

## Референтные диагностические уровни при проведении рентгенографических исследований в г. Москве

Ю.В. Дружинина<sup>1,2</sup>, З.А. Лантух<sup>1</sup>, К.В. Толкачев<sup>1</sup>, И.В. Солдатов<sup>1</sup>, М.П. Шатёнок<sup>1</sup>,  
А.В. Водоватов<sup>4</sup>, П.С. Дружинина<sup>4</sup>, И.Г. Шацкий<sup>4</sup>, С.А. Рыжов<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

<sup>2</sup> Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>3</sup> Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>4</sup> Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

*Одним из эффективных инструментов оптимизации доз облучения пациентов при лучевой диагностике являются референтные диагностические уровни. В отношении рентгенографических исследований установление референтных диагностических уровней хотя и является общепринятой зарубежной практикой, однако у персонала отечественных отделений лучевой диагностики отсутствует понимание процесса разработки и использования данного инструмента. В данной статье показан опыт формирования региональных референтных диагностических уровней на основе данных измерений аккредитованной испытательной лаборатории «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы». На базе работы 216 рентгеновских цифровых аппаратов для 8 наиболее распространенных видов исследований были разработаны референтные диагностические уровни для рентгенографии г. Москвы. Результирующие значения, установленные в величине произведение дозы на площадь (сГр·см<sup>2</sup>) и эффективной дозы (мЗв), были сопоставлены с ранее определенными локальными уровнями г. Рязани и национальными референтными диагностическими уровнями различных стран. Анализ показал преимущество величин, некоторые виды исследований были представлены к оптимизации. Разработанные референтные диагностические уровни являются показателями качества работы отделений лучевой диагностики и будут применены для оптимизации дозы облучения пациента при диагностических исследованиях г. Москвы.*

**Ключевые слова:** рентгенологические исследования, пациенты, эффективная доза, референтный диагностический уровень, стандартная доза, рентгенодиагностический аппарат.

### Введение

В настоящее время действует ряд нормативно - методических документов, в которых приводятся рекомендации и/или методики по определению доз облучения пациента<sup>1,2</sup> [1-3]. За последние десятилетия проделана большая работа по оптимизации радиационной защиты пациентов при рентгенодиагностических исследованиях [4-8]. Созданы и аккредитованы испытательные лаборатории и лабораторные центры, налажена их работа по контролю эксплуатационных

параметров рентгеновских аппаратов, оценке доз облучения пациентов.

Одним из направлений по оптимизации медицинского облучения является внедрение в практику референтных диагностических уровней [5, 8, 9 – 14]. В мире, в том числе в нашей стране, разработаны и используются методики по установке и применению на практике, полученных значений референтных диагностических уровней<sup>1,2</sup> [15]. РДУ представляет собой ориентир для оптимизации медицинского облучения пациентов в медицин-

<sup>1</sup>МУ 2.6.1.2944-11. Контроль эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях. М.: Роспотребнадзор, 2011. 40 с. [Methodical guidelines 2.6.1.2944-11 "Control of the patient effective doses from medical X-ray examinations". Moscow, Rosпотребнадзор, 2011. 40 p. (In Russ.)]

<sup>2</sup>МУ 2.6.1.3584-19. Изменение в МУ 2.6.1.2944-11. Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований. М.: Роспотребнадзор, 2019. 32 с. [Methodical guidelines MU 2.6.1.3584-19. Change in MU 2.6.1.2944-11. Control of the patient effective doses from X-ray diagnostic examinations. Moscow: Rosпотребнадзор; 2019. 32p. (In Russ.)]

Дружинина Юлия Владимировна

Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы

Адрес для переписки: 127051, Россия, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1; E-mail: DruzhininaYV2@zdrav.mos.ru

ской организации (МО) региона или страны<sup>3,4</sup> [5, 8].

Референтные диагностические уровни (РДУ) – установленные значения выбранной дозиметрической величины, численно равное 75-му перцентилю распределения рентгеновских кабинетов для конкретного вида исследований. Распределение по данной дозиметрической величине строится для рентгеновских кабинетов отдельной страны или региона. РДУ используют для регулирования средних уровней облучения пациентов при проведении выбранных рентгенодиагностических исследований на конкретном рентгеновском аппарате, но не применяют к отдельным пациентам. Для обеспечения совместимости с действующими в Российской Федерации системами контроля и учета доз пациентов рекомендуется в дополнение к дозиметрическим величинам устанавливать РДУ в значениях эффективной дозы (ЭД)<sup>3</sup>. РДУ устанавливают и используют применительно к наиболее распространенным исследованиям, проводимым с использованием типовых протоколов. Совокупность аппаратов для лучевой или радионуклидной диагностики для установления региональных РДУ должна быть представительной в отношении географии их распределения, основных моделей и протоколов проведения исследований, используемых в регионе<sup>3,4</sup> [5].

В Российской Федерации в рамках контроля за радиационной безопасностью при выполнении рентгенодиагностических исследований проводится контроль эксплуатационных параметров рентгеновского оборудования, также на основе измерений проводятся расчеты таблиц эффективных доз<sup>1,2</sup> для тех типов процедур, которые осуществляются на конкретном рентгеновском аппарате общего назначения. Полученные данные анализируются для принятия мер по оптимизации медицинского облучения.

Модернизация парка оборудования, оптимизация протоколов исследования влияет на дозы облучения пациентов. Применение РДУ позволяет отслеживать и контролировать данные изменения [9, 16]. Анализ применения РДУ во Франции с 2004 г. свидетельствует о постоянном снижении доз облучения пациентов при проведении рентгенографии и компьютерной томографии. Каждые 2 года (рентгенография) или 3 года (компьютерная томография), уровни облучения пациентов снижались в среднем примерно на 15% [9]. Подобные результаты подтверждают необходимость периодического обновления национальных РДУ для обеспечения непрерывности процессов оптимизации.

**Цель исследования** – определение численных значений региональных РДУ в г. Москве для наиболее распространенных рентгенографических процедур для взрослых пациентов на стационарных цифровых рентгенодиагностических аппаратах общего назначения.

## Материалы и методы

Определение РДУ проводилось с использованием утвержденных методик МР № 121 и МР 2.6.1.0296-22<sup>3, 4</sup>. Основными объектами исследования являлись цифровые рентгеновские аппараты общего назначения, наиболее часто встречающиеся модели, из применяемых в медицинских организациях г. Москвы. В выборку исследования вошли 216 рентгеновских цифровых аппаратов общего назначения, установленных в 132 медицинских организациях (стационарах и поликлиниках) города Москвы различной подчиненности, как частных, так и входящих в Департамент Здравоохранения г. Москвы. Доля исследуемых рентгеновских аппаратов составила 35% от общего парка рентгенодиагностических аппаратов г. Москвы, что соответствует рекомендациям МР № 121<sup>3</sup>.

В ходе данной работы определялись значения РДУ для процедур облучения взрослых пациентов на стационарных цифровых рентгенодиагностических аппаратах общего назначения для наиболее востребованных исследований в каждой проекции (боковая (Б), задне-передняя (ЗП), передне-задняя (ПЗ)), которые применялись при проведении конкретного рентгеновского исследования<sup>4</sup>.

Выезды на объекты и измерения проводились в течение 2-х лет в период с 2021-2022 гг. В соответствии с МР 2.6.1.0296-22<sup>4</sup> были собраны данные о режимах проведения исследований, такие как: ток, напряжение, фильтрация, выдержка, размер поля, фокусное расстояние. Для каждого режима собирались данные о параметрах проведения рентгенологического исследования не менее, чем для 15 пациентов<sup>3</sup> из архива медицинской организации, при помощи опроса рентгенолаборантов, а также загрузки данных цифровой базы программного обеспечения аппарата. Прямые измерения радиационного выхода для каждого рентгеновского аппарата проводились в период 2021-2022 гг. Измерения радиационного выхода осуществлялись в соответствии с МР № 0100/12883-07-34<sup>5</sup> ГОСТ Р МЭК 61223-1-2001<sup>6</sup>: с использованием универсального дозиметра для контроля характеристик рентгеновских аппаратов «RaySafe Xi» (Швеция).

На основании методических рекомендаций № 121<sup>3</sup> и 2.6.1.0296-22<sup>4</sup> РДУ определяются в единицах эффективной дозы и в измеряемых дозовых характеристиках. В рамках данной работы в качестве измеряемой дозовой характеристики было использовано значение произведение дозы (воздушной кермы) на площадь (ПДП)  $cГр \cdot cm^2$  [14].

Вычисление ПДП проводилось на основании МР 2.6.1.0296-22<sup>4</sup> по формуле:

<sup>3</sup> Методические рекомендации № 121. Применение референтных диагностических уровней для взрослых пациентов в лучевой диагностике. М.: ДЗМ. 2020. 35 с. [Methodological recommendations No. 121. Application of diagnostic reference levels to adult patients in diagnostic radiology. Moscow, DZM, 2020, 35 p. (In Russ.)]

<sup>4</sup> МР 2.6.1.0296-22 «Оптимизация радиационной защиты пациентов в лучевой диагностике посредством применения референтных диагностических уровней» – М.: Роспотребнадзор. 2022. 40 с. [Methodological recommendations MR 2.6.1.0296-22 Optimization of radiation protection for patients in diagnostic radiology by using diagnostic reference levels. Moscow, Rosпотребнадзор, 2022. 40 p. (In Russ.)]

<sup>5</sup> Методические рекомендации № 0100/12883-07-34. Определение радиационного выхода рентгеновских излучателей медицинских рентгенодиагностических аппаратов». М.: Роспотребнадзор, 2008. 25 с. [Methodological recommendations No. 0100/12883-07-34. Determination of the radiation output of X-ray emitters of medical X-ray diagnostic devices. Moscow, Rosпотребнадзор, 2008. 25 p. (In Russ.)]

<sup>6</sup> ГОСТ Р МЭК 61223-1-2001 «Оценка и контроль эксплуатационных параметров рентгеновских аппаратов в отделениях (кабинетах) рентгенодиагностики». [GOST R IEC 61223-1-2001 Evaluation and control of operational parameters of X-ray machines in radiology departments (rooms). (In Russ.)]

$$\text{ПДП} = \frac{\text{ВД} \times l \times h}{10}, \text{сГр} \cdot \text{см}^2 \quad (1)$$

где: ВД – входная поверхностная доза в воздухе, мГр;  $l$  – длина поля облучения на теле пациента, см;  $h$  – ширина поля облучения на теле пациента, см.

В свою очередь входная доза вычислялась на основании МР 2.6.1.0296-22<sup>4</sup> по формуле:

$$\text{ВД} = \frac{k \times R \times Q \times 10^4}{60 \times (\text{РИП} - l)^2}, \text{мГр} \quad (2)$$

где:  $k$  – коэффициент обратного рассеяния, принятый равным 1,4 вне зависимости от спектра рентгеновского излучения в диапазоне напряжений на трубке от 50 до 150 кВ, отн. ед;  $R$  – радиационный выход рентгеновского аппарата, мГр·м<sup>2</sup>/(мА·мин);  $Q$  – произведение тока на время экспозиции, мАс; РИП – расстояние от фокуса трубки до приемника рентгеновского изображения, см;  $l$  – толщина пациента, принимаемая равной 20 см в передне-задней проекции и 40 см в боковой проекции.

Значение эффективной дозы облучения пациента данного возраста при проведении рентгенологического исследования определялось с помощью выражения<sup>12</sup>:

$$E = \text{ПДП} \times K_d \times 10^{-3}, \text{мкЗв} \quad (3)$$

где: ПДП – значение произведения дозы на площадь, сГр·см<sup>2</sup>, рассчитанная по формуле (1);  $K_d$  – коэффициент перехода от значения ПДП к эффективной дозе облучения взрослого пациента с учетом вида проведенного рентгенологического исследования, проекции, размеров поля, фокусного расстояния и анодного напряжения на рентгеновской трубке, мкЗв/(сГр·см<sup>2</sup>);  $10^{-3}$  – коэффициент перехода от мкЗв к мЗв.

Коэффициент перехода  $K_d$  от значения ПДП к эффективной дозе облучения пациента данного возраста с учетом вида проведенного рентгенологического исследования рассчитывался для каждого конкретного случая измерения радиационного выхода в зависимости от проекции, размеров поля, фокусного расстояния, анодного напряжения, фильтрации, тока на трубке и времени исследования при помощи программного обеспечения РСХМС 2.0.

Стандартную дозу (СД) для выбранных рентгенографических процедур определяли, как среднюю дозу для выборки взрослых пациентов обоего пола с массой тела 70±20 кг при проведении рентгенографии в типовом режиме работы рентгеновского аппарата с типовым протоколом его выполнения<sup>3</sup>.

Значение РДУ определялись равным 75-му перцентилю распределения стандартных доз для выбранных рентгенографических процедур в различных медицинских кабинетах<sup>3</sup> [14].

Статистическая обработка данных проводилась в Microsoft Excel, с визуальным представлением в виде гистограмм «ящик с усами». В соответствии с ГОСТ Р ИСО 16269-4-2017<sup>7</sup> был рассчитан межквартильный размах (IQR), который является разницей между значениями тре-

тьего ( $Q_3$ ) и первого ( $Q_1$ ) квартиля. Нижняя граница представляется собой разницу между  $Q_1$  и  $1,5 \cdot \text{IQR}$ , верхняя граница – сумма  $Q_3$  и  $1,5 \cdot \text{IQR}$ , на рисунках 1-4 представлены в виде «усов» гистограммы «ящик с усами». Выбросами являются все значения, которые оказались за пределами верхней и нижней границ, на рисунках 1-4 представлены в виде точек.

## Результаты

Результаты определения численных значений РДУ в величине эффективной дозы и ПДП для выбранных рентгенографических исследований, а также количество значений стандартных эффективных доз (СД), применяемых для установки РДУ представлены в таблице 1. На основании МР 2.6.1.0296-22<sup>4</sup> РДУ устанавливалось для соответствующих проекций, при которых делались снимки при проведении выбранного рентгенографического исследования: задне-передняя (ЗП), передне-задняя (ПЗ) и боковая (Б). Распределения значений произведения дозы (воздушной кермы) на площадь представлены на рисунках 1-4. \* – крестик на диаграмме «ящик с усами» отражает среднее значение, горизонтальная линия в средней области прямоугольника – медианное значение.

## Обсуждение

РДУ не являются нормативом, а используются как референтное значение в целях внутреннего контроля качества проведения процедур. Превышение РДУ не означает автоматически, что процедуры проводят некачественно, так как оно может быть обусловлено техническими особенностями используемой аппаратуры или протокола проведения процедуры. Первоочередным этапом процесса оптимизации является оценка текущей ситуации с медицинским облучением для выбранных рентгенологических процедур и ее анализ с целью установления границы между хорошей и плохой практиками проведения исследований [14]. Выявленные случаи аномально высоких или аномально низких значений стандартных доз по отношению к РДУ, в том числе при помощи рисунков 1- 4, позволяют определить те рентгеновские аппараты, на которые стоит обратить внимание. Анализ качества работы рентгеновского аппарата, медицинского персонала рентгеновского кабинета необходим для выявления причин, как аномально высоких, так и аномально низких значений эффективных доз и при необходимости проведения оптимизации протоколов исследования. Стоит отметить, что для таких исследований как ПОП, таз-крестец, кишечник\_ЗП максимальные и минимальные значения средних доз отличались более чем в 10 раз, что говорит о существенном отличии в практике проведения исследований и разнородности применяемых в медицинских организациях технологий.

В таблице 2 представлено сравнение РДУ г. Москвы, определенных в значениях эффективных доз, с данными, полученными для Рязанской области в 2019 г и со значениями ( $Q_3$ ) предоставленными Научно-исследовательским институтом радиационной гигиены в 2015-2016 гг. [4, 8].

<sup>7</sup> ГОСТ Р ИСО 16269-4-2017 «Статистическое представление данных. Часть 4. Выявление и обработка выбросов». [GOST R ISO 16269-4-2017, Statistical interpretation of data — Part 4: Detection and treatment of outliers, IDT]. (In Russ.)]

Таблица 1

Полученные результаты значений РДУ в величине эффективной дозы и ПДП для выбранных рентгенографических исследований и количество значений стандартных эффективных доз, применяемых для установки РДУ

[Table 1]

Values of the DRLs in the effective dose and DAP for selected radiographic studies and the number of standard effective dose values used to set the DRLs]

| Анатомическая область с проекцией<br>[Anatomical area with an indication of the projection] | Количество СД, попавших в выборку, шт.<br>[Quantity of SD included in the sample, pcs] | РДУ Еэфф (Q3), мЗв<br>[DRL (Q3) Eeff, mSv] | Медиана (Q2) Еэфф, мЗв<br>[Mean (Q2) Eeff, mSv] | РДУ (Q3) в ПДП, сГр·см <sup>2</sup><br>[DRL (Q3) in DAP, cGy·cm <sup>2</sup> ] | Медиана (Q2) в ПДП, сГр·см <sup>2</sup><br>[Mean (Q2) in DAP, cGy·cm <sup>2</sup> ] |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Органы грудной клетки_ЗП [Chest_PA]                                                         | 216                                                                                    | 0,08                                       | 0,04                                            | 85                                                                             | 45                                                                                  |
| Органы грудной клетки_Б [Chest_LAT]                                                         | 205                                                                                    | 0,09                                       | 0,04                                            | 190                                                                            | 80                                                                                  |
| Грудной отдел позвоночника_ПЗ [Thoracic spine_AP]                                           | 216                                                                                    | 0,17                                       | 0,11                                            | 180                                                                            | 120                                                                                 |
| Грудной отдел позвоночника_Б [Thoracic spine_LAT]                                           | 216                                                                                    | 0,15                                       | 0,09                                            | 450                                                                            | 260                                                                                 |
| Поясничный отдел позвоночника_ПЗ [Lumbar_AP]                                                | 216                                                                                    | 0,37                                       | 0,26                                            | 330                                                                            | 240                                                                                 |
| Поясничный отдел позвоночника_Б [Lumbar_LAT]                                                | 216                                                                                    | 0,23                                       | 0,20                                            | 900                                                                            | 700                                                                                 |
| Таз, крестец_ПЗ [Pelvis_AP]                                                                 | 184                                                                                    | 0,44                                       | 0,25                                            | 480                                                                            | 280                                                                                 |
| Таз, крестец_Б [Pelvis_LAT]                                                                 | 141                                                                                    | 0,29                                       | 0,15                                            | 900                                                                            | 520                                                                                 |
| Тазобедр.суставы_ПЗ [Hip joint_AP]                                                          | 193                                                                                    | 0,29                                       | 0,13                                            | 200                                                                            | 90                                                                                  |
| Шейный отдел позвоночника_ЗП [Cervical_PA]                                                  | 205                                                                                    | 0,03                                       | 0,02                                            | 110                                                                            | 75                                                                                  |
| Шейный отдел позвоночника_Б [Cervical_LAT]                                                  | 204                                                                                    | 0,06                                       | 0,04                                            | 280                                                                            | 150                                                                                 |
| Череп_ПЗ [Scull_AP]                                                                         | 194                                                                                    | 0,06                                       | 0,04                                            | 180                                                                            | 110                                                                                 |
| Череп_Б [Scull_LAT]                                                                         | 216                                                                                    | 0,02                                       | 0,01                                            | 220                                                                            | 140                                                                                 |
| Бедренная кость_ПЗ [Femur_PA]                                                               | 167                                                                                    | 0,07                                       | 0,05                                            | 60                                                                             | 45                                                                                  |
| Бедренная кость_Б [Femur_LAT]                                                               | 103                                                                                    | 0,01                                       | 0,01                                            | 110                                                                            | 55                                                                                  |
| Бедро_ПЗ [Hip_AP]                                                                           | 135                                                                                    | 0,03                                       | 0,02                                            | 120                                                                            | 70                                                                                  |
| Желудок_ЗП [Stomach_PA]                                                                     | 24                                                                                     | 0,13                                       | 0,088                                           | 170                                                                            | 120                                                                                 |
| Желудок_Б [Stomach_LAT]                                                                     | 32                                                                                     | 0,08                                       | 0,063                                           | 280                                                                            | 200                                                                                 |
| Кишечник_ЗП [Intestines_PA]                                                                 | 24                                                                                     | 0,38                                       | 0,282                                           | 400                                                                            | 300                                                                                 |
| Кишечник_Б [Intestines_LAT]                                                                 | 26                                                                                     | 0,26                                       | 0,217                                           | 700                                                                            | 570                                                                                 |
| Брюшная полость_ЗП [Abdomen_PA]                                                             | 11                                                                                     | 0,25                                       | 0,214                                           | 650                                                                            | 550                                                                                 |
| Брюшная полость_Б [Abdomen_LAT]                                                             | 9                                                                                      | 0,25                                       | 0,167                                           | 310                                                                            | 280                                                                                 |
| Плечевой сустав_ПЗ [Shoulder joint_AP]                                                      | 199                                                                                    | 0,02                                       | 0,011                                           | 51                                                                             | 37                                                                                  |
| Плечо, ключица_ПЗ [Shoulder, collarbone_AP]                                                 | 172                                                                                    | 0,029                                      | 0,017                                           | 74                                                                             | 44                                                                                  |
| Плечо_ПЗ [Shoulder_AP]                                                                      | 63                                                                                     | 0,001                                      | 0,001                                           | 61                                                                             | 51                                                                                  |



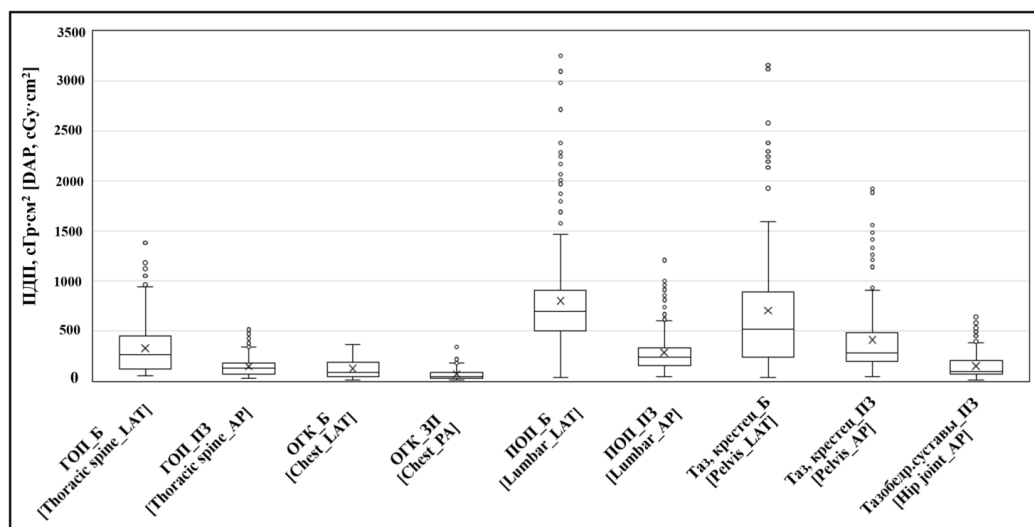


Рис. 1. Визуализация значений ПДП, применяемых для установки РДУ для органов грудной клетки (ОГК), таза, крестца, грудного отдела позвоночника (ГОП) и поясничного отдела позвоночника (ПОП)  
[Fig. 1. Visualization of the DAP values used to determine DRL for organs of chest, pelvis, sacrum, thoracic and lumbar spine]

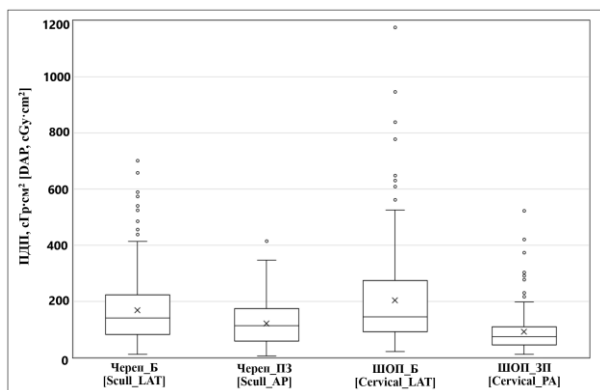


Рис. 2. Распределение значений ПДП, применяемых для установки РДУ анатомической области череп и шейного отдела позвоночника (ШОП)  
[Fig. 2. Distribution of the DAP values used to determine DRL for the anatomical areas of skull and cervical spine]

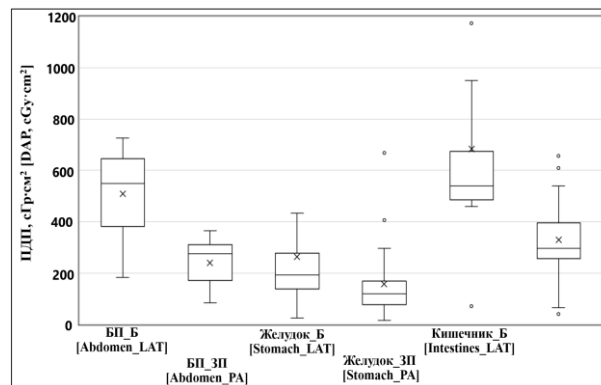


Рис. 3. Распределение значений ПДП, применяемых для установки РДУ анатомической области «органы брюшной полости»  
[Fig. 3. Distribution of the DAP values used to determine DRL for the anatomical area of abdominal organs]

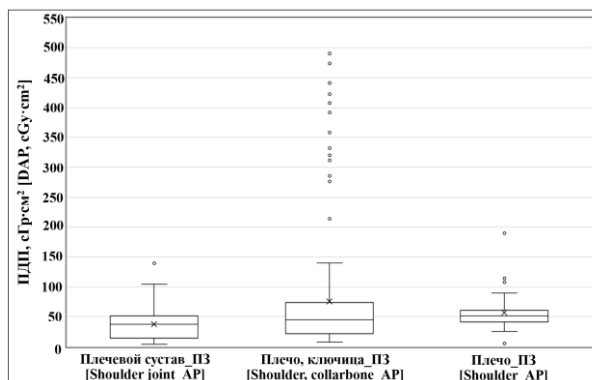


Рис. 4. Распределение значений ПДП, применяемых для установки РДУ анатомической области «плечо, ключица»  
[Fig. 4. Distribution of the DAP values used to determine DRL for the anatomical area of shoulder and clavicle]

Таблица 2

Сравнение РДУ (Еэфф, мЗв) г. Москвы с РДУ и Q3 других регионов

[Table 2]

Comparison of the DRL (Eeff, mSv) for Moscow with DRL and Q3 for other regions]

| Область исследования<br>[Study area]            | Проекция<br>[Projection] | РДУ <sub>Еэфф</sub> , Москва, мЗв<br>[DRL <sub>Eeff</sub> , mSv] | РДУ <sub>Еэфф</sub> , Рязанская область,<br>мЗв [8]<br>[DRL <sub>Eeff</sub> , Ryazan region,<br>mSv [8]] | Q3 <sub>Еэфф</sub> , мЗв 2015-2016 г. [4]<br>[Q3 <sub>Eeff</sub> 2015-2016 [4]] |
|-------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Органы грудной клетки<br>[Chest organs]         | ЗП [PA]                  | 0,08                                                             | 0,22                                                                                                     | 0,1                                                                             |
|                                                 | Б [LAT]                  | 0,09                                                             | 0,12                                                                                                     | 0,22                                                                            |
| Череп [Skull]                                   | ПЗ [AP]                  | 0,06                                                             | 0,07                                                                                                     | 0,1                                                                             |
|                                                 | Б [LAT]                  | 0,02                                                             | 0,03                                                                                                     | 0,05                                                                            |
| Шейный отдел позвоночника<br>[Cervical spine]   | ПЗ [AP]                  | 0,03                                                             | 0,05                                                                                                     | 0,11                                                                            |
|                                                 | Б [LAT]                  | 0,06                                                             | 0,12                                                                                                     | 0,09                                                                            |
| Грудной отдел позвоночника<br>[Thoracic spine]  | ПЗ [AP]                  | 0,17                                                             | 0,38                                                                                                     | 0,41                                                                            |
|                                                 | Б [LAT]                  | 0,15                                                             | 0,32                                                                                                     | 0,33                                                                            |
| Поясничный отдел позвоночника<br>[Lumbar spine] | ЗП [PA]                  | 0,37                                                             | 0,85                                                                                                     | 0,82                                                                            |
|                                                 | Б [LAT]                  | 0,23                                                             | 0,41                                                                                                     | 0,93                                                                            |
| Плечо [Shoulder]                                | -                        | 0,001                                                            | 0,03                                                                                                     | -                                                                               |
| Таз, крестец [Pelvis, sacrum]                   | ПЗ [AP]                  | 0,44                                                             | 0,60                                                                                                     | 0,93                                                                            |
|                                                 | Б [LAT]                  | 0,2                                                              | 0,24                                                                                                     | -                                                                               |
| Тазобедренный сустав [Hip joint]                | ПЗ [AP]                  | 0,29                                                             | 0,55                                                                                                     | 0,93                                                                            |

Значительно меньшие значения РДУ для г. Москвы по сравнению с Рязанской областью объясняются тем, что в Рязанской области РДУ устанавливались совместно для цифровых и аналоговых рентгеновских аппаратов. Расхождения между значениями РДУ г. Москвы и в целом значениями по стране требуют отдельного исследования. Данные расхождения предположительно связаны с более новым

парком оборудования в г. Москва, чем в целом по стране, а также тем, что в выборку по г. Москве попали только цифровые рентгеновские аппараты.

В таблице 3 представлено сравнение РДУ г. Москвы, определенных в значениях дозиметрической единицы произведение дозы на площадь (ПДП), сГр·см<sup>2</sup> со значениями, установленными в ряде стран.

Таблица 3

Сравнение значений РДУ (ПДП, сГр·см<sup>2</sup>) г. Москвы с РДУ, применяемыми в ряде стран

[Table 3]

Comparison of the DRL values (DAP, cGy·cm<sup>2</sup>) for Moscow with DRL used in another countries]

| Область исследования<br>[Study area]               | Проекция<br>[Projection] | РДУ <sub>ПДП</sub> , сГр·см <sup>2</sup> [DRL <sub>DAP</sub> , cGy·cm <sup>2</sup> ] |                                                    |                                                     |                                          |                                             |                                       |
|----------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                    |                          | Настоящая<br>работа<br>(2023)<br>[This work<br>(2023)]                               | Франция,<br>(2017) [12]<br>[France<br>(2017) [12]] | Германия<br>(2016) [12]<br>[Germany<br>(2016) [12]] | UK (2012)<br>[12]<br>[UK (2012)<br>[12]] | Нидерланды<br>[25]<br>[Netherlands<br>[17]] | Ирландия<br>[26]<br>[Ireland<br>[18]] |
| Органы грудной клетки<br>[Chest organs]            | ЗП [PA]                  | 85                                                                                   | 20                                                 | 15                                                  | 10                                       | 12                                          | 12                                    |
|                                                    | Б [LAT]                  | 190                                                                                  | 60                                                 | 40                                                  | -                                        | -                                           | -                                     |
| Шейный отдел<br>позвоночника<br>[Cervical spine]   | ПЗ [AP]                  | 110                                                                                  | 40                                                 | -                                                   | 15                                       | -                                           | 16                                    |
|                                                    | Б [LAT]                  | 270                                                                                  | 40                                                 | -                                                   | 15                                       | -                                           | 19                                    |
| Грудной отдел<br>позвоночника<br>[Thoracic spine]  | ПЗ [AP]                  | 170                                                                                  | 120                                                | 110                                                 | 100                                      | -                                           | 76                                    |
|                                                    | Б [LAT]                  | 450                                                                                  | 150                                                | 140                                                 | 150                                      | -                                           | 180                                   |
| Поясничный отдел<br>позвоночника<br>[Lumbar spine] | ЗП [PA]                  | 330                                                                                  | 300                                                | 200                                                 | 150                                      | -                                           | 160                                   |
|                                                    | Б [LAT]                  | 900                                                                                  | 450                                                | 350                                                 | 250                                      | -                                           | 224                                   |
| Таз, крестец<br>[Pelvis, sacrum]                   | ПЗ [AP]                  | 480                                                                                  | 450                                                | 250                                                 | 220                                      | 300                                         | 191                                   |
| Бедро [Hip]                                        | -                        | 120                                                                                  | 150                                                | 110                                                 | -                                        | -                                           | -                                     |
| Брюшная полость<br>[Abdominal cavity]              | -                        | 310                                                                                  | 400                                                | 230                                                 | 250                                      | 300                                         | 170                                   |

В ходе исследования установлено, что значения РДУ, определённые в г. Москве, почти для всех рентгенографических исследований превышают аналогичные значения для цитированных европейских стран, что показывает необходимость дополнительного анализа и поиска путей решения по оптимизации протоколов [12, 17, 18].

На основе результатов анализа будут проведены мероприятия снижения дозовой нагрузки путем организации работ по циклу Деминга (PDCA) – Планирование-Выполнение исследований-Изучение/проверка-Корректировка<sup>3</sup>. Проведение оптимизации рентгенологических исследований для достижения лучших мировых практик и повышения уровня радиационной защиты пациентов является приоритетным направлением для организации здравоохранения и доказательной медицины.

Ввиду большого разнообразия видов рентгенодиагностических аппаратов и расширенной номенклатуры рентгенографических исследований внедрение РДУ в медицинские организации г. Москвы невозможно представить без применения информационных технологий. Разработанные РДУ будут применяться в системе мониторинга доз пациентов медицинских организаций г. Москвы для оптимизации доз облучения пациента при диагностических исследованиях<sup>8</sup> [19, 20].

### Заключение

По итогу работы по определению значений референтных диагностических уровней при проведении наиболее часто применяемых рутинных рентгенографических процедур получены следующие результаты:

- выявленные случаи аномально высоких доз указали на те медицинские организации, в которых необходимо провести анализ качества работы рентгеновского аппарата для выявления причин настолько высоких значений и при необходимости проведения оптимизации протоколов исследования;
- определяя и применяя РДУ в «рутиной» практике, появляется возможность повышения эффективности работы отделения в части радиационной безопасности в соответствии с существующими рекомендациями;
- по результатам работы выдвинуто предположение, что программное обеспечение для автоматического определения РДУ позволит существенно сократить временные затраты и уменьшить количество ошибок, связанных с человеческим фактором.

Внедрение полученных в ходе данной работы значений референтных диагностических уровней при проведении рентгенографических исследований в г. Москве послужит средством достижения показателей образцовой практики лучевой диагностики, а численные значения войдут в систему мониторинга дозовой нагрузки пациентов медицинских организаций г. Москвы.

### Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы

внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределён следующим образом:

Дружинина Юлия Владимировна – дизайн исследования, поиск публикаций по теме, анализ литературы, обработка полученных результатов, написание текста;

Лантух Зоя Александровна – дизайн исследования, обработка полученных результатов, систематизация и редактирование статьи;

Толкачев Кирилл Владимирович – обработка полученных результатов, систематизация и редактирование статьи;

Солдатов Илья Владимирович – экспертная оценка списка литературы, редактирование статьи;

Шатёнок Мария Петровна - редактирование статьи;

Водоватов Валерий Александрович - систематизация и редактирование статьи;

Дружинина Полина Сергеевна - обработка полученных результатов;

Шацкий Илья Геннадьевич - обработка полученных результатов;

Рыжов Сергей Александрович - финальное редактирование статьи.

### Информация о конфликте интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

### Сведения об источнике финансирования

Данная статья подготовлена авторским коллективом в рамках НИР «Научное развитие медико-технологических и организационных аспектов обеспечения радиационной безопасности при оказании медицинской помощи», (№ ЕГИСУ: №123031500006-9) в соответствии с Приказом от 21.12.2022 г. № 1196 "Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счет средств бюджета города Москвы государственным бюджетным (автономным) учреждениям подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов" Департамента здравоохранения города Москвы.

### Литература

1. Публикация МКРЗ 105. Радиационная защита в медицине. Под ред. русского перевода М.И. Балонов. СПб.: ФБУН НИИРГ, 2011. 66 с.
2. Радиологическая защита при медицинском облучении ионизирующим излучением: руководство по безопасности № RS-G-1.5. Вена: МАГАТЭ, 2004. 208 с.
3. International commission on radiation units and measurements, Patient dosimetry for X Rays Used in Medical Imaging. Rep. 74. ICRU Bethesda. MD. 2006. 220 p.
4. Балонов М.И., Голиков В.Ю., Водоватов А.В. и др. Научные основы радиационной защиты в современной меди-

<sup>8</sup> Методические указания № 122 Применение аналитических информационных систем. Раздел 1. Система оценки персональных радиационных рисков облучения пациента при обосновании назначения рентгенологических и радионуклидных исследований. М.: ДЗМ, 2020. 26 с. [Methodological recommendations No. 122. Application of analytical information systems. Section 1. System for assessing the patient's personal radiation risks when justifying a referral for X-ray and radionuclide examinations Moscow: DZM; 2020. 26 p. (In Russ.)]

- цине. Том 1. Лучевая диагностика: Монография, пособия. Под ред. проф. М.И. Балонова. СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2019. Т. 1. 320 с.
5. Водоватов А.В. Практическая реализация концепции референтных диагностических уровней для оптимизации защиты пациентов при проведении стандартных рентгенографических исследований // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10, № 1. С. 47-55.
  6. Аكوпова Н.А., Иванов С.И., Охрименко С.Е. Оптимизация доз облучения пациентов при проведении рентгенодиагностических исследований // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2016. Т. 61, № 4. С. 48-51.
  7. Стадник Л.Л., Шалеева О.Ю., Носик О.В. Оценка доз пациентов в рентгенографии и их оптимизация путем установления национальных диагностических рекомендованных уровней // Радиационная гигиена. 2014. Т. 7, № 4. С. 84-88.
  8. Алехнович А.В., Аكوпова Н.А., Дружинина Ю.В. Анализ и интерпретация эффективных доз медицинского облучения по Рязанской области // Медицинская физика. 2019. № 4 (84). С. 60-68.
  9. Roch P., Célier D., Dessaud C. Using diagnostic reference levels to evaluate the improvement of patient dose optimisation and the influence of recent technologies in radiography and computed tomography // European Journal of Radiology. 2018. Vol. 98. P. 68-74. DOI: 10.1016/j.ejrad.2017.11.002.
  10. Valéro M., Veit R., Kamenopoulou V. The Diagnostic Reference Levels (DRLs) in Europe. // European alara network. 2007. URL: <https://www.eu-alara.net/index.php/activities/surveys/156-drls.html> (Дата обращения: 12.04.2024).
  11. Konate I., Monnehan G.A., Gogon B.D.L. Diagnostic Reference Level in Frontal Chest X-Ray in Western Côte d'Ivoire // World Journal of Nuclear Science and Technology. 2019. P. 147-158.
  12. National Diagnostic Reference Levels (NDRLs) from 13 October 2022 // UK Health Security Agency. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/diagnostic-radiology-national-diagnostic-reference-levels-ndrls/ndrl> (Дата обращения: 12.04.2024).
  13. European Study on Clinical Diagnostic Reference Levels for X-ray Medical Imaging. Report and review on existing clinical DRLs 2018. URL: [http://www.eurosafeimaging.org/wp/wpcontent/uploads/2017/09/D2.1\\_Report-and-review-on-existing-clinicalDRLs\\_final\\_published-on-website.pdf](http://www.eurosafeimaging.org/wp/wpcontent/uploads/2017/09/D2.1_Report-and-review-on-existing-clinicalDRLs_final_published-on-website.pdf). (Дата обращения: 12.04.2024).
  14. ICRP. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP Publication 135. 2017. 46(1). 144 p.
  15. Edyvean S. Establishing and Using DRLs for optimisation in Radiography. ICTP-IAEA Workshop on Establishment and Utilization of Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging Imaging (smr3333): November 2019 Trieste, Italy. URL: <https://indico.ictp.it/event/8729/session/2/contribution/12/material/slides/0.pdf> (Дата обращения: 12.04.2024).
  16. John Damilakis J., Frija G., Brkljacic B. ESR. How to establish and use local diagnostic reference levels: an ESR EuroSafe Imaging expert statement // Insights into Imaging. 2023. Vol. 14. <https://doi.org/10.1186/s13244-023-01369-x> (Дата обращения: 12.04.2024).
  17. Zweers D., Geleijns K., Veldkamp W. Diagnostic Reference Levels (DRL's) and Target Dose Levels in The Netherlands. 13th International Congress of the International Radiation Protection Association, SECC Glasgow, Scotland, may 13-18, 2012. URL: <https://www.irpa.net/members/P07.66%20v2.pdf> (Дата обращения: 12.04.2024).
  18. Diagnostic Reference Levels Guidance on the establishment, use and review of diagnostic reference levels for medical exposure to ionising radiation. Regulation directorate health information and quality authority (HIQA). 2021. URL: [https://www.hiqa.ie/sites/default/files/2021-07/Diagnostic-Reference-Levels\\_Undertaking-guidance.pdf](https://www.hiqa.ie/sites/default/files/2021-07/Diagnostic-Reference-Levels_Undertaking-guidance.pdf) (Дата обращения: 12.04.2024).
  19. Дружинина Ю.В., Рыжов С.А., Солдатов И.В. и др. Возможности применения специализированного программного обеспечения для замены отчетных форм // Медицинская Физика. 2022. № 1(93). С. 26-27.
  20. Шатёнок М.П., Рыжов С.А., Лантух З.А. Возможности программного обеспечения для мониторинга дозовой нагрузки пациентов в лучевой диагностике // Digital Diagnostics. 2022. Т. 3, № 3. С. 212-230.

Поступила: 12.04.2024

**Дружинина Юлия Владимировна** – эксперт отдела дозиметрического контроля и медицинской физики Научно-практического клинического центра диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы; преподаватель кафедры радиационной гигиены и радиационной безопасности им. Ф.Г. Кроткова Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Министерства здравоохранения Российской Федерации. Адрес для переписки: 127051, Россия, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1; E-mail: [DruzhininaYV2@zdrav.mos.ru](mailto:DruzhininaYV2@zdrav.mos.ru)

ORCID: 0000-0002-3230-3722

**Лантух Зоя Александровна** – начальник отдела дозиметрического контроля и медицинской физики Научно-практического клинического центра диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

ORCID: 0000-0001-6623-9610

**Толкачев Кирилл Владимирович** – эксперт отдела дозиметрического контроля и медицинской физики Научно-практического клинического центра диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

ORCID: 0000-0001-8871-8700

**Солдатов Илья Владимирович** – начальник испытательной лаборатории Научно-практического клинического центра диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

ORCID: 0000-0002-4867-0746

**Шатёнок Мария Петровна** – эксперт отдела дозиметрического контроля и медицинской физики Научно-практического клинического центра диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

ORCID: 0000-0001-9217-7011



**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, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0002-5191-7535

**Дружинина Полина Сергеевна** – младший научный сотрудник, лаборатория 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, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0003-2921-067X

**Шацкий Илья Геннадьевич** – научный сотрудник, лаборатория 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, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0003-2809-0223

**Рыжов Сергей Анатольевич** – вице-президент Ассоциации медицинских физиков России, научный сотрудник Научно-практического клинического центра диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы; начальник отдела радиационной безопасности и медицинской физики Национального медицинского исследовательского центра детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева, Москва, Россия

ORCID: 0000-0002-0640-7368

Для цитирования: Дружинина Ю.В., Лантух З.А., Толкачев К.В., Солдатов И.В., Шатёнок М.П., Водоватов А.В., Дружинина П.С., Шацкий И.Г., Рыжов С.А. Референтные диагностические уровни при проведении рентгенографических исследований в г. Москве // Радиационная гигиена. 2024. Т. 17, № 3. С. 103–113. DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-3-103-113.

## Diagnostic reference levels for the city of Moscow during X-ray examinations

Yulia.V. Druzhinina<sup>1,2</sup>, Zoya A. Lantukh<sup>1</sup>, Kirill V. Tolkachev<sup>1</sup>, Ilya V. Soldatov<sup>1</sup>, Mariya P. Shatenok<sup>1</sup>, Aleksandr V. Vodovатов<sup>4</sup>, Polina S. Druzhinina<sup>4</sup>, Ilya G. Shatsky<sup>4</sup>, Sergey A. Ryzhov<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Dmitry Rogachev National Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>4</sup> 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

*Diagnostic reference levels are one of the effective tools for optimizing patient radiation doses in diagnostic radiology. The staff of domestic radiology departments does not have an understanding of the development process and use of diagnostic reference levels during X-ray examinations, although this tool is a generally accepted in practice abroad. The article shows the experience of forming regional diagnostic reference levels based on measurements provided by the accredited testing laboratory of the Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department. The diagnostic reference levels for radiography in Moscow were developed for eight of the most common types of examinations based on the operation of 216 digital X-ray machines. The resulting levels, expressed in the dose-area product (cGy·cm<sup>2</sup>) and effective dose (mSv), were compared with the local diagnostic reference levels for the Ryazan region, Russia, and national diagnostic reference levels for other countries. The analysis showed continuity in the values. Some types of studies have been optimized. The developed diagnostic reference levels are the quality performance indicators for diagnostic radiology departments and will be used to optimize a patient radiation dose during diagnostic studies in Moscow.*

**Key words:** medical exposure, patients, effective dose, diagnostic reference level, standard dose, X-ray diagnostic machine.

Yulia.V. Druzhinina

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department

Address for correspondence: Petrovka Str., 24, building 1, Moscow, 127051, Russia; E-mail: DruzhininaYV2@zdrav.mos.ru

### Authors' personal contribution

All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Yulia.V. Druzhinina – research design development, search for relevant publications, literature analysis, data processing, writing;

Zoya A. Lantukh – research design development, data processing, systematization and final editing of the review;

Kirill V. Tolkachev – data processing, systematization and editing of the review;

Ilya V. Soldatov – expert evaluation of literature review, editing of the review;

Mariya P. Shatenok – editing of the review;

Aleksandr V. Vodovатов – systematization and editing of the review;

Polina S. Druzhinina – data processing;

Ilya G. Shatsky – data processing;

Sergey A. Ryzhov – final editing of the review.

### Conflict of interests

Authors declare the absence of conflict of interest.

### Sources of funding

This paper was prepared by the group of authors as a part of the research and development effort titled "Scientific advances in medical, technological and organizational aspects of radiation safety in health care" (USIS No.:№123031500006-9) in accordance with the Order No. 1196 dated December 21, 2022 "On approval of state assignments funded by means of allocations from the budget of the city of Moscow to the state budgetary (autonomous) institutions subordinate to the Moscow Health Care Department, for 2023 and the planned period of 2024 and 2025" issued by the Moscow Health Care Department.

### References

- ICRP Publication 105. Radiation Protection in Medicine. Ed. Russian translation by MI Balonov. St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene named after Prof. PV Ramzaev; 2011. 66 p. (In Russian).
- Radiological protection during medical exposure to ionizing radiation: Safety manual No. RS-G-1.5. Vienna: IAEA; 2004. 208 p.
- International commission on radiation units and measurements, Patient dosimetry for X Rays Used in Medical Imaging. Rep. 74. ICRU Bethesda. MD; 2006. 220 p.
- Balonov MI, Golikov VYu, Vodovатов AV. Scientific foundations of radiation protection in modern medicine. Volume 1. Diagnostic radiology: Monograph, manuals. Ed. by Prof. MI Balonov. St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene named after Prof. PV Ramzaev; 2019. Vol. 1. 320 p. (In Russian).
- Vodovатов AV. Practical implementation of the concept of diagnostic reference levels to optimize patient protection during standard radiographic examinations. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2017;10(1): 47-55. (In Russian).
- Akopova NA, Ivanov SI, Okhrimenko SE. Optimization of radiation doses to patients during X-ray diagnostic examinations. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost = Medical radiology and radiation safety*. 2016;61(4): 48-51. (In Russian).
- Stadnik LL, Shalepa OYu, Nosik OV. Assessment of patient doses in radiography and their optimization by establishing determining national diagnostic reference levels. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2014;7(4): 84-88. (In Russian).
- Alekhnovich AV, Akopova NA, Druzhinina YuV, Ermolina EP, Loginova SV, Cherednikova VI. Analysis and interpretation of effective doses of medical radiation in the Ryazan region. *Meditsinskaya fizika = Medical Physics*. 2019;4(84): 60-68. (In Russian).
- Roch P, Célier D, Dessaud C. Using diagnostic reference levels to evaluate the improvement of patient dose optimisation and the influence of recent technologies in radiography and computed tomography. *European Journal of Radiology*. 2018;98: 68-74. DOI: 10.1016/j.ejrad.2017.11.002.
- Valéro M, Veit R, Kamenopoulou V. The Diagnostic Reference Levels (DRLs) in Europe. European alara network. 2007. Available from: <https://www.eu-alara.net/index.php/activities/surveys/156-drls.html> (Accessed: 12.04.2024).
- Konate I, Monnehan GA, Gogon BDL. Diagnostic Reference Level in Frontal Chest X-Ray in Western Côte d'Ivoire. *World Journal of Nuclear Science and Technology*. 2019: 147-158.
- National Diagnostic Reference Levels (NDRLs) from 13 October 2022. UK Health Security Agency. Available from: <https://www.gov.uk/government/publications/diagnostic-radiology-national-diagnostic-reference-levels-ndrls/ndrl> (Accessed: 12.04.2024).
- European Study on Clinical Diagnostic Reference Levels for X-ray Medical Imaging. Report and review on existing clinical DRLs 2018. Available from: [http://www.eurosafeimaging.org/wp/wpcontent/uploads/2017/09/D2.1\\_Report-and-review-on-existing-clinicalDRLs\\_final\\_published-on-website.pdf](http://www.eurosafeimaging.org/wp/wpcontent/uploads/2017/09/D2.1_Report-and-review-on-existing-clinicalDRLs_final_published-on-website.pdf) (Accessed: 12.04.2024).
- ICRP. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP Publication 135. 2017;46(1): 144.
- Edyvean S. Establishing and Using DRLs for optimisation in Radiography. ICTP-IAEA Workshop on Establishment and Utilization of Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging (smr3333): November 2019 Trieste, Italy. Available from: <https://indico.ictp.it/event/8729/session/2/contribution/12/material/slides/0.pdf> (Accessed: 12.04.2024).
- John Damilakis J, Frija G, Brkljacic B. ESR. How to establish and use local diagnostic reference levels: an ESR EuroSafe Imaging expert statement. *Insights into Imaging*. 2023;14. [https://DOI: 10.1186/s13244-023-01369-x](https://doi.org/10.1186/s13244-023-01369-x) (Accessed: 12.04.2024).
- Zweers D, Geleijns K, Veldkamp W. Diagnostic Reference Levels (DRL's) and Target Dose Levels in The Netherlands. 13th International Congress of the International Radiation Protection Association, SECC Glasgow, Scotland, may 13-18 2012. Available from: <https://www.irpa.net/members/P07.66%20v2.pdf> (Accessed: 12.04.2024).
- Diagnostic Reference Levels Guidance on the establishment, use and review of diagnostic reference levels for medical exposure to ionising radiation. Regulation directorate health information and quality authority (HIQA). 2021. Available from: [https://www.hiqa.ie/sites/default/files/2021-07/Diagnostic-Reference-Levels\\_Undertaking-guidance.pdf](https://www.hiqa.ie/sites/default/files/2021-07/Diagnostic-Reference-Levels_Undertaking-guidance.pdf) (Accessed: 12.04.2024).
- Druzhinina YuV, Ryzhov SA, Soldatov IV, Lantukh ZA, Shatenok MP. Possibilities of applying a specialized software to replace reporting forms. *Meditsinskaya fizika = Medical Physics*. 2022;1(93): 26-27. (In Russian).
- Shatenok MP, Ryzhov SA, Lantukh ZA, Druzhinina YuV, Tolkachev KV. Possibilities of software for monitoring the dose load of patients in radiation diagnostics. *Digital Diagnostics*. 2022; 3(3): 212-230. (In Russian).

Received: April 12, 2024

**For correspondence: Yulia.V. Druzhinina** – Expert of department of dosimetry and medical radiation physics, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department; Lecturer of the Department of Radiation Hygiene and Radiation Safety named after. F.G. Krotkov of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (Petrovka Str., 24, building 1, Moscow, 127051, Russia; E-mail: DruzhininaYV2@zdrav.mos.ru)

ORCID: 0000-0002-3230-3722

**Zoya A. Lantukh** – Head of the department of dosimetry and medical physics, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

ORCID: 0000-0001-6623-9610

**Kirill V. Tolkachev** – Expert of department of dosimetry and medical radiation physics, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

ORCID: 0000-0001-8871-8700

**Ilya V. Soldatov** – Head of Laboratory, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

ORCID: 0000-0002-4867-0746

**Mariya P. Shatenok** – Expert of department of dosimetry and medical radiation physics, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

ORCID: 0000-0001-9217-7011

**Aleksandr V. Vodovatov** – Candidate of Biological Sciences, lead research fellow, Head of the 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, Saint Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0002-5191-7535

**Polina S. Druzhinina** – Junior researcher, 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, Saint Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0003-2921-067X

**Ilya G. Shatsky** – Researcher, 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, Saint Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0003-2809-0223

**Sergey A. Ryzhov** – Vice president of the Association of Medical Physicists in Russia, research fellow in the Research and Practice Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department; head of the radiation safety and medical physics department of the Dmitry Rogachev National Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

ORCID: 0000-0002-0640-7368

**For citation: Druzhinina Yu.V., Lantukh Z.A., Tolkachev K.V., Soldatov I.V., Shatenok M.P., Vodovatov A.V., Druzhinina P.S., Shatsky I.G., Ryzhov S.A. Diagnostic reference levels of the city of Moscow during X-ray examinations. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2024. Vol. 17, No. 3. P. 103–113. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-3-103-113.**