

Методика расчёта эффективных доз при проведении рентгенографических процедур как инструмент анализа формы №3-ДОЗ

Косарлукова Е.А.¹, Водоватов А.В.^{1,2}, Библин А.М.¹, Ахматдинов Р.Р.¹

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

Форма № 3-ДОЗ широко применяется для анализа уровней облучения пациентов при проведении рентгенографических процедур. При этом прямое использование данных по средним эффективным дозам пациентов из формы №3-ДОЗ для сравнения с результатами собственных исследований некорректно, так как в форме №3-ДОЗ представлены эффективные дозы, усредненные по проекциям облучения пациентов. Это приводит к значительной пере- или недооценке результатов сравнения. Целью данной работы являлась разработка методики определения эффективных доз за прямую или боковую проекцию при проведении рентгенографических процедур по данным формы №3-ДОЗ. Материалы и методы: В работе использованы данные из региональных банков данных формы №3-ДОЗ для Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Разработана оригинальная методика расчета эффективных доз за проекцию. Результаты исследования и обсуждение: определены эффективные дозы для наиболее распространенных рентгеновских процедур, выполненных на цифровых и аналоговых рентгеновских аппаратах в Санкт-Петербурге и Ленинградской области в 2023 году. Заключение: Представленную методику целесообразно интегрировать в программное обеспечение для заполнения формы №3-ДОЗ.

Ключевые слова: ЕСКИД, форма №3-ДОЗ, эффективная доза, рентгенографические процедуры, рентгенографические исследования, пациенты.

Введение

Форма федерального государственного статистического наблюдения №3-ДОЗ системы ЕСКИД является основным инструментом для оценки уровней медицинского облучения и структуры лучевой диагностики населения Российской Федерации [1–3]. Данная форма позволяет для каждой организации, эксплуатирующей медицинские источники ионизирующего излучения, для каждого вида лучевой диагностики, для каждого выполняемого рентгенорадиологического исследования (РПИ) или процедуры (РПП)¹ определить следующие показатели: число выполненных за отчетный период процедур и исследований, коллективную дозу за счет выбранного РПП, среднюю эффективную дозу за процедуру (СДП). Данные показатели широко используются для качественной и количественной сравнительной оценки доз облучения пациентов. При этом, в рамках такой оценки СДП, полученная из формы №3-ДОЗ, сравнивается с эффективными дозами, определенными в рамках экспериментальных работ или собственных сборов данных [1–3].

Прямое сравнение СДП из формы №3-ДОЗ и данных собственных исследований является приемлемым для всех видов РПП за исключением рентгенографии. В клинической

практике все рентгенографические исследования представляют собой набор из отдельных процедур – рентгеновских снимков, выполненных в различных проекциях (прямой, боковых, косых) [4–5]. Каждая процедура будет ассоциирована с различными дозами облучения и вносит различный вклад в суммарную эффективную дозу (ЭД) пациента за исследование. В соответствии с методикой заполнения формы №3-ДОЗ на объектовом уровне, для определения СЭД необходимо сложить все эффективные дозы пациентов, которым была выполнена выбранная РПП выбранной анатомической области и разделить их на число выполненных процедур (рентгеновских снимков). Полученная СЭД усреднена по всем проекциям облучения пациента и не является достоверной оценкой дозы облучения пациента за рентгеновский снимок, выполненный в конкретной проекции, или за исследование в целом [6–8] в том случае, если исследование включает в себя несколько рентгеновских снимков. Таким образом, сравнивать данные из формы №3-ДОЗ напрямую с результатами определения эффективных доз при проведении рентгеновских процедур некорректно.

Для решения данной проблемы необходима методика, позволяющая на основе доступных данных из банков данных формы №3-ДОЗ рассчитать эффективную дозу за отдельную проекцию и определить её относительный вклад в эффективную дозу за РПИ.

¹ Одна РПП эквивалентна одному рентгеновскому снимку, выполненному в рамках РПИ. РПИ может включать в себя одно или несколько РПП, выполненных в одной и той же, или разных проекциях.

Водоватов Александр Валерьевич

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева
Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: vodovatoff@gmail.com

Цель исследования – разработка методики оценки эффективных доз для различных проекций облучения пациентов при проведении РРП по данным региональных форм № 3-ДОЗ за 2023 год.

Материалы и методы

Были использованы данные из регионального банка данных формы федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ «Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований» по Санкт-Петербургу и Ленинградской области за 2023 год. Были выбраны наиболее распространенные РРП и РРИ (рентгенографии черепа, органов грудной клетки (ОГК), шейного, пояснично-крестцового и грудного отделов позвоночника, таза, ребер, брюшной полости), проведенные на цифровых и аналоговых аппаратах для взрослых пациентов. Расчет СЭД за процедуру проводили по методике, описанной в предыдущей работе авторов [1]. Для определения эффективной дозы за проекцию облучения была разработана специальная методика, основанная на соотношении проекций в исследовании и вклада проекций в ЭД за исследование. При этом принималось, что выбранные РРИ состоят только из процедур, выполненных в прямой и боковой проекциях. Методика включала в себя следующие этапы:

Этап 1. Определение суммы РРИ (N_x) – из общего количества РРИ по областям исследований (форма

№ 3-ДОЗ, таблица 2.2, столбец 14) были исключены все исследования, не входящие в рентгенографические (форма № 3-ДОЗ, таблица 2.2, столбцы 5–12: рентгеноскопии, компьютерные томографии, интервенционные исследования, прочие исследования). Из исследования ОГК были исключены профилактические процедуры (форма № 3-ДОЗ, таблица 2.2, строка 2).

Этап 2. Определение суммы РРП (N_{px}) путем суммирования числа процедур, проведенных на цифровых и аналоговых аппаратах (форма № 3-ДОЗ, таблица 2.2, столбцы 3 и 4). Из процедур ОГК были исключены профилактические процедуры (форма № 3-ДОЗ, таблица 2.2, строка 2).

Этап 3. Определение соотношения прямых и боковых проекций для выбранных РРИ (R_x) с использованием выражения (1):

$$R_x = \frac{N_{px}}{N_{ix}} \quad (1)$$

Для каждого РРИ количество прямых проекций (P_{front}) принимали равным 1; количество боковых проекций (P_{latx}) определялось с использованием выражения (2):

$$P_{latx} = R_x - 1 \quad (2)$$

Этап 4. Определение числа процедур по проекциям (N_p). Определение числа процедур, выполненных в прямой проекции для аналоговых ($N_{p a front x}$) и цифровых ($N_{p d front x}$) рентгенографических исследований с использованием выражений (3) и (4):

$$N_{p a front x} = \frac{\text{Число процедур (форма № 3 – ДОЗ таблица 2.2, столбец 3)}}{R_x} \quad (3)$$

$$N_{p d front x} = \frac{\text{Число процедур (форма № 3 – ДОЗ таблица 2.2, столбец 4)}}{R_x} \quad (4)$$

Определение числа процедур, выполненных в боковой проекции ($N_{p a lat x}$, $N_{p d lat x}$) путем вычитания числа процедур в прямой проекции из общего числа процедур (форма № 3-ДОЗ, таблица 2.2, столбцы 3 и 4) для выбранного рентгенографического исследования. Из процедур ОГК были исключены профилактические процедуры.

Этап 5. Определение эффективных доз за прямую, боковую проекции и исследование для выбранных рентгенографических исследований. Для определения эффективных доз для прямых и боковых проекций выбранных РРИ были использованы следующие множители соотношения вкладов в дозу прямых и боковых проекций (табл. 1). Соотношение получено с использованием выражения (5) по итогам анализа данных по РРИ [8]:

$$M_{lat} = \frac{\text{СЭД за процедуру в боковой проекции}}{\text{СЭД за процедуру в прямой проекции}} \quad (5)$$

Определение эффективных доз за процедуру, выполненную в прямой проекции, для выбранных аналоговых ($E_{a front x}$) и цифровых ($E_{d front x}$) рентгенографических исследований осуществлялось с использованием выражений (6) и (7):

Таблица 1. Множители соотношения вкладов в эффективную дозу прямых и боковых проекций для выбранных рентгенографических исследований [Table 1. Contribution ratio multipliers of frontal and lateral projections to the effective dose for selected radiographic studies]

Множитель [Weighting factor]	M_{front}	M_{lat}
Проекция [Projection]	Прямая [Frontal]	Боковая [Lateral]
Органы грудной клетки [Chest]	1	1,9
Шейный отдел позвоночника [Cervical spine]	1	0,7
Грудной отдел позвоночника [Thoracic spine]	1	0,7
Поясничный отдел позвоночника [Lumbar spine]	1	1,1
Таз [Pelvis]	1	1
Ребра [Ribs]	1	1
Органы брюшной полости [Abdominal]	1	1
Череп [Skull]	1	0,5

$$E_{a\ front\ x} = \frac{\text{Коллективная доза за выбранную РГ процедуру}}{(N_{p\ a\ front\ x} \cdot M_{front}) + (N_{p\ a\ lat\ x} \cdot M_{lat})} \cdot 1000, \text{ мЗв} \quad (6)$$

$$E_{d\ front\ x} = \frac{\text{Коллективная доза за выбранную РГ процедуру}}{(N_{p\ d\ front\ x} \cdot M_{front}) + (N_{p\ d\ lat\ x} \cdot M_{lat})} \cdot 1000, \text{ мЗв} \quad (7)$$

Из коллективной дозы за процедуру рентгенографии ОГК были исключены дозы за профилактические процедуры (форма № 3-ДОЗ, таблица 2.1, строка 02).

Определение эффективных доз за процедуру, выполненную в боковой проекции, для выбранных аналоговых ($E_{a\ lat\ x}$) и цифровых ($E_{d\ lat\ x}$) рентгенографических исследований осуществлялось с использованием выражений (8) и (9):

$$E_{a\ lat\ x} = E_{a\ front\ x} \cdot M_{lat}, \text{ мЗв} \quad (8)$$

$$E_{d\ lat\ x} = E_{d\ front\ x} \cdot M_{lat}, \text{ мЗв} \quad (9)$$

Определение эффективных доз за исследование целиком для выбранных аналоговых ($E_{a\ x}$) и цифровых ($E_{d\ x}$) рентгенографических исследований (10) и (11):

$$E_{a\ x} = E_{a\ front\ x} + E_{a\ lat\ x}, \text{ мЗв} \quad (10)$$

$$E_{d\ x} = E_{d\ front\ x} + E_{d\ lat\ x}, \text{ мЗв} \quad (11)$$

Проверка данных, представленных в региональных формах № 3-ДОЗ, на достоверность осуществлялась по значениям сумм исследований, не входящих в рентгенографические исследования, и сумм рентгенографических исследований. При получении отрицательных значений для одного или нескольких рентгенографических исследований данные исследования для данного региона в дальнейшем из расчетов исключались.

Обработка и анализ данных осуществлялись с использованием программного обеспечения Statistica 12 и Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Соотношения прямых и боковых проекций по данным формы № 3-ДОЗ представлены в таблице 2.

Таблица 2. Соотношение числа рентгеновских снимков, выполненных в прямой и боковой проекциях, для наиболее распространенных рентгеновских исследований

[Table 2. Ratio of the number of radiographic images taken in frontal and lateral projections for the most common radiographic examinations]

Анатомическая область [Anatomic region]	Соотношение прямых и боковых проекций R_x [Ratio of frontal to lateral projections R_x]	Количество прямых проекций $N_{p\ front}$ [Number of frontal projections $N_{p\ front}$]	Количество боковых проекций $N_{p\ lat}$ [Number of lateral projections $N_{p\ lat}$]
Органы грудной клетки [Chest]	1,87	1	0,87
Шейный отдел позвоночника [Cervical spine]	1,98	1	0,98
Грудной отдел позвоночника [Thoracic spine]	1,83	1	0,83
Поясничный отдел позвоночника [Lumbar spine]	1,88	1	0,88
Таз и бедро [Pelvis and hip]	1,37	1	0,37
Ребра и грудина [Ribs and sternum]	1,29	1	0,29
Органы брюшной полости [Abdominal]	1,67	1	0,67
Череп, гол. мозг, ЧЛО [Skull, brain, and craniofacial region]	1,31	1	0,31

Как следует из таблицы 2, все РПИ можно разделить на две группы по соотношению прямых и боковых проекций в исследовании:

- 1 группа (органы грудной клетки, конечности, позвоночник): на 1 снимок в прямой проекции приходится 0,8–0,9 снимков в боковой проекции;
- 2 группа (таз, ребра, череп): на 1 снимок в прямой проекции приходится 0,3 снимка в боковой проекции.

Отдельно следует выделить органы брюшной полости, для которых соотношение прямых и боковых проекций составляет 1 к 0,6.

На основании методики, представленной в разделе «Материалы и методы», по данным региональных форм №3-ДОЗ за 2023 год был проведен расчет эффективной дозы за процедуру в прямой и боковой проекции и дозы за исследование взрослых пациентов (табл. 3).

Таблица 3. Эффективные дозы за проекцию и исследование взрослых пациентов для наиболее распространенных рентгенографических процедур в Санкт-Петербурге и Ленинградской области

[Table 3. Effective doses per projection and per examination for the most common radiographic procedures in Saint Petersburg and Leningrad Oblast]

Анатомическая область [Anatomic region]	Санкт-Петербург [Saint Petersburg]						Ленинградская область [Leningrad Oblast]									
	Аналоговые рентгеновские аппараты [Analogue X-ray units]			Цифровые рентгеновские аппараты [Digital X-ray units]			Аналоговые рентгеновские аппараты [Analogue X-ray units]			Цифровые рентгеновские аппараты [Digital X-ray units]						
	П ¹ [F]	Б ² [L]	И ³ [E]	СЭД ⁴ [AED]	П ¹ [F]	Б ² [L]	И ³ [E]	СЭД ⁴ [AED]	П ¹ [F]	Б ² [L]	И ³ [E]	СЭД ⁴ [AED]				
Органы грудной клетки [Chest]	0,25	0,47	0,72	0,34	0,05	0,10	0,15	0,07	0,10	0,18	0,28	0,15	0,06	0,12	0,18	0,07
Шейный отдел позвоночника [Cervical spine]	0,36	0,25	0,61	0,31	0,11	0,06	0,17	0,09	0,16	0,11	0,28	0,14	0,12	0,07	0,18	0,09
Грудной отдел позвоночника [Thoracic spine]	0,46	0,32	0,78	0,40	0,21	0,15	0,36	0,18	0,43	0,30	0,72	0,37	0,15	0,10	0,25	0,13
Поясничный отдел позвоночника [Lumbar spine]	0,61	0,67	1,28	0,64	0,32	0,35	0,66	0,33	0,55	0,61	1,16	0,58	0,23	0,25	0,48	0,24
Органы малого таза [Pelvis]	0,66	0,66	1,32	0,66	0,25	0,25	0,51	0,25	-	-	-	-	0,34	0,34	0,68	0,34
Тазобедренный сустав [Hip]	0,54	0,54	1,08	0,54	0,30	0,30	0,60	0,30	0,56	0,56	1,12	0,56	0,16	0,16	0,33	0,16
Ребра и грудина [Ribs and sternum]	0,30	0,30	0,59	0,30	0,12	0,12	0,24	0,12	0,38	0,38	0,76	0,38	0,15	0,15	0,30	0,15
Органы брюшной полости [Abdominal]	0,26	0,26	0,52	0,26	0,28	0,28	0,57	0,28	0,76	0,76	1,51	0,76	0,26	0,26	0,52	0,26
Череп, гол. мозг, ЧЛО [Skull, brain, and craniofacial region]	0,18	0,09	0,27	0,16	0,08	0,04	0,12	0,07	0,10	0,05	0,14	0,08	0,05	0,03	0,08	0,05

¹ П – Прямая проекция, получено по выражениям (6) и (7) для выбранных аналоговых и цифровых аппаратов [F – Frontal projection, obtained from expressions (6) and (7) for selected analog and digital X-ray units].

² Б – Боковая проекция, получено по выражениям (8) и (9) для выбранных аналоговых и цифровых аппаратов [L – Lateral projection, obtained from expressions (8) and (9) for selected analog and digital X-ray units].

³ И – Исследование - получено по выражениям (10) и (11) - доза за исследование посчитана как сумма доз, полученных в ходе одной процедуры в прямой и одной процедуры в боковой проекции [E – Examination obtained from expressions (10) and (11) - the examination dose is calculated as the sum of doses from one frontal and one lateral projection].

⁴ СЭД – средняя эффективная доза за процедуру по региону по данным формы №3-ДЮЗ, рассчитана по методике [1] [AED – Average effective dose per diagnostic procedure according to Form No. 3-DOZ, calculated using the methodology of [1]].

Результаты, представленные в таблице 3, позволяют разделить все рентгенографические процедуры по степени отклонения получаемой дозы от среднего значения эффективной дозы:

- Минимальные отклонения (до 20 %): исследования грудного, поясничного отделов позвоночника, органов малого таза, тазобедренного сустава, рёбер с грудиной и брюшной полости. К данным процедурам относятся те процедуры, у которых соотношение эффективных доз за проекцию идентично (см. табл. 1).

- Выраженные отклонения (свыше 20 %): рентгенография органов грудной клетки, шейного отдела позвоночника, а также черепа, головного мозга и ЧЛО.

При этом эффективные дозы за РПИ (два снимка в прямой и боковой проекции) для всех анатомических областей превышают соответствующие СЭД более чем в полтора-два раза.

Полученные значения эффективных доз РПП в прямой и боковой проекциях, а также за РПИ в целом необходимо использовать для оценки уровней облучения пациентов в отдельных медицинских организациях, и для сравнения с собственными сборами данных.

Представленная методика не может полноценно заменить проведение выделенных сборов данных по уровням облучения пациентов в медицинских организациях, так как основана на ряде допущений и ограничений:

- для всех РПП используется фиксированное соотношение прямых и боковых проекций с исключением иных проекций (косых, кранио-каудальных и пр.);

- для всех рентгенографических процедур используется фиксированное соотношение эффективных доз между прямой и боковой проекциями, которое может отличаться в зависимости от типа оборудования и протоколов проведения процедур;

- методика основана на анализе формы №3-ДОЗ с минимальной верификацией полученных данных;

- эффективные дозы за прямую и боковую проекции все равно определяются как усредненные по всей медицинской организации в целом вне зависимости от количества рентгеновских аппаратов.

Заключение

Возможность оценки эффективных доз по проекциям существенно повышает ценность данных из формы №3-ДОЗ и позволяет в дальнейшем использовать обработанные данные для использования в контексте оптимизации посредством установления референтных диагностических уровней.

Выполненная работа в очередной раз демонстрирует принципиальный недостаток формы №3-ДОЗ – чрезмерное укрупнение и обобщение данных, не позволяющее проводить полноценный анализ данных без разработки трудоемких методов анализа. В рамках развития и совершенствования формы №3-ДОЗ для РПП необходимо вводить учёт доз облучения по проекциям раздельно.

Ограничения исследования

Соотношения структуры исследования (R_x) посчитано как среднее значение по данным всероссийской формы №3-ДОЗ за период с 2020 по 2022 год. Множители соотношения вкладов в эффективную дозу прямых и боковых проекций (M_{front} и M_{lat}) получены с использованием выражения (1)

по итогам анализа данных по рентгенографическим исследованиям [8]. Указанные переменные могут меняться в регионах в зависимости от применяемых протоколов проведения исследований, что требует проведения собственного сбора данных для уточнения результатов. Эффективные дозы, представленные в таблице 3, были рассчитаны как сумма доз за одну процедуру в прямой проекции и одной процедуры в боковой проекции. Вклад процедур, проведенных в косых проекциях, не учитывался.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Косарлукова Е.А. провела анализ данных, редактировала промежуточный вариант рукописи.

Водоватов А.В. разработал дизайн исследования, определил цели и задачи, подготовил окончательный вариант рукописи.

Библин А.М. редактировал промежуточный вариант рукописи.

Ахматдинов Р.Р. редактировал промежуточный вариант рукописи.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Статья подготовлена в рамках выполнения НИР: «Научное обоснование Концепции обеспечения радиационной безопасности населения Российской Федерации при проведении современных рентгенорадиологических процедур».

Литература

1. Водоватов А.В., Косарлукова Е.А., Библин А.М. и др. Анализ уровней медицинского облучения населения Российской Федерации в 2023 г. с использованием актуализированной формы №3-ДОЗ // Радиационная гигиена. 2025. Т. 18, №1. С. 85-99. DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-1-85-99.
2. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К. и др. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации. Сообщение 1. Основные достижения и задачи по совершенствованию // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10, №3. С. 7-17. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-7-17.
3. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К. и др. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации. Сообщение 2. Характеристика источников и доз облучения населения Российской Федерации // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10, № 3. С. 18-35. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-18-35.
4. Кишковский А.Н., Тютин Л.А., Есиновская Г.Н. Атлас укладок при рентгенологических исследованиях. М.: Издательство "Медицина", 2012. 516 с.
5. Основы лучевой диагностики и терапии: национальное руководство / под ред. С. К. Тернового. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 992 с.
6. Дружинина Ю.В., Водоватов А.В., Охрименко С.Е. Сравнительный анализ эффективных доз, рассчитанных по разным методикам, для пациентов при проведении исследований на рентгенодиагностических аппаратах

- общего назначения // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101, № 2. С. 124-131. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-2-124-131.
7. Историк О.А., Водоватов А.В., Романович И.К. и др. Анализ уровней облучения населения Ленинградской области в лучевой диагностике за период 2010-2019 гг. // Медицина и организация здравоохранения. 2022. Т. 7, № 4. С. 80-95.
8. Водоватов А.В., Голиков В.Ю., Кальницкий С.А. и др. Анализ уровней облучения взрослых пациентов при проведении наиболее распространенных рентгенографических исследований в Российской Федерации в 2009–2014 гг. // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10, № 3. С. 66-75. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-66-75.

Поступила: 29.01.2026

Косарлукова Елена Алексеевна – исполняющая обязанности младшего научного сотрудника Информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0009-0007-6476-9571

Водоватов Александр Валерьевич – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией радиационной гигиены медицинских организаций Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; доцент кафедры общей гигиены Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета. **Адрес для переписки:** 197101, ул. Мира 8, Санкт-Петербург, Россия; E-mail: vodovatoff@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5191-7535

Библин Артём Михайлович – старший научный сотрудник, руководитель Информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0002-3139-2479

Ахматдинов Руслан Расимович – инженер-исследователь Информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0009-0000-2300-6788

Для цитирования: Косарлукова Е.А., Водоватов А.В., Библин А.М., Ахматдинов Р.Р. Методика расчёта эффективных доз при проведении рентгенографических процедур как инструмент анализа формы №3-ДОЗ // Радиационная гигиена. 2026. Т. 19, № 1. С. 56–62. DOI: 10.21514/1998-426X-2026-19-1-56-62

Methodology for calculating average effective doses in radiography procedures as a tool for analyzing Form No. 3–DOZ

Elena A. Kosarlukova¹, Aleksandr V. Vodovatov^{1,2}, Artem M. Biblin¹, Ruslan R. Akhmatdinov¹

¹ Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance of Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

² Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

Form №3-DOZ is commonly used to analyze patient doses from radiographic procedures. However, direct comparison of average effective dose data from Form №3-DOZ with results of experimental studies is inappropriate, as Form №3-DOZ presents effective doses averaged over the patient's exposure projections. This leads to significant over- or underestimation of the comparison results. The aim of this study was to develop a method for estimating average effective doses per frontal or lateral projection for common radiographic procedures using Form №3-DOZ data. Materials and Methods: The study was based on the data from the regional databanks of Form № 3-DOZ for Saint Petersburg and Leningrad regions; an original method for calculating average effective doses per projection has been developed. Results and Discussion: average effective doses for the most common X-ray procedures performed on digital and analog X-ray units in St. Petersburg and the Leningrad Region in 2023 were determined. Conclusion: It is advisable to integrate this method into software for completing Form №3-DOZ.

Key words: ESKID, No. 3-DOZ, effective dose, radiographic procedures, patients.

Aleksandr V. Vodovatov

Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

Address for correspondence: 8, Mira Str., Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: vodovatoff@gmail.com

Limitations of the Study

The structure ratios of the study (Rx) were calculated as the average value based on the data from the all-Russian Form No. 3-DOZ for the period from 2020 to 2022. The multipliers for the contribution ratios to the effective dose from the frontal and lateral projections (M_{front} and M_{lat}) were obtained using Expression 5, based on the analysis of data from X-ray examinations [8]. These variables may be subject to change, which necessitates conducting our own data collection to refine the results. The effective doses presented in Table 3 were calculated as the sum of the doses received from one procedure in the frontal projection and one procedure in the lateral projection. The contribution of procedures performed in oblique projections was not taken into account.

Authors' personal contribution

Aleksandr V. Vodovatov developed design of the study, determined aims and objectives, prepared draft of the manuscript.

Elena A. Kosarlukova performed data analysis, prepared draft of the manuscript.

Artem M. Biblin prepared draft of the manuscript.

Ruslan R. Akhmatdinov prepared draft of the manuscript.

Conflict of interests

Authors declare the absence of conflict of interest.

Sources of funding

The study was not supported by sponsorship. The study was performed within framework of research project "Scientific substantiation of the Concept for ensuring radiation safety of the population of the Russian Federation during modern X-ray radiological procedures."

References

- Vodovatov AV, Kosarlukova EA, Biblin AM, Akhmatdinov RR, Bratilova AA. Analysis of medical exposure levels of the Russian Federation population in 2023 using the updated form No. 3-DOZ. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2025;18(1): 85-99. (In Russian) DOI:10.21514/1998-426X-2025-18-1-85-99 [Accessed 25 January 2026].
- Onishchenko GG, Popova AY, Romanovich IK, Barkovsky AN, Kormanovskaya TA, Shevkun IG. Radiation-hygienic passportization and USIDC-information basis for management decision making for radiation safety of the population of the Russian Federation. Report 1. Main achievements and challenges to improve. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2017;10(3): 7-17. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-7-17 [Accessed 25 January 2026].
- Onishchenko GG, Popova AY, Romanovich IK, Barkovsky AN, Kormanovskaya TA, Shevkun IG. Radiation-hygienic passportization and USIDC-information basis for management decision making for radiation safety of the population of the Russian Federation Report 2: Characteristics of the sources and exposure doses of the population of the RF. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2017;10(3): 18-35. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-18-35 [Accessed 25 January 2026].
- Kishkovsky AN, Tyutin LA, Esinovskaya GN. Atlas of Patient Positioning in Radiological Studies. Moscow: Meditsina Publishing House; 2012. 516 p.
- Ternovoy SK, editor. Fundamentals of Radiation Diagnostics and Therapy: A National Guide. Moscow: GEOTAR-Media; 2012. 992 p.
- Druzhinina YV, Vodovatov AV, Okhrimenko SE. Comparative analysis of effective doses to patients undergoing examination on general-purpose X-ray machines, calculated by various methods. *Hygiene and Sanitation*. 2022;101(2): 124-131. (In Russian) DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-2-124-131 [Accessed 25 January 2026].
- Istoriy OA, Vodovatov AV, Romanovich IK, Eremina LA, Druzhinina PS, Puzyrev VG. Analysis of the population exposure levels of radiation diagnostics in the Leningrad region in 2010-2019. *Meditsina i organizatsiya zdruvookhraneniya = Medicine and Healthcare organization*. 2022;7(4): 81-95. (In Russian).
- Vodovatov AV, Golikov VY, Kalnitsky SA, Shatsky IG, Chipiga LA. Evaluation of levels of exposure of adult patients from common radiographic examinations in the Russian Federation in 2009–2014. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2017;10(3):66-75. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-66-75 [Accessed 25 January 2026].

Received: January 29, 2026

Elena A. Kosarlukova – Acting Junior Researcher, Information Analytical Center, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

ORCID: 0009-0007-6476-9571

For correspondence: Aleksandr V. Vodovatov – Candidate of Biological Sciences, Head of Laboratory of Radiation Hygiene of Medical Facilities, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; Docent, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (8, Mira Str., Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: vodovato@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-5191-7535

Artem M. Biblin – Senior Research Fellow, Head of Information Analytical Center, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0002-3139-2479

Ruslan R. Akhmatdinov – Researcher Engineer, Information Analytical Center, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

ORCID: 0009-0000-2300-6788

For citation: Kosarlukova E.A., Vodovatov A.V., Biblin A.M., Akhmatdinov R.R. Methodology for calculating average effective doses in radiography procedures as a tool for analyzing Form No. 3-DOZ. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2026. Vol. 19, No. 1. P. 56–62. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2026-19-1-56-62