

# МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра

Д.Л. Пиневиц

2016 г.

Регистрационный № 038-07-16



## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МЕДИЦИНСКИХ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР

инструкция по применению

### Учреждение-разработчик:

Государственное учреждение “Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека”

**Авторы:** д.б.н., доцент Н.Г. Власова, д.м.н., доцент А.В. Рожко, А.Н. Матарас, Л.Н. Эвентова, А.Е. Филостин, Л.С. Федорущенко, Г.Н. Евтушкова, Е.А. Дрозд

Гомель, 2016

В настоящей инструкции по применению (далее Инструкция) представлен метод определения эффективных доз облучения пациента при проведении медицинских рентгенодиагностических процедур, который может быть использован в комплексе медицинских услуг, направленных на медицинскую профилактику, а именно, на снижение вероятности возникновения онкологических и неонкологических заболеваний, а также для экспертной оценки связи онкологической и неонкологической заболеваемости с полученной дозой облучения и проведения радиационно-эпидемиологических исследований по установлению зависимости “доза-эффект”.

В Инструкции представлены рассчитанные усреднённые значения эффективных доз облучения для наиболее распространённых рентгенорадиологических процедур с типичными значениями напряжения на рентгеновской трубке и экспозициями, установленными на основе экспертных оценок.

Инструкция вводится взамен инструкции по применению “Контроль доз облучения пациентов при рентгенодиагностических исследованиях”, утверждённой Первым заместителем Министра здравоохранения Республики Беларусь В.М. Ореховским 11.09.2001.

### **Перечень исходных данных**

Для расчета эффективной дозы необходимы данные, характеризующие:

1. Поле рентгеновского излучения во время проведения рентгенодиагностической процедуры:
  - анодное напряжение на рентгеновской трубке, кВ;
  - количество электричества, мА·с;
  - радиационный выход рентгеновской трубки, мГр·м<sup>2</sup>/(мА·с);

## 2. Параметры проведения рентгенодиагностической процедуры:

- область исследования (*легкие, череп и др.*);
- проекция (*переднее-задняя, заднее-передняя, боковая*);
- размеры поля облучения (*ширина и высота поля облучения на приемнике изображения*), см×см;
- фокусное расстояние – расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения, см.

## 3. Возраст пациента:

- от 0 до 5 лет; от 5 лет до 14 лет, от 14 лет до 19 лет; от 19 лет и старше.

### **Показания к применению**

Проведение оценки эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенодиагностических процедурах.

Инструкция предназначена для врачей-рентгенологов, врачей радиологов-онкологов, иных врачей-специалистов организаций здравоохранения.

### **Принятые допущения**

При проведении оценки эффективных доз облучения пациентов принято, что значение общего фильтра рентгеновского излучения эквивалентно толщине 3 – 5 мм Al.

### **Описание технологии метода**

Оценка эффективной дозы облучения пациентов при проведении медицинских рентгенодиагностических процедур основана на использовании радиационного выхода рентгеновской трубки.

Под радиационным выходом рентгеновской трубки понимается

отношение мощности поглощенной дозы в воздухе, измеренной на расстоянии 1 м от фокуса рентгеновской трубки на оси первичного пучка рентгеновского излучения при заданных значениях анодного напряжения, к значению анодного тока.

Рассчитанная по Инструкции эффективная доза облучения пациента представляет собой усредненное значение для соответствующей возрасту пациента группы.

### **Определение эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенодиагностических процедур**

Значение эффективной дозы облучения пациента при проведении медицинской рентгенодиагностической процедуры определяется по формуле:

$$E = 10^{-3} \cdot R \cdot i \cdot t \cdot K_e, \text{ мЗв} \quad (1)$$

где:  $E$ - эффективная доза облучения пациента;

$R$  – радиационный выход рентгеновской трубки, (мГр·м<sup>2</sup>)/(мА·с);

$i$ – сила тока рентгеновской трубки, мА;

$t$ – время проведения исследования, с;

$K_e$  – коэффициент перехода от радиационного выхода рентгеновской трубки к эффективной дозе облучения пациента определенного возраста с учетом вида проведенной рентгенодиагностической процедуры, проекции, размеров поля, фокусного расстояния и анодного напряжения на рентгеновской трубке, (мкЗв)/(мГр·м<sup>2</sup>).

Значения радиационного выхода  $R$  для заданного значения анодного напряжения на рентгеновской трубке  $U$  определяется с помощью линейной интерполяции с использованием двух измеренных величин радиационного выхода  $R_k$  и  $R_{k+1}$  для ближайших значений анодного

напряжения  $U_k$  и  $U_{k+1}$  ( $U_k < U < U_{k+1}$ ) по формуле:

$$R = R_k + (R_{k+1} - R_k) \frac{U - U_k}{U_{k+1} - U_k}, \text{ (мГр} \cdot \text{м}^2\text{)/(мА} \cdot \text{с)} \quad (2)$$

Средние значения коэффициента перехода  $K_e$  для рентгенодиагностических процедур представлены в таблицах П.1.1 – П.1.4 Приложения 1 для следующих возрастных групп пациентов:

- от новорожденного до пяти лет (табл. П.1.1),
- от пяти до четырнадцати лет (табл. П.1.2),
- от четырнадцати до девятнадцати лет (табл. П.1.3),
- старше девятнадцати лет (взрослые) (табл. П.1.4).

В таблице П.1.5 Приложения представлены значения коэффициента перехода  $K_e$  для рентгенодиагностических процедур при исследовании конечностей вне зависимости от возраста пациента.

Относительная погрешность значений дозового коэффициента  $K_e$ , рассчитанного для “стандартного” фантома, составляет  $\pm 10\%$ . Усреднение значений дозовых коэффициентов  $K_e$  по возрасту (росту и массе) пациентов вносит погрешность не более  $\pm 20\%$ . Усреднение значений дозовых коэффициентов  $K_e$  по напряжению на рентгеновской трубке вносит дополнительную погрешность не более  $\pm 20\%$ .

В Приложении 2 представлен пример расчёта эффективной дозы облучения пациента.

В Приложении 3 представлены средние значения эффективных доз для наиболее распространенных рентгенологических процедур.

#### **Возможные ошибки и осложнения:**

При точном соблюдении всех этапов Инструкции ошибки исключены.

Таблица П.1.1 – Значения коэффициента  $K_e$  при медицинских рентгенодиагностических процедурах для пациентов в возрасте до 5 лет

Область исследования	Проекция <sup>1</sup>	Размер поля <sup>2</sup> (a · b), см x см	РИП <sup>3</sup> , см	Напряжение на трубке, кВ	$K_e$ <sup>4</sup> мкЗв/ (мГр·м <sup>2</sup> )
Легкие	ЗП	18x24	100	50-70	250
Легкие	Б	18x24	100	60-80	290
Легкие	ПЗ	13x18	100	50-70	<b>470</b> <sup>5</sup>
Легкие	ПЗ	18x24	100	50-70	<b>570</b> <sup>5</sup>
Легкие	Б	18x24	100	60-80	<b>490</b> <sup>5</sup>
Череп	ПЗ	18x24	80	50-70	82
Череп	Б	18x24	80	50-70	57
Шейный отд. позв.	ЗП	15x15	80	50-60	226
Шейный отд. позв.	Б	15x15	80	50-60	173
Грудн. отд. позв.	ПЗ	18x24	100	50-70	360
Грудн. отд. позв.	Б	18x24	100	50-70	158
Поясн. отд. позв.	ПЗ	18x24	100	50-70	390
Поясн. отд. позв.	Б	18x24	100	50-70	173
Плечо, ключица	ПЗ	13x18	80	50-60	237
Ребра, грудина	ПЗ	18x24	100	60-80	385
Таз, крестец	ПЗ	18x24	100	50-70	340
Таз, крестец	Б	18x24	100	50-70	47
Тазобедр. суставы	ПЗ	18x24	100	50-70	257
Бедро	ПЗ	13x18	100	50-60	62
Брюшная полость	ЗП	24x30	100	50-70	287
Брюшная полость	Б	18x24	100	50-70	240
Желудок	ЗП	18x24	100	50-70	270
Желудок	ПЗ	18x24	100	50-70	213
Желудок	Б	18x24	100	50-70	160
Кишечник	ЗП	18x24	100	50-70	205
Кишечник	ПЗ	18x24	100	50-70	350
Холецистография	ЗП	18x24	100	50-70	190
Урография	ЗП	18x24	100	50-70	355
Цистография	ЗП	18x24	100	50-70	255

<sup>1</sup> – ПЗ – передне-задняя проекция, ЗП – задне-передняя проекция, Б - боковая проекция (в этом случае приведено среднее значение эффективной дозы из двух значений, рассчитанных для облучения слева и справа);

<sup>2</sup> – *a* - ширина поля, *b* - высота поля;

<sup>3</sup> – расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения;

<sup>4</sup> – значение коэффициента перехода  $K_e$  приведены для общего фильтра рентгеновского излучения эквивалентного 3 - 5 мм Al;

<sup>5</sup> – только для детей 0-0,5 лет.

Таблица П.1.2 – Значения коэффициента  $K_e$  при медицинских рентгенодиагностических процедурах для пациентов в возрасте 5 – 14 лет

Область исследования	Проекция <sup>1</sup>	Размер поля <sup>2</sup> (a · b), см x см	РИП <sup>3</sup> , См	Напряжение на трубке, кВ	$K_e$ <sup>4</sup> , мкЗв/ (мГр·м <sup>2</sup> )
Легкие	ЗП	30x40	100	60-80	193
Легкие	Б	30x40	100	60-80	200
Флюорография	ЗП	35x35	100	60-80	200
Череп	ПЗ	24x30	100	50-70	25
Череп	Б	24x30	100	50-70	19
Шейный отд. позв.	ЗП	18x24	80	60-70	34
Шейный отд. позв.	Б	18x24	80	60-70	20
Грудн. отд. позв.	ПЗ	24x30	100	60-80	264
Грудн. отд. позв.	Б	15x40	100	60-80	81
Поясн. отд. позв.	ПЗ	24x30	100	60-80	254
Поясн. отд. позв.	Б	15x40	100	60-80	75
Плечо, ключица	ПЗ	18x24	80	50-70	47
Ребра, грудина	ПЗ	24x30	100	60-80	277
Таз, крестец	ПЗ	30x24	100	60-80	232
Таз, крестец	Б	24x30	100	60-80	98
Тазобедр. суставы	ПЗ	24x30	100	60-80	257
Бедро	ПЗ	24x30	100	60-80	4
Брюшная полость	ЗП	24x30	80	60-80	222
Брюшная полость	Б	24x30	80	60-80	145
Желудок	ЗП	18x24	100	70-90	99
Желудок	ПЗ	18x24	100	50-70	<b>26<sup>5</sup></b>
Желудок	Б	18x24	100	70-90	108
Кишечник	ЗП	30x40	100	70-90	177
Кишечник	ПЗ	18x24	100	50-70	<b>300<sup>5</sup></b>
Холецистография	ЗП	24x30	100	60-80	121
Урография	ЗП	24x30	100	60-80	151
Цистография	ЗП	24x30	100	60-80	159

<sup>1</sup> – ПЗ – передне-задняя проекция, ЗП – задне-передняя проекция, Б - боковая проекция (в этом случае приведено среднее значение эффективной дозы из двух значений, рассчитанных для облучения слева и справа);

<sup>2</sup> – *a* - ширина поля, *b* - высота поля;

<sup>3</sup> – расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения;

<sup>4</sup> – значение коэффициента перехода  $K_e$  приведены для общего фильтра рентгеновского излучения эквивалентного 3 - 5 мм Al;

<sup>5</sup> – только для детей 5-8 лет.

Таблица П.1.3 –Значения коэффициента  $K_e$  при медицинских рентгенодиагностических процедурах для пациентов в возрасте 14 – 19 лет

Область исследования	Проекция <sup>1</sup>	Размер поля <sup>2</sup> (a · b), см x см	РИП <sup>3</sup> , См	Напряжение на трубке, кВ	$K_e$ <sup>4</sup> мкЗв/ (мГр·м <sup>2</sup> )
Легкие	ЗП	30x40	100	60-80	210
Легкие	Б	30x40	100	60-80	170
Флюорография	ЗП	35x35	100	60-80	200
Череп	ПЗ	24x30	100	50-70	23
Череп	Б	24x30	100	50-70	18
Шейный отд. позв.	ЗП	18x24	80	60-70	35
Шейный отд. позв.	Б	18x24	80	60-70	22
Грудн. отд. позв.	ПЗ	24x30	100	60-80	210
Грудн. отд. позв.	Б	15x40	100	60-80	70
Поясн. отд. позв.	ПЗ	24x30	100	60-80	210
Поясн. отд. позв.	Б	15x40	100	60-80	64
Плечо, ключица	ПЗ	18x24	80	50-70	13
Ребра, грудина	ПЗ	24x30	100	60-80	220
Таз, крестец	ПЗ	30x24	100	60-80	170
Таз, крестец	Б	24x30	100	60-80	85
Тазобедр. суставы	ПЗ	24x30	100	60-80	240
Бедро	ПЗ	24x30	100	60-80	6
Брюшная полость	ЗП	24x30	80	60-80	210
Брюшная полость	Б	24x30	80	60-80	140
Желудок	ЗП	18x24	100	70-90	80
Желудок	Б	18x24	100	70-90	90
Кишечник	ЗП	30x40	100	70-90	220
Холецистография	ЗП	24x30	100	60-80	100
Урография	ЗП	24x30	100	60-80	115
Цистография	ЗП	24x30	100	60-80	140

<sup>1</sup> – ПЗ – передне-задняя проекция, ЗП – задне-передняя проекция, Б - боковая проекция (в этом случае приведено среднее значение эффективной дозы из двух значений, рассчитанных для облучения слева и справа);

<sup>2</sup> – *a* - ширина поля, *b* - высота поля;

<sup>3</sup> – расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения;

<sup>4</sup> – значение коэффициента перехода  $K_e$  приведены для общего фильтра рентгеновского излучения эквивалентного 3 - 5 мм Al.



Таблица П.1.4 – Значения коэффициента  $K_e$  при медицинских рентгено-диагностических процедурах для пациентов в возрасте 19 лет и старше

Область исследования	Проекция <sup>1</sup>	Размер поля <sup>2</sup> (a · b), см x см	РИП <sup>3</sup> , см	Напряжение на трубке, кВ	$K_e$ <sup>5</sup> мкЗв/ (мГр·м <sup>2</sup> )
Легкие	ЗП	30x40	100	80-90	240
Легкие	ЗП	30x40	150	80-90	100
Легкие	Б	30x40	150	90-100	80
Флюорография	ЗП	35x35	100	80	220
Череп	ПЗ	24x30	100	60-70	50
Череп	Б	24x30	100	60-70	23
Шейный отд. позв.	ЗП	18x24	80	70-80	38
Шейный отд. позв.	Б	18x24	80	70-80	85
Грудн. отд. позв.	ПЗ	24x30	100	80	160
Грудн. отд. позв.	ПЗ	15x40	100	80	87
Грудн. отд. позв.	Б	24x30	100	80	95
Грудн. отд. позв.	Б	15x40	100	80	85
Поясн. отд. позв.	ПЗ	24x30	100	80	180
Поясн. отд. позв.	ПЗ	15x40	100	80	126
Поясн. отд. позв.	Б	24x30	100	90	71
Поясн. отд. позв.	Б	15x40	100	90	65
Плечо, ключица	ПЗ	24x18	100	70-80	37
Ребра, грудина	ПЗ	30x40	100	80	310
Ребра, грудина	ПЗ	24x30	100	80	180
Таз, крестец	ПЗ	40x30	100	80-90	240
Таз, крестец	Б	30x24	100	90-100	90
Тазобедр. суставы	ПЗ	24x30	100	70-90	230
Бедро	ПЗ	15x40	100	70-80	32
Желудок	ЗП	18x24	100	70-80	70
Желудок	Б	18x24	100	70-80	60
Кишечник	ЗП	30x40	100	90-100	250
Кишечник	Б	30x40	100	100	160
Холецистография	ЗП	18x24	100	90	57
Холецистография	ЗП	24x30	100	90-100	115
Урография	ЗП	40x30	100	80-90	160
Цистография	ЗП	30x40	100	70-80	180

<sup>1</sup> – ПЗ – передне-задняя проекция, ЗП – задне-передняя проекция, Б - боковая проекция (в этом случае приведено среднее значение эффективной дозы из двух значений, рассчитанных для облучения слева и справа);

<sup>2</sup> – *a* - ширина поля, *b* - высота поля;

<sup>3</sup> – расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения;

<sup>4</sup> – значение коэффициента перехода  $K_e$  приведены для общего фильтра рентгеновского излучения эквивалентного 3 - 5 мм Al.

Таблица П.1.5 – Значение коэффициента  $K_e$  для рентгенодиагностических исследований конечностей

Область исследования	Проекция	РИП <sup>1</sup> , см	Напряжение на трубке, кВ	$K_e$ мкЗв/ (мГр·м <sup>2</sup> )
Верхние конечности				
Плечевой сустав	ПЗ	115	60	22
Плечевой сустав	Аксиальная	105	57	15
Плечо	ПЗ/Б	105	52	2/2 <sup>2</sup>
Локтевой сустав	ПЗ	105	52	1
Локтевой сустав	Б	105	52	1
Предплечье	ПЗ	105	52	1
Предплечье	Б	105	52	1
Запястье	ДВ.	105	52	1
Запястье	Б	105	52	1
Кисть	Б/Косая	105	52	1
Палец		105	52	1
Нижние конечности				
Шейка бедра	Аксиальная	105	70	170/84 <sup>2</sup>
Бедренная кость	ПЗ/Б	115	70	80/14 <sup>2</sup>
Коленный сустав	ПЗ	115	55	1
Коленный сустав	Б	115	55	1
Мениск Коленная чашечка Голень	ПЗ/Б/ Аксиальная	105	55	1
Голеностопный сустав	ПЗ	105	55	1
Голеностопный сустав	Б	105	52	1
Пяточная кость	Б	105	52	1
Пяточная кость	Аксиальная	105	55	1
Стопа	Б	105	52	1
Плюсна	Косая	105	52	1
Пальцы ноги		105	52	1

<sup>1</sup> – расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения;

<sup>2</sup> – первая цифра соответствует размеру поля на приемнике 24x30 см, вторая – 18x24 см.

**Пример расчёта эффективной дозы облучения пациента**

Пациенту в возрасте 20 лет провели рентгенографию грудной клетки в задне-передней проекции.

Параметры рентгенологического исследования: размер поля 30x40 см, фокусное расстояние 150 см,  $U=80$  кВ, количество электричества (экспозиция)  $i \cdot t = 10,4$  мАс.

В соответствии с протоколом испытаний эксплуатационных параметров рентгеновского аппарата радиационный выход для анодного напряжения  $U = 80$  кВ составил  $R = 0,053$  мГр•м<sup>2</sup>/(мАс).

Находим в таблице П.1.4 Приложения 1 значение дозового коэффициента, соответствующее выбранному режиму  $K_e = 100$  мкЗв/(мГр•м<sup>2</sup>).

Подставляем значения  $R$ ,  $i \cdot t$ ,  $K_e$  в формулу (1) и рассчитываем значение эффективной дозы:  $E = 0,053 \cdot 10,4 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 0,06$  мЗв.

Таблица П.3 – Средние значения эффективных доз облучения пациентов для наиболее распространенных рентгенологических процедур

Область исследования	Проекция	Примерное значение эффективной дозы, Е (мЗв)			
		Возраст (лет)			
		0-5	5-14	14-19	более 19
<b><i>Рентгенография</i></b>					
Легкие	ЗП	0,04	0,04	0,04	0,05
Легкие	Б	0,08	0,05	0,08	0,09
Череп	ПЗ	0,01	0,01	0,01	0,02
Череп	Б	0,01	0,01	0,01	0,02
Шейный отдел позвоночника	ЗП	0,01	0,01	0,02	0,02
Шейный отдел позвоночника	Б	0,01	0,01	0,032	0,043
Грудной отдел позвоночника	ПЗ	0,01	0,08	0,08	0,09
Грудной отдел позвоночника	Б	0,008	0,032	0,041	0,04
Поясничной отдел позвоночника	ПЗ	0,09	0,09	0,1	0,12
Поясничной отдел позвоночника	Б	0,047	0,041	0,057	0,084
Плечо, ключица	ПЗ			0,02	0,03
Локоть, кисть	ПЗ	0,009	0,01	0,01	0,01
Таз, крестец	ПЗ	0,02	0,03	0,03	0,04
Тазобедренные суставы	ПЗ			0,03	0,04
Бедро	ПЗ			0,07	0,09
Голень, стопа	ПЗ	0,008	0,01	0,01	0,01
Холецистография	ЗП				0,17
Урография	ЗП				0,05
Цистография	ЗП				0,02
<b><i>Рентгеноскопия</i></b>					
Пищевод, желудок, 12-перстная кишка					5,0
Ирригоскопия					6,0

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель организации

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**АКТ**  
**о практическом использовании результатов исследования**

В \_\_\_\_\_  
(сфера, в которой нашли практическое применение результаты исследования\*)  
Комиссия в составе \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ настоящим подтверждает,  
что \_\_\_\_\_  
(название структурного подразделения организации)  
*проведено опытно-промышленное испытание (осуществлено внедрение в технологический процесс, в учебный процесс и др. \*\*)*  
\_\_\_\_\_  
(указываются конкретные научные результаты, которые нашли применение)  
полученных  
\_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество автора (авторов) исследования)  
при выполнении *программы (проекта, темы НИР\*\*)* \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(название программы, проекта, темы НИР\*\*)  
для \_\_\_\_\_  
(указываются решаемые практические задачи)  
на основании чего \_\_\_\_\_  
(приводятся конкретные результаты практического использования)  
Экономический эффект от использования результатов составил \_\_\_\_\_  
(расчет прилагается) \*\*\*.

Члены комиссии:

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_  
(дата)