

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра

Д.Л. Пиневич

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. Филюстин, Л.С. Федорущенко,
Г.Н. Евтушкова, Е.А. Дрозд

Гомель, 2016

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель министра

_____ Д.Л. Пиневич
08.09.2016
Регистрационный № 038-0716

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

инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЕ-РАЗРАБОТЧИК: ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека»

АВТОРЫ: д-р биол. наук, доц. Н.Г. Власова, д-р мед. наук, доц. А.В. Рожко, А.Н. Матарас, Л.Н. Эвентова, А.Е. Филюстин, 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 усредненные значения эффективных доз облучения для наиболее распространенных 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», утвержденной Первым заместителем министра здравоохранения Республики Беларусь В.М. Ореховским 11.09.2001.

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

ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ, РЕАКТИВОВ, СРЕДСТВ, ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ

Для расчета эффективной дозы необходимы данные, характеризующие:

1. Поле рентгеновского излучения во время рентгенодиагностической процедуры:

- анодное напряжение на рентгеновской трубке, кВ;
- количество электричества, мА·с;
- радиационный выход рентгеновской трубки, мГр·м²/(мА·с);

2. Параметры 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 до 14 лет, от 14 до 19 лет; от 19 лет и старше.

ПОКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ

Оценка эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенодиагностических процедурах.

Принятые допущения

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

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА

Оценка эффективной дозы облучения пациентов при медицинских рентгенодиагностических процедурах 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.

Значение эффективной дозы облучения пациента определяется по формуле:

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

где E — эффективная доза облучения пациента;

R — радиационный выход рентгеновской трубки, $(\text{мГр} \cdot \text{м}^2)/(\text{мА} \cdot \text{с})$;

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 рентгенодиагностической процедуры, проекции, размеров поля, фокусного расстояния и анодного напряжения на рентгеновской трубке, $(\text{мкЗв})/(\text{мГр} \times \text{м}^2)$.

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:

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

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 5 лет (таблица, П.1.1);
- от 5 до 14 лет (таблица, П.1.2);
- от 14 до 19 лет (таблица, П.1.3);
- старше 19 лет (взрослые) (таблица, П.1.4).

В таблице П.1.5 приложения 1 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 расчета эффективной дозы облучения пациента.

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

ПЕРЕЧЕНЬ ВОЗМОЖНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ИЛИ ОШИБОК ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ

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 ¹	Размер поля ² (a×b), см×см	РИП ³ , см	Напряжение на трубке, кВ	K_e ⁴ мкЗв/ (мГр×м ²)
Легкие	ЗП	18×24	100	50–70	250
Легкие	Б	18×24	100	60–80	290
Легкие	ПЗ	13×18	100	50–70	470 ⁵
Легкие	ПЗ	18×24	100	50–70	570 ⁵
Легкие	Б	18×24	100	60–80	490 ⁵
Череп	ПЗ	18×24	80	50–70	82
Череп	Б	18×24	80	50–70	57
Шейный отдел позвоночника	ЗП	15×15	80	50–60	226
Шейный отдел позвоночника	Б	15×15	80	50–60	173
Грудной отдел позвоночника	ПЗ	18×24	100	50–70	360
Грудной отдел позвоночника	Б	18×24	100	50–70	158
Поясничной отдел позвоночника	ПЗ	18×24	100	50–70	390
Поясничной отдел позвоночника	Б	18×24	100	50–70	173
Плечо, ключица	ПЗ	13×18	80	50–60	237
Ребра, грудина	ПЗ	18×24	100	60–80	385
Таз, крестец	ПЗ	18×24	100	50–70	340
Таз, крестец	Б	18×24	100	50–70	47
Тазобедренные суставы	ПЗ	18×24	100	50–70	257
Бедро	ПЗ	13×18	100	50–60	62
Брюшная полость	ЗП	24×30	100	50–70	287
Брюшная полость	Б	18×24	100	50–70	240
Желудок	ЗП	18×24	100	50–70	270
Желудок	ПЗ	18×24	100	50–70	213
Желудок	Б	18×24	100	50–70	160
Кишечник	ЗП	18×24	100	50–70	205
Кишечник	ПЗ	18×24	100	50–70	350
Холецистография	ЗП	18×24	100	50–70	190
Урография	ЗП	18×24	100	50–70	355
Цистография	ЗП	18×24	100	50–70	255

¹ — 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);

² — *a* — ширина поля; *b* — высота поля;

³ — расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения;

⁴ — значение коэффициента перехода K_e приведены для общего фильтра рентгеновского излучения эквивалентного 3–5 мм Al;

⁵ — только для детей 0–0,5 года.

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

Область исследования	Проекция ¹	Размер поля ² (a×b), см×см	РИП ³ , см	Напряжение на трубке, кВ	K_e ⁴ мкЗв/(мГр×м ²)
Легкие	ЗП	30×40	100	60–80	193
Легкие	Б	30×40	100	60–80	200
Флюорография	ЗП	35×35	100	60–80	200
Череп	ПЗ	24×30	100	50–70	25
Череп	Б	24×30	100	50–70	19
Шейный отдел позвоночника	ЗП	18×24	80	60–70	34
Шейный отдел позвоночника	Б	18×24	80	60–70	20
Грудной отдел позвоночника	ПЗ	24×30	100	60–80	264
Грудной отдел позвоночника	Б	15×40	100	60–80	81
Поясничной отдел позвоночника	ПЗ	24×30	100	60–80	254
Поясничной отдел позвоночника	Б	15×40	100	60–80	75
Плечо, ключица	ПЗ	18×24	80	50–70	47
Ребра, грудина	ПЗ	24×30	100	60–80	277
Таз, крестец	ПЗ	30×24	100	60–80	232
Таз, крестец	Б	24×30	100	60–80	98
Тазобедренные суставы	ПЗ	24×30	100	60–80	257
Бедро	ПЗ	24×30	100	60–80	4
Брюшная полость	ЗП	24×30	80	60–80	222
Брюшная полость	Б	24×30	80	60–80	145
Желудок	ЗП	18×24	100	70–90	99
Желудок	ПЗ	18×24	100	50–70	26⁵
Желудок	Б	18×24	100	70–90	108
Кишечник	ЗП	30×40	100	70–90	177
Кишечник	ПЗ	18×24	100	50–70	300⁵
Холецистография	ЗП	24×30	100	60–80	121
Урография	ЗП	24×30	100	60–80	151
Цистография	ЗП	24×30	100	60–80	159

¹ — 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);

² — *a* — ширина поля; *b* — высота поля;

³ — расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения;

⁴ — значение коэффициента перехода K_e приведены для общего фильтра рентгеновского излучения эквивалентного 3–5 мм Al;

⁵ — 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 ¹	Размер поля ² (a×b), см×см	РИП ³ , см	Напряжение на трубке, кВ	K_e ⁴ мкЗв/(мГр×м ²)
Легкие	ЗП	30×40	100	60–80	210
Легкие	Б	30×40	100	60–80	170
Флюорография	ЗП	35×35	100	60–80	200
Череп	ПЗ	24×30	100	50–70	23
Череп	Б	24×30	100	50–70	18
Шейный отдел позвоночника	ЗП	18×24	80	60–70	35
Шейный отдел позвоночника	Б	18×24	80	60–70	22
Грудной отдел позвоночника	ПЗ	24×30	100	60–80	210
Грудной отдел позвоночника	Б	15×40	100	60–80	70
Поясничный отдел позвоночника	ПЗ	24×30	100	60–80	210
Поясничный отдел позвоночника	Б	15×40	100	60–80	64
Плечо, ключица	ПЗ	18×24	80	50–70	13
Ребра, грудина	ПЗ	24×30	100	60–80	220
Таз, крестец	ПЗ	30×24	100	60–80	170
Таз, крестец	Б	24×30	100	60–80	85
Тазобедренный суставы	ПЗ	24×30	100	60–80	240
Бедро	ПЗ	24×30	100	60–80	6
Брюшная полость	ЗП	24×30	80	60–80	210
Брюшная полость	Б	24×30	80	60–80	140
Желудок	ЗП	18×24	100	70–90	80
Желудок	Б	18×24	100	70–90	90
Кишечник	ЗП	30×40	100	70–90	220
Холецистография	ЗП	24×30	100	60–80	100
Урография	ЗП	24×30	100	60–80	115
Цистография	ЗП	24×30	100	60–80	140

¹ — 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);

² — *a* — ширина поля; *b* — высота поля;

³ — расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения;

⁴ — 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 ¹	Размер поля ² (a×b), см×см	РИП ³ , см	Напряжение на трубке, кВ	K_e ⁴ мкЗв/(мГр×м ²)
Легкие	ЗП	30×40	100	80–90	240
Легкие	ЗП	30×40	150	80–90	100
Легкие	Б	30×40	150	90–100	80
Флюорография	ЗП	35×35	100	80	220
Череп	ПЗ	24×30	100	60–70	50
Череп	Б	24×30	100	60–70	23
Шейный отдел позвоночника	ЗП	18×24	80	70–80	38
Шейный отдел позвоночника	Б	18×24	80	70–80	85
Грудной отдел позвоночника	ПЗ	24×30	100	80	160
Грудной отдел позвоночника	ПЗ	15×40	100	80	87
Грудной отдел позвоночника.	Б	24×30	100	80	95
Грудной отдел позвоночника	Б	15×40	100	80	85
Поясничной отдел позвоночника	ПЗ	24×30	100	80	180
Поясничной отдел позвоночника	ПЗ	15×40	100	80	126
Поясничной отдел позвоночника	Б	24×30	100	90	71
Поясничной отдел позвоночника	Б	15×40	100	90	65
Плечо, ключица	ПЗ	24×18	100	70–80	37
Ребра, грудина	ПЗ	30×40	100	80	310
Ребра, грудина	ПЗ	24×30	100	80	180
Таз, крестец	ПЗ	40×30	100	80–90	240
Таз, крестец	Б	30×24	100	90–100	90
Тазобедр. суставы	ПЗ	24×30	100	70–90	230
Бедро	ПЗ	15×40	100	70–80	32
Желудок	ЗП	18×24	100	70–80	70
Желудок	Б	18×24	100	70–80	60
Кишечник	ЗП	30×40	100	90–100	250
Кишечник	Б	30×40	100	100	160
Холецистография	ЗП	18×24	100	90	57
Холецистография	ЗП	24×30	100	90–100	115
Урография	ЗП	40×30	100	80–90	160
Цистография	ЗП	30×40	100	70–80	180

¹ — 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);

² — a — ширина поля; b — высота поля;

³ — расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения;

⁴ — 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 ¹ , см	Напряжение на трубке, кВ	K_e мкЗв/ (мГр×м ²)
Верхние конечности				
Плечевой сустав	ПЗ	115	60	22
Плечевой сустав	Аксиальная	105	57	15
Плечо	ПЗ/Б	105	52	2/2 ²
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 ²
Бедренная кость	ПЗ/Б	115	70	80/14 ²
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

¹ — расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения;

² — первая цифра соответствует размеру поля на приемнике 24×30 см, вторая — 18×24 см.

Пример расчета эффективной дозы облучения пациента

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

Параметры рентгенологического исследования: размер поля 30×40 см, фокусное расстояние 150 см, $U = 80$ кВ, количество электричества (экспозиция) $i \times t = 10,4$ мАс.

В соответствии с протоколом испытаний эксплуатационных параметров рентгеновского аппарата радиационный выход для анодного напряжения $U = 80$ кВ составил $R = 0,053$ мГр×м²/(мАс).

Находим в таблице П.1.4 Приложения 1 значение дозового коэффициента, соответствующее выбранному режиму $K_e = 100$ мкЗв/(мГр×м²).

Подставляем значения R , $i \times t$, K_e в формулу (1) и рассчитываем значение эффективной дозы: $E = 0,053 \times 10,4 \times 100 \times 10^{-3} = 0,06$ 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 (годы)			
		0–5	5–14	14–19	старше 19
<i>Рентгенография</i>					
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
<i>Рентгеноскопия</i>					
Пищевод, желудок, 12-перстная кишка					5,0
Ирригоскопия					6,0