phantom.htm](http://www.jzimagining.com/RSD_lawrence_livermore_realistic_phantom.htm)

[http://www.jzimagining.com/RSD\\_Fission\\_product\\_isotope\\_phantom.htm](http://www.jzimagining.com/RSD_Fission_product_isotope_phantom.htm)

# Ливерморский фантом



Capsules



# Фантом Японского исследовательского института атомной энергии (JAERI)\*

JAERI фантом разработан для калибровки детекторов для исследования легких. Параметры фантома соответствуют людям мужского пола работающим в японских предприятиях по переработке плутония: рост – 168 см, масса – 63,5 кг. Заменителями тканей на основе полиуретана и эпоксидной смоле (для заменителей костей) моделируются большинство тканей и органов, в том числе и легких, которые изготавливаются из вспененного полиуретана.

Плотности: легкие – 0,24-0,30 г/см<sup>3</sup>, мышцы – 1,075 г/см<sup>3</sup>, мягкие ткани – 1,067 г/см<sup>3</sup>, кости – 1,623 г/см<sup>3</sup>.



\*Intercalibration of in vivo counting systems using an Asian phantom, IAEA, 2003

# Фантом Японского исследовательского института атомной энергии (JAERI)\*



\*Intercalibration of in vivo counting systems using an Asian phantom, IAEA, 2003

# Номенклатура фантомов

ОКП 43 8100

Наименование модели	Модификации	Шифр
Антропоморфный радиодозиметрический фантом торса человека	АРДФ-10	ШФРК.412914.007
Антропоморфный радиодозиметрический фантом тела человека	АРДФ-11	ШФРК.412914.008
	АРДФ-11-С с инкорпорированным стронцием в костях скелета	ШФРК.412914.008-01
Фантом торса комбинированный ФТ-03	Фантом груди ФЛТ-05	ШФРК.412914.009-01
	Фантом шеи ФЩЖ-05	ШФРК.412914.009-02
Фантом торса комбинированный ФТ-04	Фантом груди ФЛТ-06	ШФРК.412914.011-01
	Фантом шеи ФЩЖ-06	ШФРК.412914.011-02
Унифицированный фантом тела человека	УФ-02Т (УРНГ-01Т)	ШФРК.412914.010

Фантомы могут быть рабочими эталонами 1-го или 2-го разряда

# Заказчики

- Агентство по радиационной и ядерной безопасности Финляндии (STUK)
- ФГБУН УНПЦ РМ ФМБА России г. Челябинск
- ОАО «Концерн Росэнергоатом»
- Государственная корпорация по атомной энергии "Росатом"
- АО «СПб «Изотоп»
- Шведское агентство оборонных исследований (SDRA)

# Радионуклидный состав АРДФ-10,-11, ФТ-03, ФТ-04, УФ-02Т

Радионуклидный состав моделей из комплекта фантома определяется исходя из поставленной задачи.

Для фантомов АРДФ-10, -11, ФТ-03, -04, УФ-02Т относительная погрешность аттестованного значения активности в радионуклидной модели ( $P=0,95$ ) не превышает 5%.

Типовой набор может содержать следующие радионуклиды:

кобальт-57, -60

барий-133

цезий-134, -137

свинец-210

европий-152

радий-226

америций-241

стронций-90 + иттрий-90

калий-40

уран-235, -238

плутоний-238, -239, -240

По желанию Заказчика могут быть использованы иные радионуклиды.

# Структура Фантома



# Унифицированный фантом тела человека УФ-02Т (УРНГ-01Т)

Унифицированный фантом предназначен для градуировки спектрометров излучений человека типа СЕГ-01Т, СЕГ-10П и других средств измерений активности инкорпорированных радионуклидов в теле человека с применением сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов гамма-излучения в диапазоне энергий от 400 до 3000 кэВ.

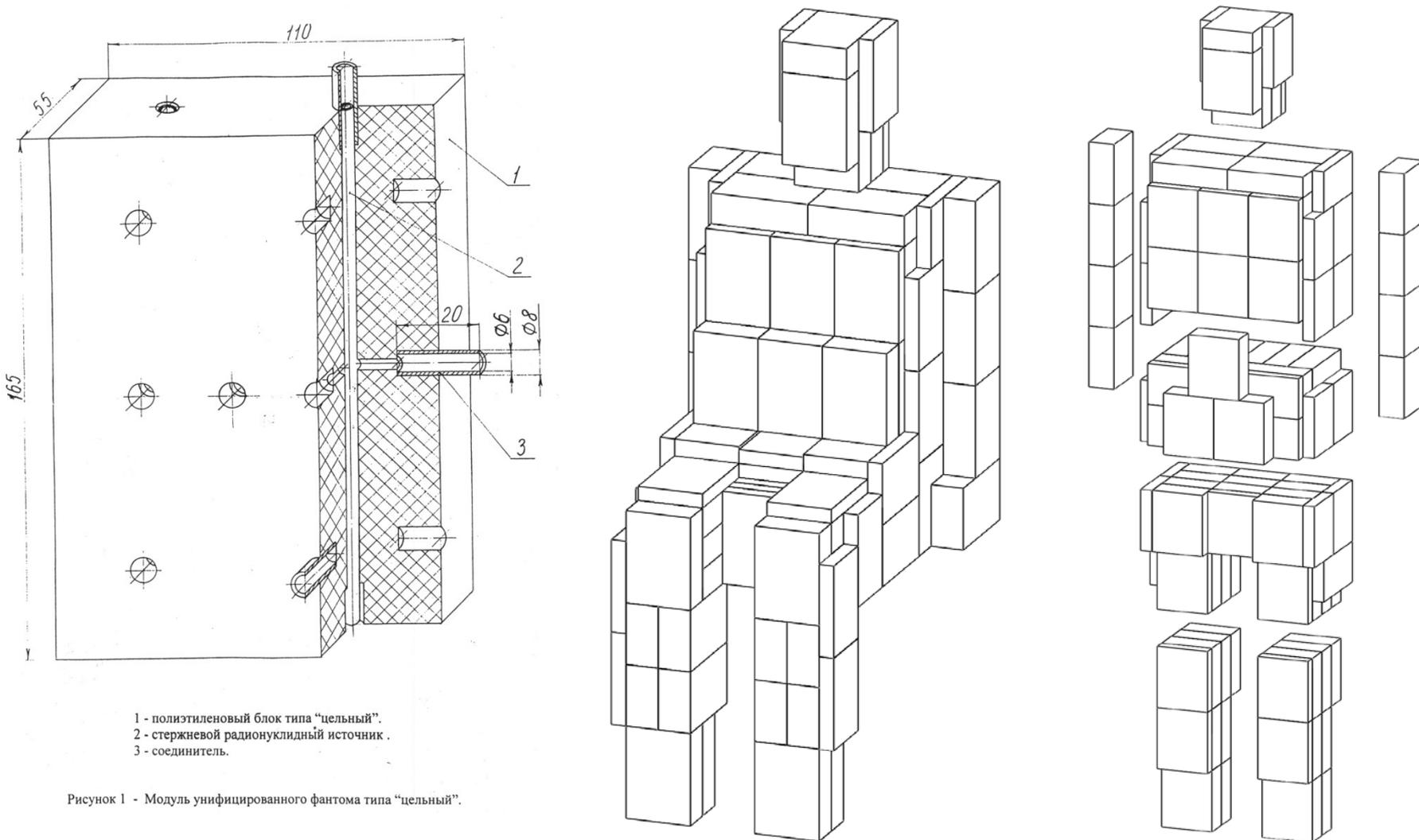


Рисунок 1 - Модуль унифицированного фантома типа "цельный".

# Унифицированный фантом тела человека УФ-02Т (УРНГ-01Т)

Возможны шесть основных типов сборки фантомов тела человека ( $\Phi_1 \div \Phi_6$ ) с возрастными и антропометрическими характеристиками, приведенными в таблице, для трех общепринятых геометрий измерений на спектрометрах излучений человека: стоя (лежа), сидя и сидя согнувшись .

В комплекте с фантомом УФ-02Т (УРНГ-01Т) идет набор стержневых закрытых радионуклидных источников в количестве 260 (180) шт.



Тип фантома (индекс СО в составе комплекта)	Возрастные и антропометрические характеристики тела человека			
	Возра ст, лет	Масса, кг	Рост, см	Средняя толщина, см
$\Phi_1$	2	12	82,5	8,8
$\Phi_2$	6	24	121,0	10,9
$\Phi_3$	14	50	160,0	11,8
$\Phi_4$	$\geq 18$	70	170,5	14,3
$\Phi_5$	$\geq 18$	90	170,5	15,7
$\Phi_6$	$\geq 18$	110	170,5	19,4

# Метрологические характеристики Фантомов (плотность, массовый коэффициент ослабления)

Аттестуемая характеристика	Обозначение единицы физической величины	Аттестованное значение	Относительная погрешность аттестованного значения (P=0,95), %
Плотность материала -имитатора: - костной ткани; - мягкой ткани; - легочной ткани.	г/см <sup>3</sup>	1,30 1,04 0,26	3 3 6
Массовый коэффициент ослабления фотонного излучения с энергией 17,74 кэВ в материале - имитаторе - костной ткани; - мягкой ткани; - легочной ткани.	см <sup>2</sup> /Г	3,00 1,10 1,15	4 4 4
Массовый коэффициент ослабления фотонного излучения с энергией 26,34 кэВ в материале - имитаторе - костной ткани; - мягкой ткани; - легочной ткани.	см <sup>2</sup> /Г	1,08 0,47 0,49	4 4 4
Массовый коэффициент ослабления фотонного излучения с энергией 59,54 кэВ в материале - имитаторе - костной ткани; - мягкой ткани; - легочной ткани.	см <sup>2</sup> /Г	0,251 0,200 0,208	4 4 4
Погрешность от неоднородности плотности: - костной ткани; - мягкой ткани; - легочной ткани.	%	3 3 6	- - -

# Техническое описание фантома торса АРДФ-10

## Агрегатное состояние

Фантом является набором гигиенически безопасных, монтируемых на месте эксплуатации, сменных твердотельных моделей органов и тканей, изготовленных из тканеэквивалентных пластмасс - имитаторов костной, мягкой (мышечной) и легочной биологических тканей, адекватных, в плане взаимодействия с ионизирующим излучением, тканям человеческого тела.

В качестве моделируемой ткани скелета принята усредненная костная ткань (костная биологическая ткань – КБТ) в составе: кость (53,7 %), хрящ (10,7 %), красный костный мозг (1,4 %), желтый костный мозг (24,2 %) при средней плотности  $\rho=1,3$  г/см<sup>3</sup>. Для мягкой биологической ткани (МБТ) принят состав скелетных мышц при плотности ткани  $\rho=1,04$  г/см<sup>3</sup>. В качестве моделируемой ткани легких (лёгочная биологическая ткань – ЛБТ) принята усредненная легочная ткань при плотности ткани  $\rho=0,26$  г/см<sup>3</sup> (Tissue Substitutes in Radiation Dosimetry and Measurement. ICRU Report 44, 1989).

## Форма

Фантом выполнен в виде сборно-разборной модели торса взрослого мужчины.

## Телосложение

Масса фантома – 55 кг.

Высота фантома – 100 см.

## Конструкция

В состав фантома входят 4 антропометрических модели (фантомов) частей тела, являющихся самостоятельными сборочными единицами (фантом головы, фантом шеи, фантом туловища/торса, фантом основания туловища).

# Внешний вид АРДФ-10

Самостоятельные сборочные единицы фантома АРДФ-10 (фантом головы, фантом шеи, фантом туловища, фантом колена, фантомы рук и ног), оснащённые радионуклидными моделями, могут применяться для калибровки аппаратуры СИЧ, как по отдельности, так и в совокупности с другими единицами комплекта фантома.

Технология изготовления допускает упрощение/сокращение состава комплекта Фантома, путём объединения, склеивания моделей в монолитные блоки.



# Модели почек и надпочечников



# Техническое описание фантома тела АРДФ-11

## Агрегатное состояние

Фантом является набором гигиенически безопасных, монтируемых на месте эксплуатации, сменных твердотельных моделей органов и тканей, изготовленных из тканеэквивалентных пластмасс - имитаторов костной, мягкой (мышечной) и легочной биологических тканей, адекватных, в плане взаимодействия с ионизирующим излучением, тканям человеческого тела.

В качестве моделируемой ткани скелета принята усредненная костная ткань (костная биологическая ткань – КБТ) в составе: кость (53,7 %), хрящ (10,7 %), красный костный мозг (1,4 %), желтый костный мозг (24,2 %) при средней плотности  $\rho=1,3$  г/см<sup>3</sup>. Для мягкой биологической ткани (МБТ) принят состав скелетных мышц при плотности ткани  $\rho=1,04$  г/см<sup>3</sup>. В качестве моделируемой ткани легких (лёгочная биологическая ткань – ЛБТ) принята усредненная легочная ткань при плотности ткани  $\rho=0,26$  г/см<sup>3</sup> (Tissue Substitutes in Radiation Dosimetry and Measurement. ICRU Report 44, 1989).

## Форма

Фантом выполнен в виде сборно-разборной модели тела взрослого мужчины в положении стоя/лёжа/сидя.

## Телосложение

Масса – от 75 до 77 кг.

Рост – от 173 до 175 см.

## Конструкция

В состав фантома входят 8 антропометрических моделей (фантомов) частей тела, являющихся самостоятельными сборочными единицами (фантом головы, фантом шеи, фантом торса, фантом нижней части тела, фантомы рук, фантомы ног).

# АРДФ-11С в измерительном положении (лёжа)



Внешний вид фантома  
тела АРДФ-11 в  
измерительном  
положении сидя







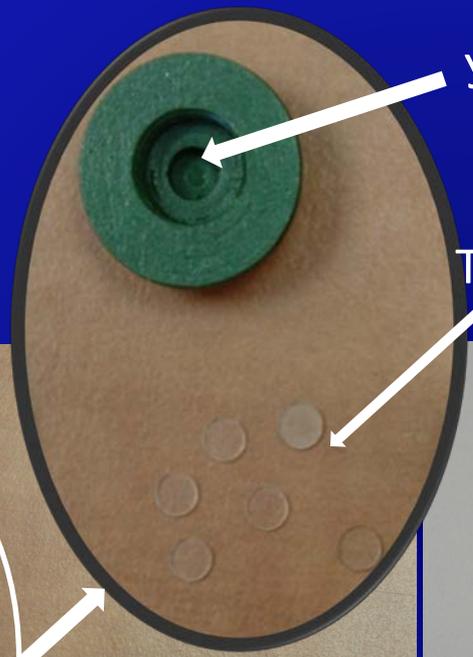
# Фантом головы со съемными глазами и веками



# Фантом головы с одним вставленным глазом без века



# Фантомы глаз с термолюминисцентными детекторами (TLD)



Углубление для установки детектора

Термолюминисцентные детекторы (TLD)



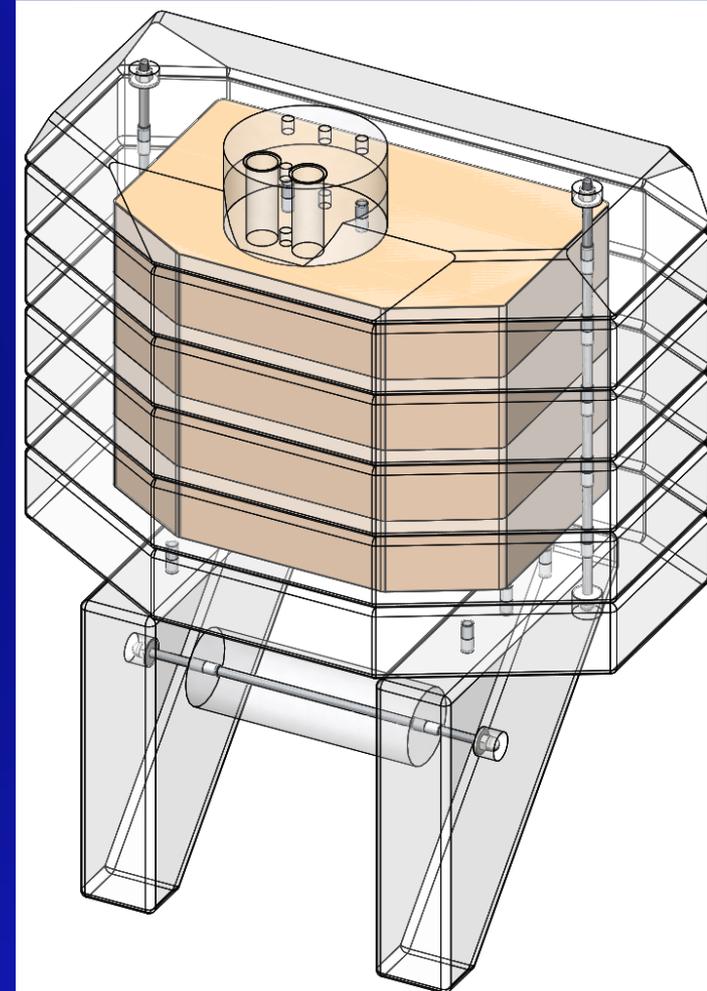
# Фантом торса ФТ-03

Фантом торса предназначен для калибровки и градуировки СИЧ для измерения активности радионуклидов в теле человека.

Фантом торса включает в себя:

- фантом торса ФЛТ-05, который представляет собой набор полиэтиленовых блоков, составляющих имитатор грудной клетки взрослого мужчины, внутри которого располагается полиуретановый блок имитатор легких и оснащенный ОМАСН легких с позвоночным столбом.
- фантом шеи ФЩЖ-05, включающий имитатор щитовидной железы, устанавливаемый на верхний блок фантома груди.

Полиэтиленовый имитатор груди применяется в диапазоне энергий излучения от 400 кэВ до 3 МэВ



# Фантом торса ФТ-03 в двух вариантах сборки в измерительном положении сидя

Полиэтиленовый имитатор торса соответствует человеку массой 82-87 кг.



Полиуретановый имитатор торса соответствует человеку массой 68-73 кг.



# Фантом торса ФТ-03 в измерительном положении сидя



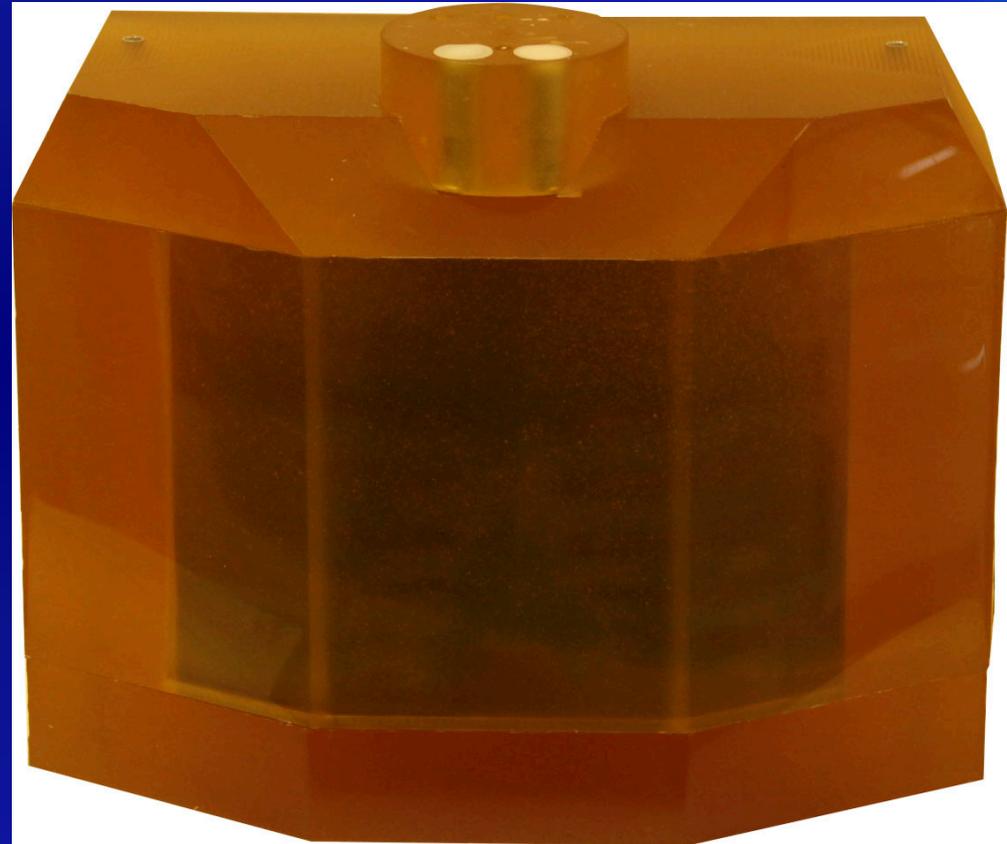
# Фантом торса ФТ-04

Фантом торса предназначен для калибровки и градуировки СИЧ для измерения активности радионуклидов в теле человека.

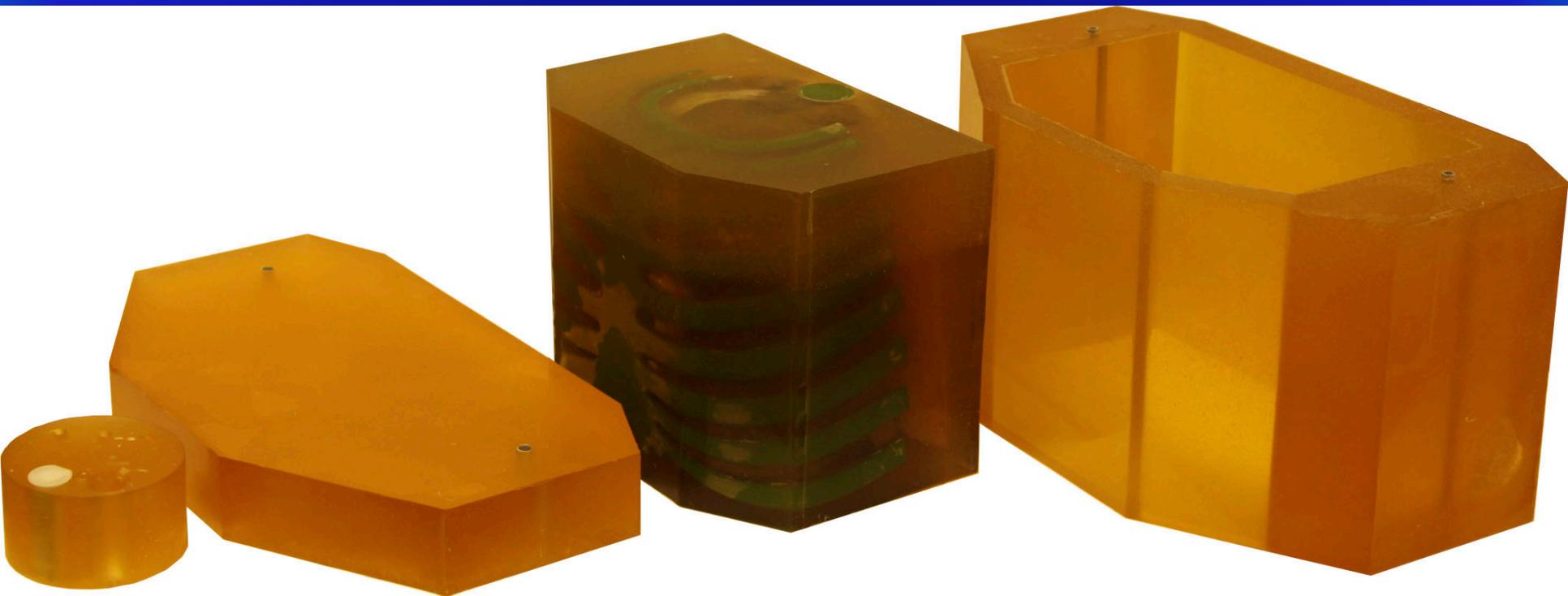
Фантом торса включает в себя:

- фантом торса ФЛТ-06, который представляет собой полиуретановый блок, составляющих имитатор грудной клетки взрослого мужчины, внутри которого располагается полиуретановый блок имитатор легких и оснащенный ОМАСН легких с позвоночным столбом и передней частью реберной рубашки.
- фантом шеи ФЦЖ-06, являющийся фантомом шеи ФЦЖ-05, включающий имитатор щитовидной железы, устанавливаемый на верхний блок фантома груди.

Полиуретановый имитатор грудной клетки применяется в диапазоне энергий излучения от 20 кэВ до 3 МэВ



# Комплектующие фантома торса ФТ-04



# Применение АРДФ-10, -11

Основное применение новой модели фантома АРДФ-11 «ROMAN»:

- градуировка спектрометров излучения человека (СИЧ) с повышенной точностью, проведение поверки и периодического контроля СИЧ, а также стандартизация процедуры межлабораторных сличений (интеркалибровки) измерения инкорпорированной активности, обеспечение метрологической поддержки измерений активности радионуклидов, инкорпорированных в теле человека с целью соблюдения “Закона об обеспечении единства измерений”;

- метрологическая поддержка разработки и внедрения новых методов спектрометрии излучений человека для целей: идентификации радионуклидного состава инкорпорированной активности в теле человека; измерения активности инкорпорированных техногенных и естественных радионуклидов во всём теле, лёгких и других органах; измерения содержания радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  в костной ткани с помощью АРДФ-11С;

- изучение механизмов поступления, распределения, накопления и выведения радионуклидов в организме человека, в частности: дочерних продуктов распада  $^{222}\text{Rn}$  в дыхательном тракте,  $^{241}\text{Am}$ , изотопов плутония, других трансурановых элементов; изотопов йода в щитовидной железе; радиофармацевтических препаратов, введённых пациенту в диагностических и лечебных целях;

- измерение поглощенных доз рентгеновского, тормозного и гамма-излучения в органах и тканях фантома от источников ионизирующих излучений с использованием термолюминесцентных детекторов (ТЛД).

# Опыт применения

Проведена калибровка измерительных трактов многофункционального комплекса спектрометрии излучения человека (СИЧ) с применением следующей группировки фантомов тела человека:

- антропоморфный радиометрический фантом АРДФ-10 «ROMAN»
- антропоморфный радиометрический фантом АРДФ-11 «ROMAN»
- антропоморфный радиометрический фантом АРДФ-11-С «ROMAN» с инкорпорированным радионуклидом стронций-90 + иттрий-90 в скелете;
- унифицированный фантом тела человека УФ-02Т "IGOR";
- фантом шеи (щитовидной железы) ФЩЖ-05.

Получены результаты калибровки для следующих геометрий измерения (обследуемый находится в сидячем положении):

- содержание равномерно распределённого цезия-137, калия-40 во всём теле;
- содержание кобальта-60, америция-241, плутония-239, 240 в лёгких;
- содержание свинца-210, америция-241, урана природного в костях головы (лобная и теменные кости), костях колена (коленная чашечка, бедренная и берцовые кости);
- содержание америция-241 в сердце, печени и желудке.

Рассчитаны значения минимальной измеряемой активности в объектах исследования исходя из времени измерения 10 мин и 1 час. Результаты приведены ниже.

# Результаты калибровки СИЧ с применением фантома УФ-02Т "IGOR"

Телосложение	Вес, кг	Р/н	Е, кэВ	Эффек- тивность, $\text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$	МИА, Бк (Т=1ч, U=50%)	МДА, Бк (Т=10 мин)
Ребёнок 2 года	12	$^{137}\text{Cs}$	от 620 до 700	$5,5 \cdot 10^{-4}$	3	10
Подросток 10 лет	27			$4,9 \cdot 10^{-4}$	3	10
Подросток 14 лет	45			$4,3 \cdot 10^{-4}$	4	12
Мужчина	70			$3,5 \cdot 10^{-4}$	4	15
Мужчина	92			$3,3 \cdot 10^{-4}$	4	15
Мужчина	115			$3,2 \cdot 10^{-4}$	4	15

# Результаты калибровки СИЧ с применением фантома АРДФ-10 «ROMAN»

Орган	Р/н	Е, кэВ	Интенс. от фантома, с <sup>-1</sup>	А, Бк на 01.08.2012	Эффективность, с <sup>-1</sup> ·Бк <sup>-1</sup>	МИА, Бк (Т=1ч, U=50%)	МДА, Бк (Т=10 мин)
Лобная кость	<sup>210</sup> Pb	46,5	10,6	19600	0,0135	1,0	1,2
Лобная кость	U-nat	63,3	3,47	6750	0,0115	0,9	1,0
		185,7	1,42		0,00039	30	36
Колено	U-nat	63,3	3,46	29700	0,0026	3,6	4,4
		185,7	1,71		0,00011	100	130
Колено	<sup>210</sup> Pb	46,5	3,64	33630	0,0027	5,0	6,1
Легкие	<sup>241</sup> Am	59,5	13,2	43090	0,00085	11	14

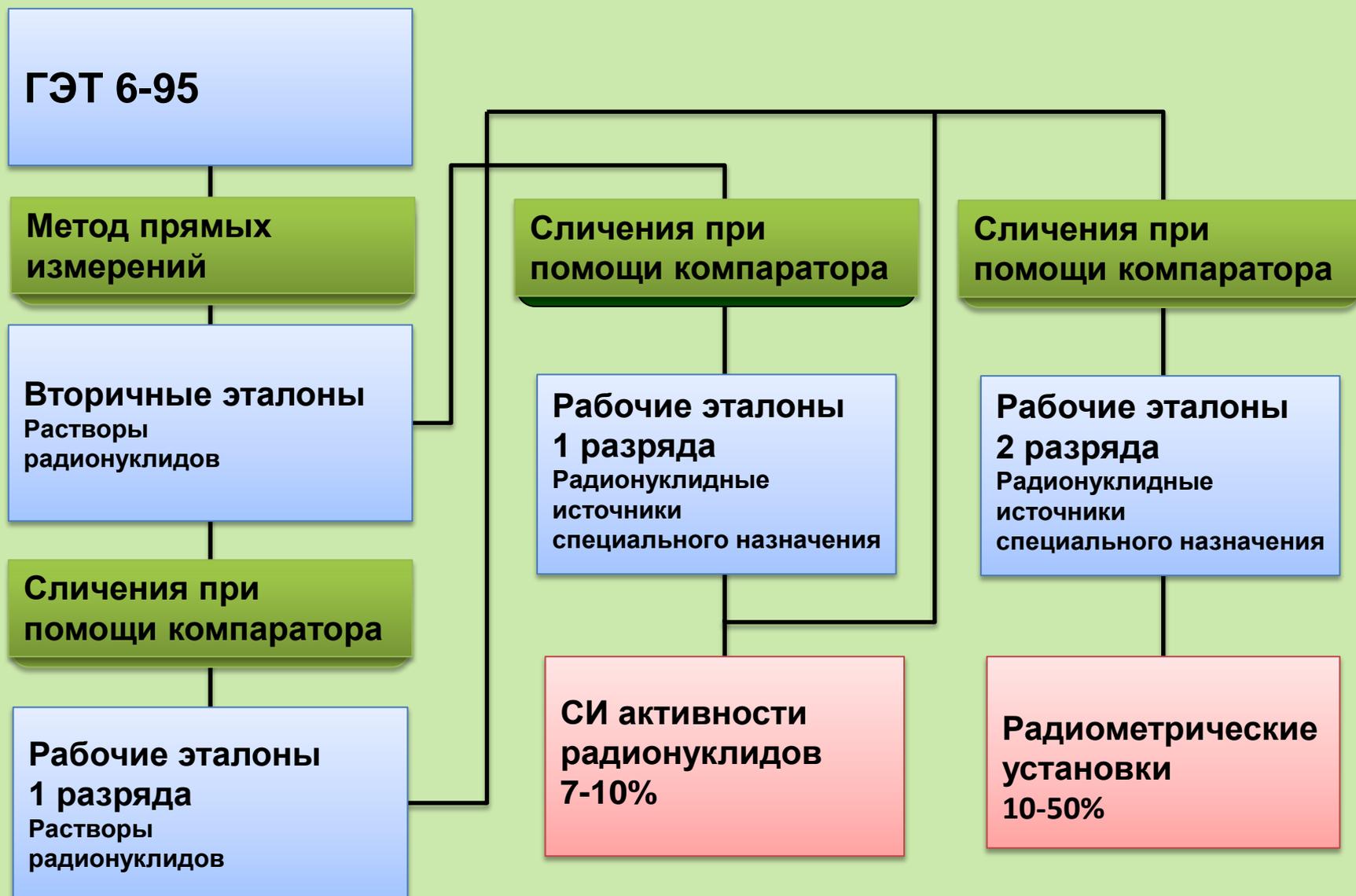
# Результаты расчета МДА с применением радиодозиметрических фантомов тела человека

Геометрия измерений	СИЧ-Э		СИЧ-100	
	БД	МДА, Бк	БД	МДА, Бк
все тело $^{137}\text{Cs}$ УФ-02Т	4 БД Ø160x160мм	25	4 БД Ø150x100мм	45
скелет $^{90}\text{Sr}$ АРДФ-11С	4 БД Ø150x3 мм	700	2 БД Ø150x3 мм	1600
легкие $^{60}\text{Co}$ ФЛТ-05	4 БД Ø63x63 мм	7	-	-
легкие $^{241}\text{Am}$ ФЛТ-03	4 планарных ППД	7	2 планарных ППД	10

МДА рассчитана для экспозиции 30 мин по формуле:

$$MDA = \frac{2,3}{\varepsilon} \sqrt{\frac{n\phi}{t}}$$

Государственная поверочная схема для средств измерений активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников ГОСТ 8.033-96



# Схема поэтапного приготовления растворов

Исходный концентрированный раствор  $^{137}\text{Cs}$  в ампуле (1,0195 г),  $A_m=287,4$  кБк/г

Разбавление № 1,  $k=18,25$

Раствор №1  $^{137}\text{Cs}$ ,  $m=18,606$  г,  $A_m=15,75$  кБк/г

Аликвота раствора  $m=2,150$  г,  $A=33,86$  Бк

Разбавление № 2,  $k=45,72$

Раствор №2  $^{137}\text{Cs}$ ,  $m=98,298$  г,  $A_m=344,5$  Бк/г

Для разбавления использовался весь раствор № 2

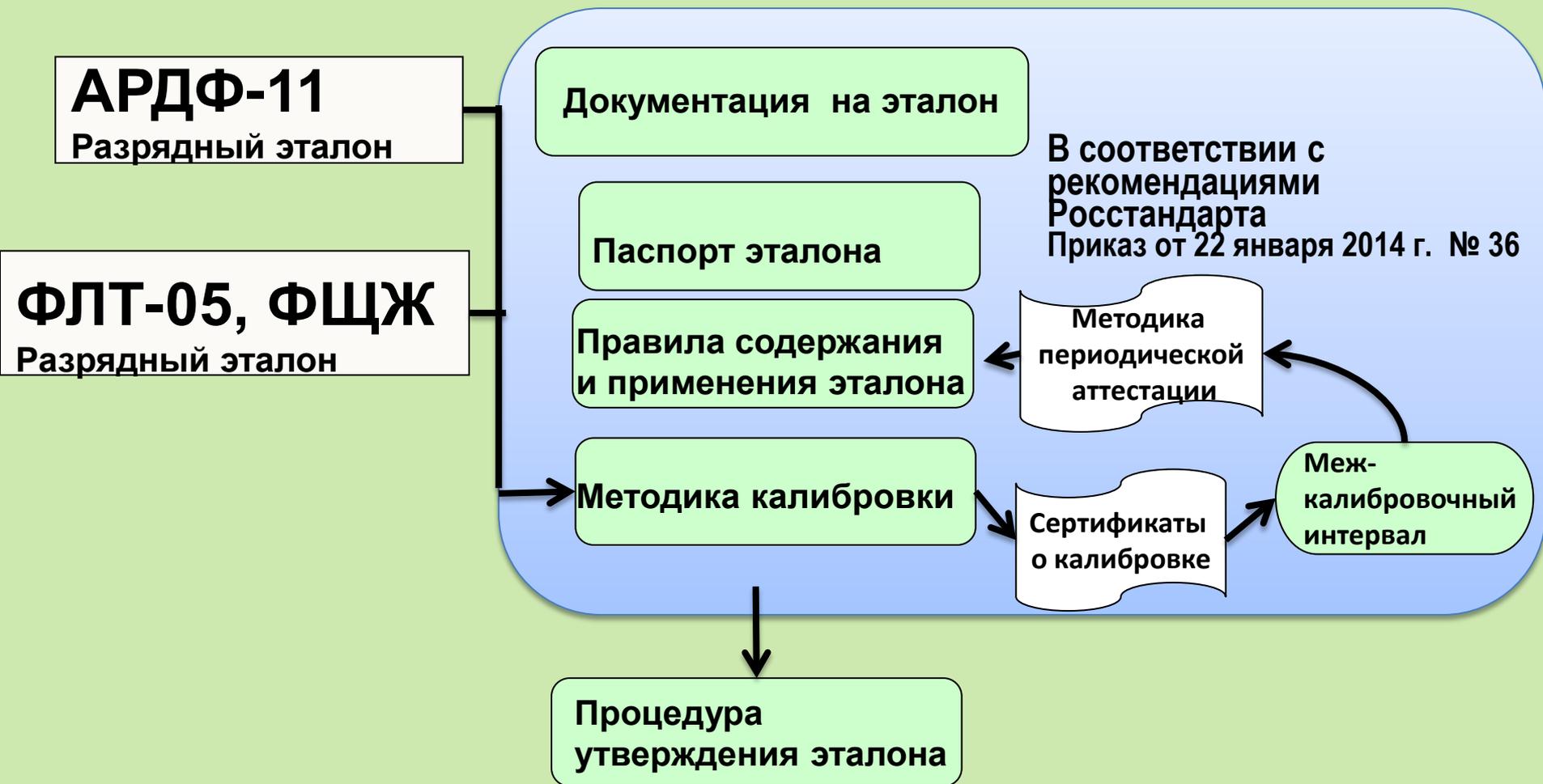
Разбавление № 3,  $k=4,854$

Раствор №3  $^{137}\text{Cs}$ ,  $m=477,139$  г,  $A_m=70,9$  Бк/г

Ключевые сличения эталона ВНИИМ с национальными эталонами единиц активности радионуклидов ВРМ.Р1(II)-К1.-  
-Cs-137 (2007 г.)

# Калибровка и аттестация эталонов

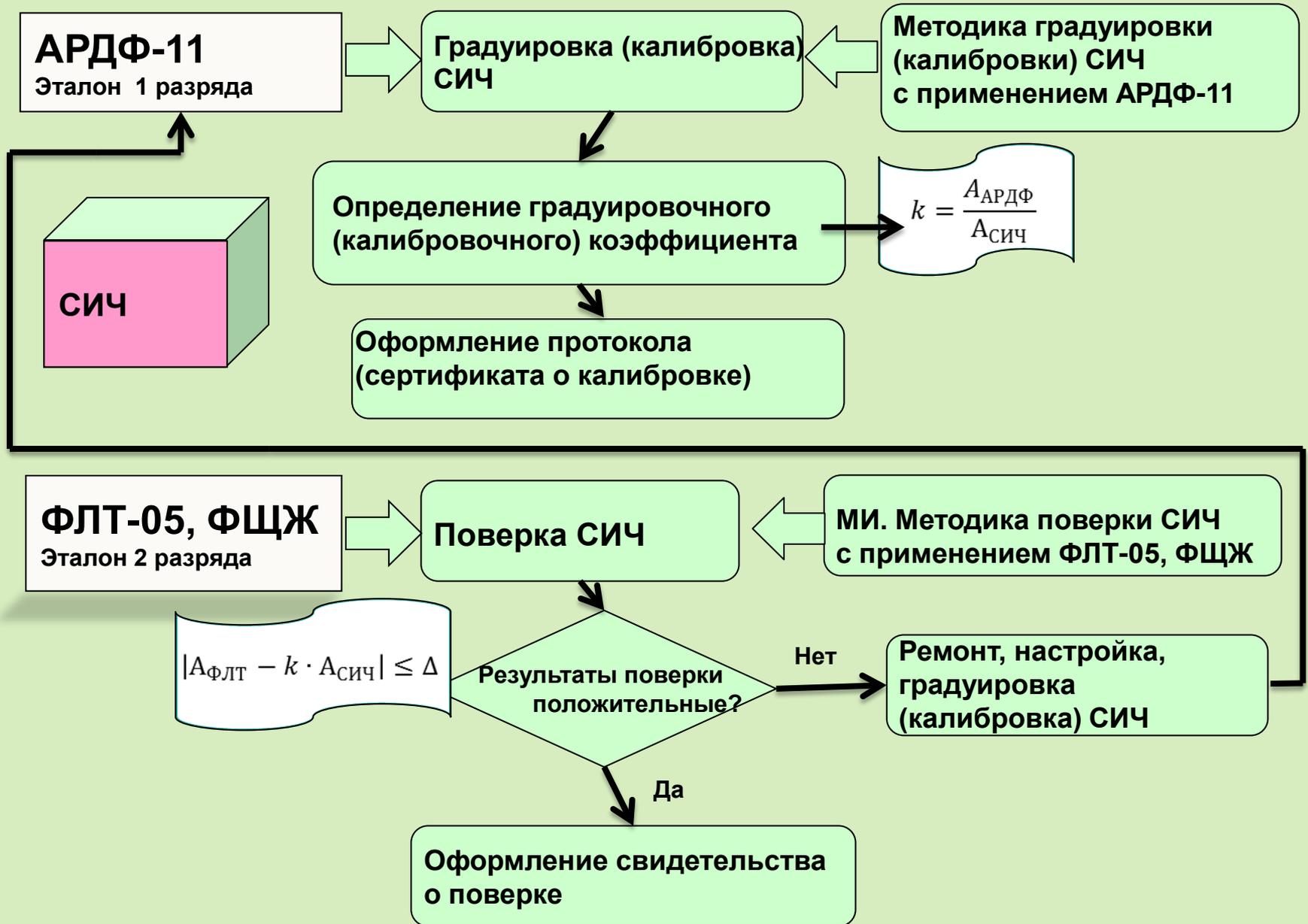
Постановление Правительства РФ от 23 сентября 2010 г. № 734



# Поверка СИЧ



# Градуировка (калибровка) и поверка СИЧ



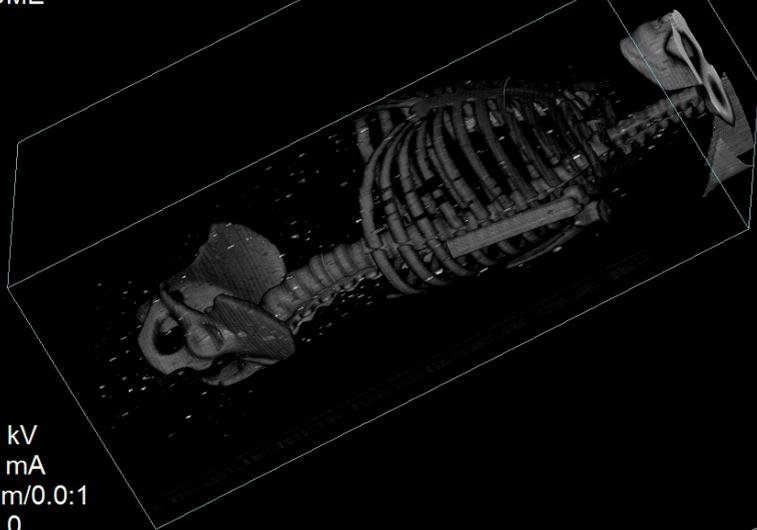
# Компьютерные томограммы АРДФ-10

Одним из элементов контроля качества при производстве антропоморфных радиодозиметрических фантомов АРДФ-10,-11 является исследование готового изделия на компьютерном томографе.



Emotion Duo  
Ex: 1  
Lung 5mm 5.0 B40s  
Se: 5/6  
B40s  
Full Resolution  
Mag: 1.0x  
VOLUME

ARCERM SPb  
XXXX  
1964 Mar 20 M XXXX  
Acc:  
2012 Mar 20  
17:17:50.734000

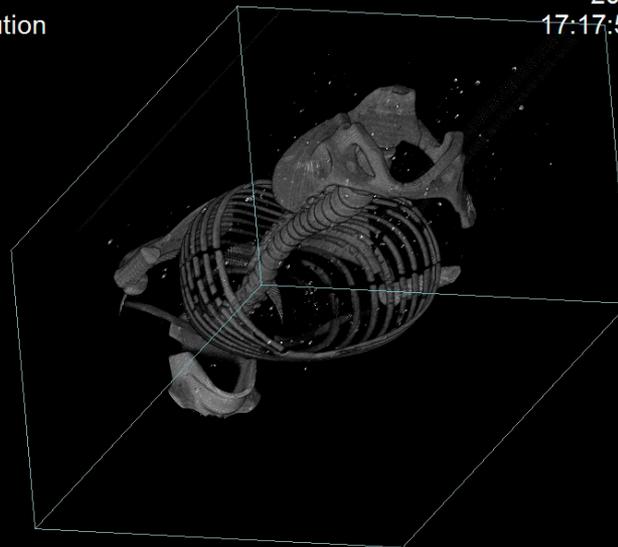


130.0 kV  
119.0 mA  
5.0 mm/0.0:1  
Tilt: 0.0  
0.8 s  
W:478 L:420



Emotion Duo  
Ex: 1  
Lung 5mm 5.0 B40s  
Se: 5/6  
B40s  
Full Resolution  
Mag: 1.0x  
VOLUME

ARCERM SPb  
XXXX  
1964 Mar 20 M XXXX  
Acc:  
2012 Mar 20  
17:17:50.734000

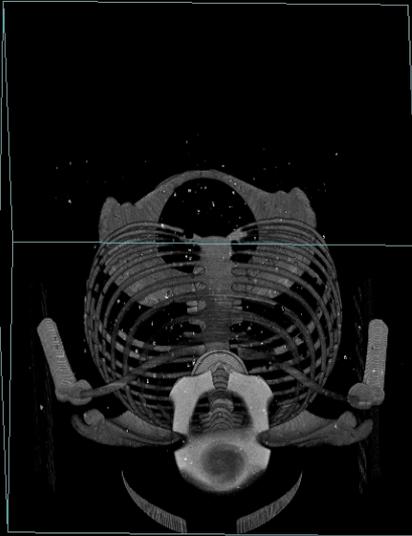


130.0 kV  
119.0 mA  
5.0 mm/0.0:1  
Tilt: 0.0  
0.8 s  
W:478 L:420



Emotion Duo  
Ex: 1  
Lung 5mm 5.0 B40s  
Se: 5/6  
B40s  
Full Resolution  
Mag: 1.0x  
VOLUME

ARCERM SPb  
XXXX  
1964 Mar 20 M XXXX  
Acc:  
2012 Mar 20  
17:17:50.734000



130.0 kV  
119.0 mA  
5.0 mm/0.0:1  
Tilt: 0.0  
0.8 s  
W:478 L:420



Emotion Duo  
Ex: 1  
Lung 5mm 5.0 B40s  
Se: 5/6  
B40s  
Full Resolution  
Mag: 1.0x  
VOLUME

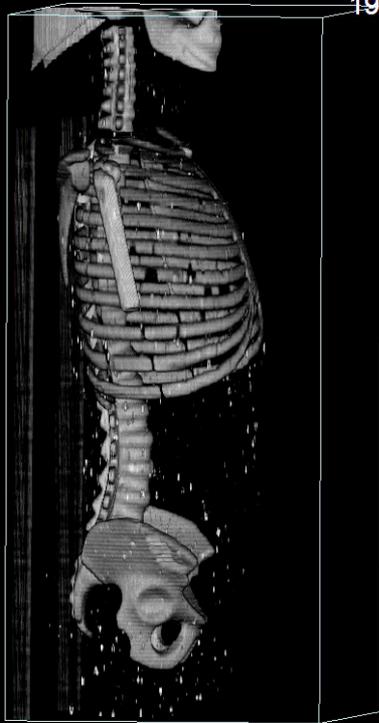
ARCERM SPb  
XXXX  
1964 Mar 20 M XXXX  
Acc:  
2012 Mar 20  
17:17:50.734000



130.0 kV  
119.0 mA  
5.0 mm/0.0:1  
Tilt: 0.0  
0.8 s  
W:478 L:420



Emotion Duo  
Ex: 1  
Lung 5mm 5.0 B40s  
Se: 5/6  
B40s  
Full Resolution  
Mag: 1.0x  
VOLUME

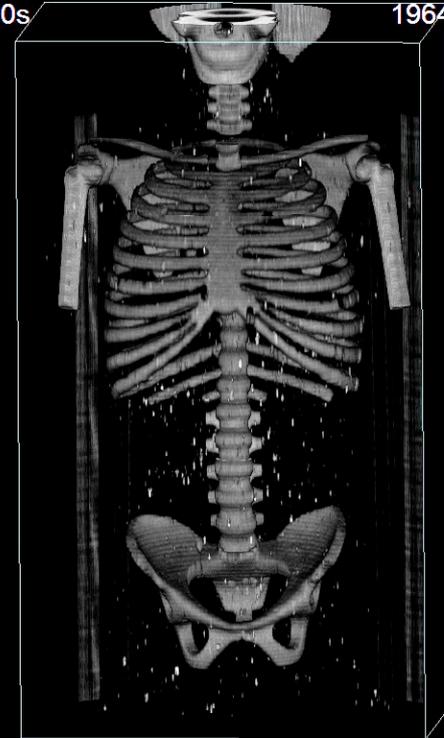


130.0 kV  
119.0 mA  
5.0 mm/0.0:1  
Tilt: 0.0  
0.8 s  
W:478 L:420

ARCERM SPb  
XXXX  
1964 Mar 20 M XXXX  
Acc:  
2012 Mar 20  
17:17:50.734000



Emotion Duo  
Ex: 1  
Lung 5mm 5.0 B40s  
Se: 5/6  
B40s  
Full Resolution  
Mag: 1.0x  
VOLUME



130.0 kV  
119.0 mA  
5.0 mm/0.0:1  
Tilt: 0.0  
0.8 s  
W:478 L:420

ARCERM SPb  
XXXX  
1964 Mar 20 M XXXX  
Acc:  
2012 Mar 20  
17:17:50.734000



Emotion Duo

Ex: 1

Lung 5mm 5.0 B40s

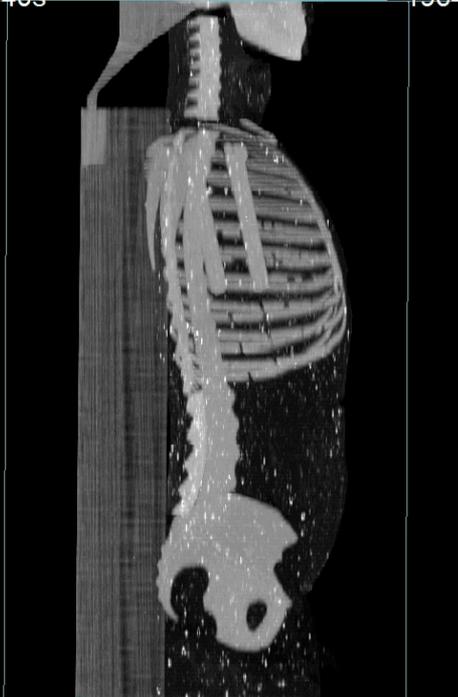
Se: 5/6

B40s

Full Resolution

Mag: 1.0x

MIP



130.0 kV  
119.0 mA  
5.0 mm/0.0:1  
Tilt: 0.0  
0.8 s  
W:753 L:387

ARCERM SPb

XXXX

1964 Mar 20 M XXXX

Acc:

2012 Mar 20

17:17:50.734000



Emotion Duo

Ex: 1

Lung 5mm 5.0 B40s

Se: 5/6

B40s

Full Resolution

Mag: 1.0x

MIP



130.0 kV  
119.0 mA  
5.0 mm/0.0:1  
Tilt: 0.0  
0.8 s  
W:753 L:387



ARCERM SPb

XXXX

1964 Mar 20 M XXXX

Acc:

2012 Mar 20

17:17:50.734000

Emotion Duo  
Ex: 1  
Topogram 1.0 T20s  
C:  
Se: 1/6  
Im: 1/1  
Cor: A159.0 (COI)  
Mag: 1.7x

ARCERM SPb  
FANTOM  
Jan 01 2013 M 1000  
Acc:  
2013 Oct 16  
Acq Tm: 15:42:02.467992

512 x 512  
T20s

R<sub>A</sub>

110.0 kV  
36.0 mA  
Tilt: 0.0  
ET: 11029.0 msGP:  
GP: s  
TS: mm/s  
SPR:

Lin:DCM / Lin:DCM / Id:ID  
WINDOW1 W:350 L:50

DFOV: 102.2 x 102.2cm  
512 x 512

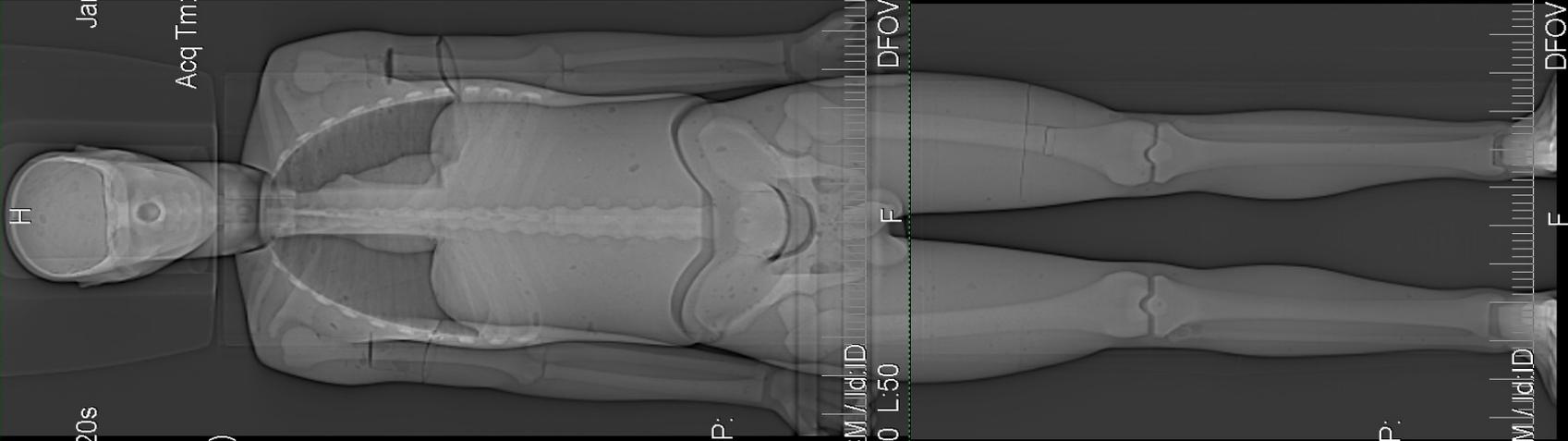
Mag: 1.7x

R<sub>A</sub>

110.0 kV  
36.0 mA  
Tilt: 0.0  
ET: 10818.0 msGP:  
GP: s  
TS: mm/s  
SPR:

Lin:DCM / Lin:DCM / Id:ID  
W:400 L:60

DFOV: 102.2 x 102.2cm



# Радиохимическая лаборатория ООО НТЦ РАДЭК



**Спасибо за внимание**



**Шикаленко Фёдор Николаевич**

**Брюхов Роман Евгеньевич**

**ООО «НТЦ «РАДЭК»**

**Санкт-Петербург, 190005**

**ул. Егорова, д. 26А**

**Тел. (812) 320-65-17, факс (812) 322-55-72**

**E-mail: [info@radek.ru](mailto:info@radek.ru)**