

Аппаратурное, метрологическое и методическое обеспечение измерений направленных эквивалентов доз

Нурлыбаев К.

Мартынюк Ю.Н.

НПП «Доза»

Логинова С.В.

РМАНПО, кафедра радиационной гигиены

Общие положения

Нормирование доз в НРБ-99/2009

Таблица 3.1

Основные пределы доз

Нормируемые величины*	Пределы доз	
	персонал (группа А)**	Население
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
Эквивалентная доза за год в хрусталике глаза***	150 мЗв	15 мЗв
коже****	500 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

Примечания:

* Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.

** Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни воздействия персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А. Далее в тексте все нормативные значения для категории персонал приводятся только для группы А.

*** Относится к дозе на глубине 300 мг/см².

**** Относится к среднему по площади в 1 см² значению в базальном слое кожи толщиной 5 мг/см² под покровным слоем толщиной 5 мг/см². На ладонях толщина покровного слоя - 40 мг/см². Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого 1 см² площади кожи этот предел не будет превышен. Предел дозы при облучении кожи лица обеспечивает не превышение предела дозы на хрусталик от бета-частиц.

Документ МАГАТЭ **DS453**

На английском языке

IAEA SAFETY STANDARDS

For protecting people and environment

Occupational Radiation Protection

DRAFT SAFETY GUIDE

DS453

10 February 2014

Перевод на русский язык

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

для защиты людей и окружающей среды

**Радиационная защита при профессиональном
облучении**

ПРОЕКТ РУКОВОДСТВА ПО БЕЗОПАСНОСТИ

DS453

23 апреля 2015 г.

Руководства по безопасности МАГАТЭ

СЕРИЯ
НОРМ
МАГАТЭ
ПО БЕЗОПАСНОСТИ

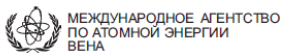
Оценка профессионального
облучения вследствие
поступления радионуклидов

РАЗРАБОТАНО СОВМЕСТНО МЕЖДУНАРОДНЫМ
АГЕНТСТВОМ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
И МЕЖДУНАРОДНЫМ БЮРО ТРУДА



РУКОВОДСТВО
ПО БЕЗОПАСНОСТИ

№ RS-G-1.2



МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО
ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА

СЕРИЯ
НОРМ
МАГАТЭ
ПО БЕЗОПАСНОСТИ

Радиационная защита
при профессиональном
облучении

РАЗРАБОТАНО СОВМЕСТНО МЕЖДУНАРОДНЫМ
АГЕНТСТВОМ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
И МЕЖДУНАРОДНЫМ БЮРО ТРУДА



РУКОВОДСТВО
ПО БЕЗОПАСНОСТИ

№ RS-G-1.1



МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО
ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА

СЕРИЯ
НОРМ
МАГАТЭ
ПО БЕЗОПАСНОСТИ

Оценка профессионального
облучения от внешних
источников ионизирующего
излучения

РАЗРАБОТАНО СОВМЕСТНО МЕЖДУНАРОДНЫМ
АГЕНТСТВОМ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
И МЕЖДУНАРОДНЫМ БЮРО ТРУДА



РУКОВОДСТВО
ПО БЕЗОПАСНОСТИ

№ RS-G-1.3



МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО
ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА

Дозиметрия кистей рук и ступней ног

Цитата из проекта **Руководства по безопасности DS 453 МАГАТЭ :**

2.37. ... Для всех видов излучения, для которых рассматривается облучение конечностей (**кистей рук и ступней ног**), более вероятно, что ограничивающей тканью или органом будет **кожа конечностей**, чем они сами. Оценка эквивалентной дозы облучения кожи будет являться консервативной оценкой эквивалентной дозы конечностей. Следовательно, **дозиметр для конечностей** ... становится **кожным дозиметром** и должен быть предназначен **для измерения величины $H_p(0,07)$** .

Операционная величина – направленный эквивалент дозы

В 2016г. утверждены методические указания ГК «Росатом»:

- **МУ 2.6.5.028–2016** «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организаций контроля профессионального облучения в условиях планируемого облучения. Общие требования»;
 - **МУ 2.6.5.026-2016**. «Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Общие требования»;
 - **МУ 2.6.5.008-2016**. «Контроль радиационной обстановки. Общие требования»;
 - **МУ 2.6.5.037- 2016**. «Контроль эквивалентной дозы фотонного и бета-излучения в коже и хрусталике глаза»
- и ряд других методических указаний

Утвержденными МУ введена операционная величина в дозиметрию внешнего облучения - **направленный эквивалент дозы $H'(d, \Omega)$**

Операционная величина - направленный эквивалент дозы $H'(d, \Omega)$

Направленный эквивалент дозы $H'(d, \Omega)$ в точке поля излучения — это эквивалент дозы, которая формируется соответствующим широким полем в стандартной сфере МКРЕ на глубине d по радиусу, ориентированному в данном направлении Ω . В любое определение эквивалента направленной дозы следует включать указание характерной глубины d и направления излучения Ω .



Рис.5. Схема определения направленного эквивалента дозы $H'(d, \alpha)$ при однонаправленном излучении.

Операционные дозовые величины

Задача	Дозиметрический контроль рабочих мест (ДКРМ)	Индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК)
Контроль эффективной дозы	Амбиентный эквивалент дозы $H^*(10)$	Индивидуальный эквивалент дозы $H_p(10)$
Контроль доз в коже, кистях рук, ступнях ног и в хрусталике глаза	Направленные эквиваленты дозы $H'(0,07,\Omega); H'(3,\Omega)$	Индивидуальные эквиваленты дозы $H_p(0,07); H_p(3)$

Дозы от сильнопроникающих и слабопроникающих излучений

Сильнопроникающие излучения (нейтроны и высокоэнергетичные фотоны):

- проникают внутрь тела человека;
- создают дозы **во внешних и внутренних органах**;
- дают вклады **в эффективную дозу и в эквивалентные дозы во внешних органах (в коже и хрусталике глаза)**

Операционная величина – **амбиентный эквивалент дозы**

Слабопроникающие излучения (низкоэнергетичные фотоны и бета-частицы):

- не проникают внутрь тела человека;
- создают дозы **во внешних органах**;
- дают вклады **в эквивалентные дозы** во внешних органах (**в коже и хрусталике глаза**)

Операционная величина – **направленный эквивалент дозы**

Слабопроникающие излучения

Руководство по безопасности МАГАТЭ RS-G-1.3, Оценка профессионального облучения от **внешних** источников ионизирующего излучения:

- 2.14. ...Если при заданной ориентации тела в однородном и однонаправленном поле излучения эквивалентная доза, получаемая любым малым участком чувствительного слоя кожи, более чем **в десять раз** превышает эффективную дозу, то говорят, что излучение является слабопроникающим...
- 3.11. ...слабопроникающие излучения - бета-частицы или фотоны с энергией менее 15 кэВ

Контроль уровней радиоактивного загрязнения поверхностей

В настоящее время контролируется плотность потока бета-частиц (в соответствии с табл. 8.9 НРБ-99/2009 «Допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхностей ... кожных покровов, спецодежды, ...»)

Кроме табл. 8.9 в НРБ-99/2009 приведены *для электронов и бета-частиц*:

В таблице 8.2 - значения среднегодовых допустимых плотностей потоков моноэнергетических электронов для лиц из персонала при облучении кожи;

В таблице 8.3 - значения среднегодовых допустимых плотностей потоков моноэнергетических электронов для лиц из персонала при облучении хрусталиков глаз;

В таблице 8.4 - значения среднегодовых допустимых плотностей потоков бета-частиц для лиц из персонала при контактном облучении кожи;

Противоречия между значениями из разных таблиц НРБ-99/2009

Допустимые значения плотности потока электронов:

- табл. 8.2: 230 част/(с.см²) при облучении кожи ($E_{ср}=0,7$ МэВ);
- табл. 8.3: 540 част/(с.см²) при облучении хрусталика глаза в передно- задней (ПЗ) проекции ($E_{ср}=0,8$ МэВ);
- табл. 8.4: 170 част/(с.см²) при контактном облучении кожи ($E_{ср}=0,7$ МэВ);
- табл. 8.9: 3,33 част/(с.см²) при облучении кожи (бета-активные нуклиды);
- табл. 8.9: 0,67 част/(с.см²) при облучении кожи (при загрязнении Sr-90+Y-90);

Производные пределы

Технический отчет МАГАТЭ TRS 120, 1970.
Мониторинг радиоактивного загрязнения поверхностей, рассматривает производные от пределов дозы пределы в поверхностных активностях:

- пределы производные **от рисков ингаляции**;
- пределы производные **от опасности внешнего облучения**;
- пределы производные **от рисков проглатывания**.

Расчеты приведенные в отчете дают следующие пределы:

- **от 1,8 част/(с.см²)** (кожа – для разных энергий излучения);
- **до 183 част/(с.см²)** (одежда - для частиц низких энергий)

Контроль уровней радиоактивного загрязнения поверхностей

Значения плотностей потока бета-частиц с поверхностей при измерениях зависят :

- от **калибровки** прибора;
- от **типа детектора** прибора (газоразрядный счетчик, сцинтиллятор, полупроводниковый детектор);
- от **эффективности детектора** прибора;
- от **расстояния** «детектор–поверхность» при измерениях;
- от **энергии бета-частиц**.

Допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхностей **не являются нормируемыми величинами**. Нормируемыми величинами в дозиметрии являются: **годовые эквивалентные дозы в коже и хрусталике глаза**.

Поэтому при ДКРМ нужно измерять операционные величины **«направленные эквиваленты дозы $H'(0,07, \Omega)$, $H'(3, \Omega)$ »**

Аппаратурное обеспечение

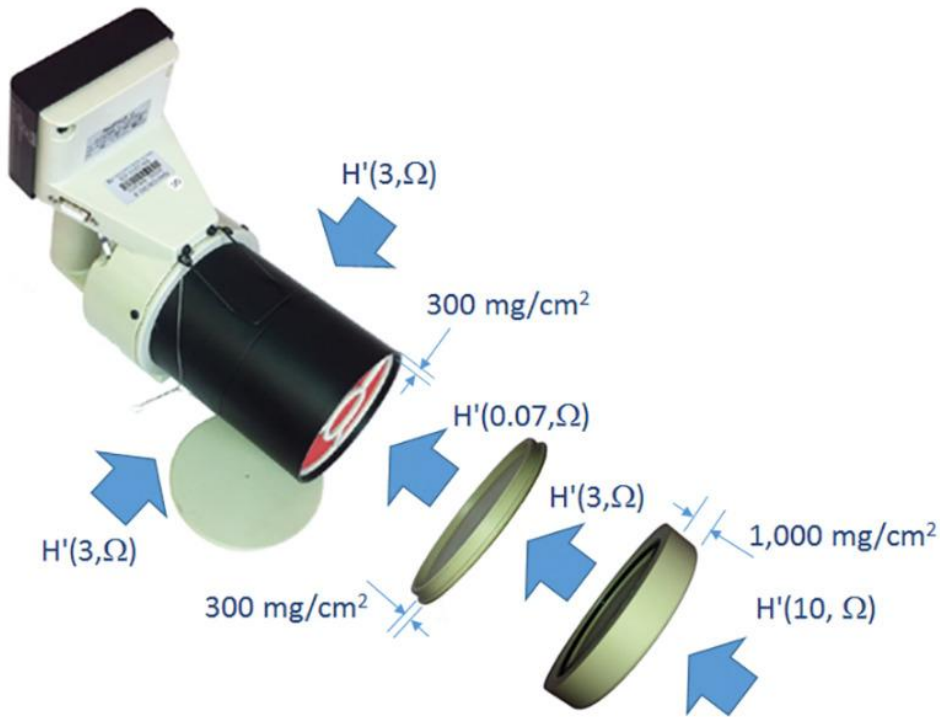
Стандарт МЭК по дозиметрам ДКРМ

МЭК 60846-1, 2009, Приборы радиационной защиты –
Измерители и/или мониторы (мощности) амбиентного
и/или **направленного эквивалента дозы бета,
рентгеновского** и гамма-излучения – Часть 1:
Портативные измерители и мониторы для измерений **на
рабочем месте и в окружающей среде**

Классификация дозиметров ДКРМ

Основная категория	Обозначение	Минимальный требуемый диапазон	Варианты расширений			
			для диапазона энергии	для диапазона углов	для диапазона мощности и дозы	для диапазона дозы
H'(0,07) рентген, гамма-излучение	S (кожа)	энергия: 10 кэВ до 250 кэВ; мощность: 3 порядка величины, вкл. 0,1 мЗв/ч доза: 3 порядка величины, вкл. 0,1 мЗв.	h (вск): вкл. 300 кэВ u :(сверх) вкл. 1,3 МэВ		a (аварийн. дозы) верхний предел 10 Зв ч⁻¹ e (окр.ср.): нижний предел 0,5 мкЗв/ч	a (аварийн.): верхний предел 2 Зв f : нижний предел 10 мкЗв
H'(0,07) бета-излучение	B	средняя энергия (E ср.): от 200 кэВ до 800 кэВ; мощность: 3 порядка величины, вкл. 0,1 мЗв/ч доза: 3 порядка величины, вкл. 0,1 мЗв.	l : нижний предел 60 кэВ (E ср)		a (авар.): верхний предел 10 Зв ч⁻¹ e (окр. ср): нижний предел 0,5 мкЗв/ч	a (авар.): верхний предел 2 Зв f : нижний предел 10 мкЗв

Дозиметр RAM ION



Дозиметр RAM ION обеспечивает измерения:

- амбиентного эквивалента дозы $H^*(10)$
- направленного эквивалента дозы $H'(3, \Omega)$
- направленного эквивалента дозы $H'(0,07, \Omega)$

в соответствии с их определениями

Метрологическое обеспечение

Стандарты ИСО по метрологии дозиметрии фотонного и бета-излучений

- ISO 4037-2,1997, *X and gamma reference radiation* for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their *response* as a function of *photon energy* —Part 2: Dosimetry for radiation protection over the energy ranges *8 keV to 1,3 MeV* and 4 MeV to 9 MeV
- ISO 6980-3:2006 Nuclear energy — Reference *beta-particle radiation* —Part 3: Calibration of *area* and personal *dosimeters* and the determination of their *response* as a function of *beta radiation energy* and *angle of incidence*

Метрология дозиметрии в РФ

ГОСТ 8.070-2014 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы, эквивалента дозы и мощности эквивалента дозы **фотонного и электронного излучений**

ГОСТ Р 8.804-2012 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений кермы в воздухе, мощности кермы в воздухе, экспозиционной дозы, мощности экспозиционной дозы, амбиентного, **направленного** и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного, **направленного** и индивидуального **эквивалентов дозы** и потока энергии рентгеновского и гамма-излучений.

Поверка (калибровка) дозиметров по направленным эквивалентам дозы фотонов

При энергиях фотонов между 0,3 МэВ и 10 МэВ значения направленных эквивалентов дозы и AMBIENTного эквивалента дозы $H^*(10)$ совпадают (*из МКРЗ 74*). Калибровка по величинам направленных эквивалентов дозы проводится при энергии 662 кэВ излучения источника Cs-137.

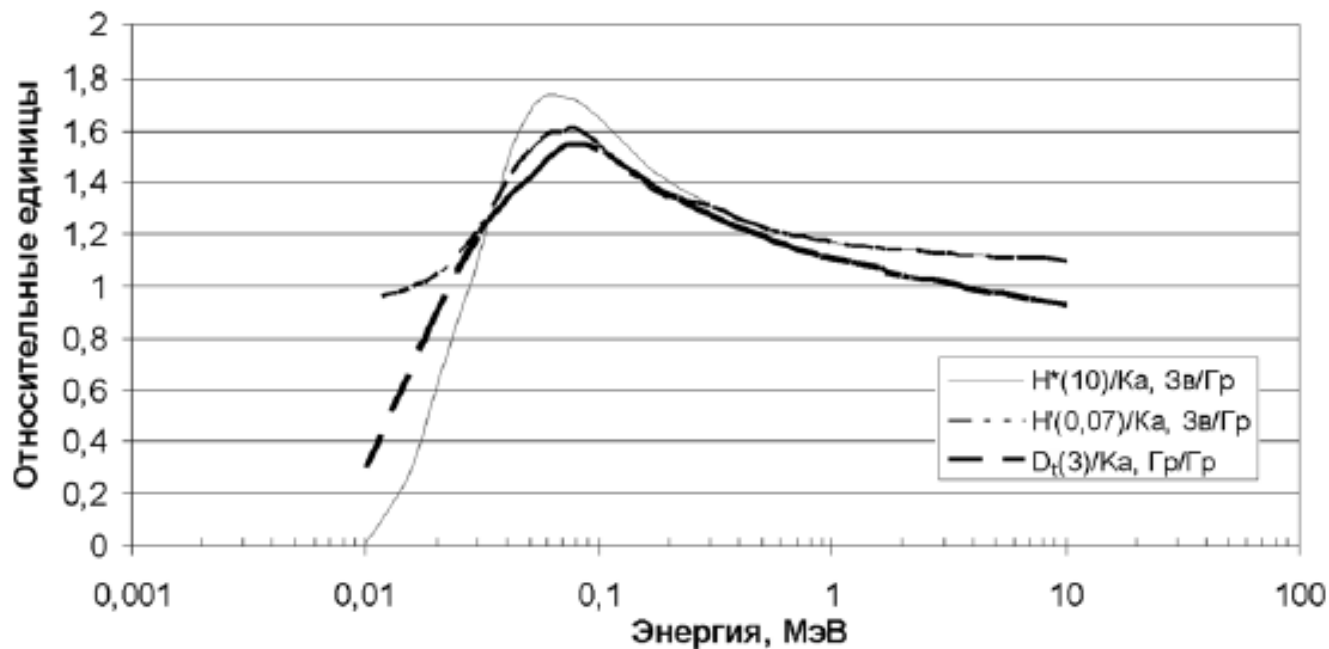


Рис.3. Зависимости коэффициентов перехода от кермы в воздухе к эквивалентам доз $H(0,07)$, $H^*(10)$ и поглощенной дозе $D_t(3)$ для фотонного излучения от энергии фотонов.

Поверка (калибровка) дозиметров фотонов



Установка **УПГД-XXX** для поверки (калибровки) дозиметров фотонов. Источники кобальт-60 (**Co-60**), цезий-137 (**Cs-137**), америций-241 (**Am-241**)

Поверка (калибровка) дозиметров бета-излучения

Внесена в Госреестр СИ РФ установка для поверки (калибровки) **дозиметров бета-излучения УПБ-ИД**.

Установка передает единицы **поглощенной дозы бета-излучения** в тканеэквивалентном веществе на разных глубинах, в т.ч. **7** и **300** мг·см⁻².

Переход к единицам **направленных** и индивидуальных эквивалентов доз **$H'(0,07,\Omega)$; $H'(3,\Omega)$** в зивертах от единиц поглощенной дозы бета-излучения в греях осуществляется с использованием переходных коэффициентов из стандарта **ИСО 6980-3**

Поверка (калибровка) дозиметров бета-излучения

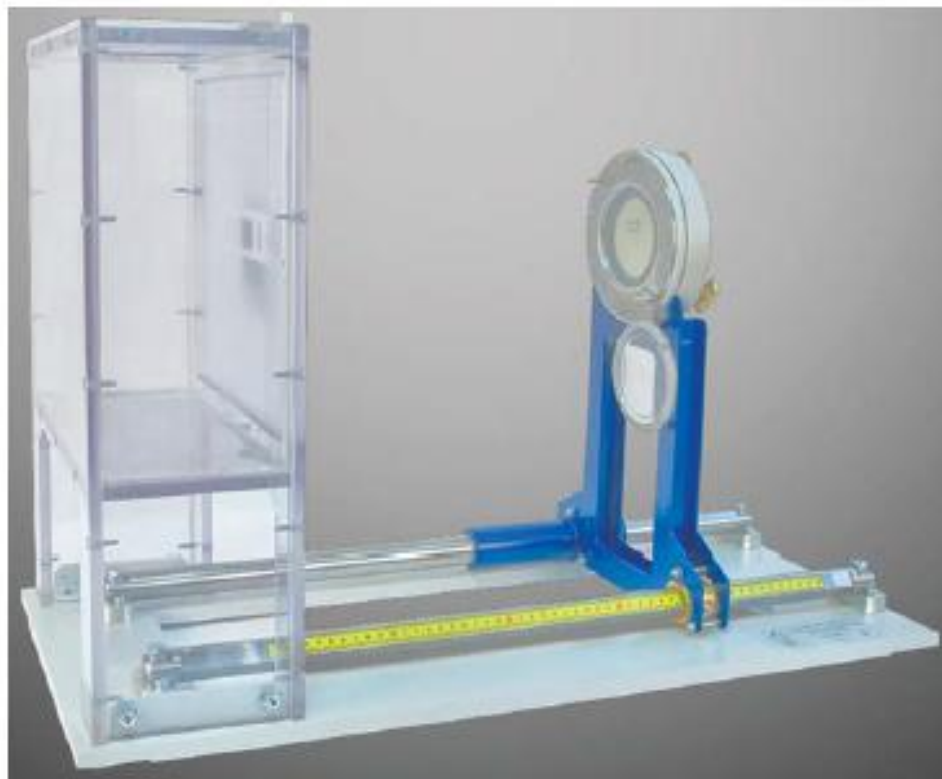


Рис.4. Установка для поверки дозиметров бета-излучения УПБ-ИД.

Установка для поверки (калибровки) дозиметров бета-излучения **УПБ-ИД**. Источник стронций-90+иттрий-90 (**Sr-90 + Y-90**)

Поверка (калибровка) дозиметров по направленным эквивалентам дозы

Дозиметр измеряет эквиваленты дозы в соответствии с их определениями.

Корректность измерений эквивалентных доз проверяется при испытаниях с целью утверждения типа.

Первичная поверка (калибровка) дозиметров по направленным эквивалентам дозы **фотонов и бета-излучения** проводится при их выпуске.

Периодическая поверка (калибровка) дозиметров проводится по направленным эквивалентам дозы **фотонов** излучению источника цезий-137 (**Cs-137**).

Методическое обеспечение

Методические указания

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель руководителя
Федерального медико-
биологического агентства,
Главный государственный
санитарный врач ФМБА России



 В.В. Романов

 2016 г.

Дата введения – с момента утверждения

2.6.5. Атомная энергетика и промышленность

Контроль эквивалентной дозы фотонного и бета-излучения в коже и хрусталике глаза

Методические указания

МУ 2.6.5.037- 2016

Рекомендации МКРЗ от 2007 года. Публикация 103 МКРЗ

(В 167) При мониторинге слабопроникающего излучения в среде почти всегда используется $H'(0.07, \Omega)$. При падении однонаправленного излучения, что обычно происходит при калибровке оборудования, эта величина может быть записана в виде $H'(0.07, \alpha)$, где α – угол между направлением Ω и направлением, противоположным направлению падения излучения. В практике радиационной защиты направление Ω часто не устанавливается, потому что интерес представляет **максимальное значение $H'(0.07, \Omega)$** . Оно обычно получается вращением измерителя мощности дозы во время проведения измерения и регистрацией максимального показания прибора.

Заключение

Введена операционная величина в дозиметрии слабопроникающих излучений – направленный эквивалент дозы

Имеются в наличии аппаратурное, метрологическое и методическое обеспечение измерений направленных эквивалентов доз

В соответствии с НРБ-99/2009 необходимо контролировать нормируемые величины в дозиметрии - годовые эквивалентные дозы в коже и хрусталике глаза, для чего нужно измерять направленные эквиваленты дозы

Благодарю за внимание