

нормы безопасности МАГАТЭ и документы МЭК/ИСО для практического применения предлагаемых подходов отсутствуют. В настоящее время ясно, что $H^*(10)$ и $H_p(10)$ завышают эффективную дозу для фотонов с энергией до 3 МэВ, при этом для низкоэнергетических фотонов это завышение возможно в 2–4 раза. В целом это отвечает интересам персонала в условиях облучения и в настоящее время может считаться целесообразным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Operational quantities for external radiation exposure: Report 95 / International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) // Journal of the ICRU. – SAGE, 2020. – Vol. 20 (1). – 130 p.
2. Use of dose quantities in radiological protection: ICRP Publication 147 / International Commission on Radiological Protection (ICRP) // Annals of the ICRP. – SAGE, 2021. – Vol. 50 (1). – 85 p.
3. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: ICRP Publication 103 / International Commission on Radiological Protection (ICRP) // Annals of the ICRP. – Elsevier Ltd, 2007. – Vol. 37. – 334 p.
4. Assessing dose of the representative person for the purpose of radiation protection of the public: ICRP Publication 101 / International Commission on Radiological Protection (ICRP) // Annals of the ICRP. – Elsevier Ltd, 2006. – Vol. 37 (3). – 116 p.
5. Conversion coefficients for radiological protection quantities for external radiation exposures: ICRP Publication 116 / International Commission on Radiological Protection (ICRP) // Annals of the ICRP. – Elsevier Ltd, 2006. – Vol. 40 (2–5). – 261 p.

ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ В СТОМАТОЛОГИИ

RADIATION DOSE IN DENTISTRY

А. А. Будько^{1,2}, О. М. Хаджинова^{1,2}

A. A. Budko, O. M. Khajynava

¹Белорусский государственный университет, БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
nrs@iseu.by, budko.anzhelika@gmail.com

¹Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

В статье рассмотрены методы использования рентгеновского излучения для решения задач стоматологии. Проанализированы пути формирования дозы облучения персонала рентгеновских стоматологических установок, а также определены параметры различных типов установок, важные при формировании дозы облучения пациента. Проведена оценка дозы облучения пациентов и персонала при проведении рентгенодиагностических процедур в стоматологии.

This article discusses the methods of using X-rays to solve problems in dentistry. To analyze the ways of forming the radiation dose for the personnel of X-ray dental units, and also to determine the parameters of various types of units that are important in the formation of the patient's exposure dose. An assessment of the exposure dose of patients and personnel during X-ray diagnostic procedures was carried out.

Ключевые слова: рентгенодиагностика, эффективная доза, рентгеновские стоматологические установки.

Keywords: X-ray diagnostics, effective dose, X-ray dental units.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-2-184-187>

В стоматологии при распознавании у пациентов большинства заболеваний и повреждений применяются различные методы лучевой диагностики, но рентгеновские стоматологические исследования являются одним из наиболее распространенных видов рентгенологических исследований населения. На его долю приходится более 90 % всех лучевых диагностических исследований.

Тенденции развития рентгеновской диагностики в стоматологии свидетельствуют о все возрастающем вкладе данного вида лучевого воздействия. По данным Всемирной организации здравоохранения, более 60 % всех выполняемых рентгенологических исследований приходится на стоматологию.

Современная стоматология невозможна без методов рентгенодиагностики, которые предоставляют объективные данные о патологических процессах челюстно-лицевой области. Изучение и правильная интерпретация

изображений позволяют выбрать адекватную тактику лечения, контролировать развитие болезни и эффективность лечебных мероприятий.

Для каждой области стоматологии, предпочтительными способами рентгенодиагностики являются разные способы исследования. Из всех известных рентгенологических методов, применяемых в стоматологии, можно выделить 6 основных групп: внутриротовая рентгенография, внеротовая рентгенография, обзорная рентгенография, длиннофокусная рентгенография, визиография, компьютерная томография. Несмотря на появление новых методов диагностики, классическая рентгенография остается основным методом диагностики заболеваний челюстно-лицевой области.

Методы рентгенодиагностики нашли широкое применение в практике терапевтической стоматологии (для выявления заболеваний пери- и пародонта); в ортопедической стоматологии (для оценки состояния сохранившихся зубов, периапикальных тканей, пародонта, что определяет выбор ортопедических мероприятий). Незаменимы рентгенологические методы и для челюстно-лицевой хирургии в диагностике травматических повреждений, воспалительных заболеваний, кист, опухолей и других патологических состояний.

Таким образом, современная стоматология – это востребованная, амбулаторная медицинская помощь, которая постоянно совершенствуется и развивается на основе новейших технологий рентгеностоматологической диагностики.

Облучение, как пациентов, так и медицинского персонала за счет использования ионизирующего излучения (ИИ) в медицинской практике, продолжает оставаться ведущим в суммарном вкладе воздействия ИИ на человека. Следует отметить, что облучение рентгеновским медицинским оборудованием вносит преобладающую долю в коллективную дозу облучения населения по всему миру.

По этой причине необходима оценка доз для возможности оптимизации радиационной защиты при проведении рентгеностоматологических исследований и совершенствования системы обоснования назначения процедур.

В случае применения ИИ в медицинских целях облучению подвергается персонал и пациенты.

Оценка дозы персонала и пациентов проводилась на основе данных, полученных в стоматологической клинике. Для проведения исследований в данной организации применяется 3 типа рентген-аппаратов: рентгеновский аппарат Planmeca ProX, трехмерный томограф CS 9300 3D, панорамный рентгеновский аппарат Gendex300.

Для рентгеновских установок стоматологии расчет эффективной дозы облучения пациента проводился в соответствии с методикой [1], основанной на значении радиационного выхода рентгеновского излучателя. Если рентгеновский аппарат не оборудован измерителем произведения дозы на площадь, определение эффективной дозы облучения пациента проводят с использованием периодически измеряемых значений радиационного выхода рентгеновского излучателя. Значение эффективной дозы облучения пациента при проведении медицинской рентгенодиагностической процедуры определяется по формуле:

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

где E – эффективная доза облучения пациента;

R – радиационный выход рентгеновской трубки, (мГр·м²)/(мА·мин);

i – сила тока рентгеновской трубки, мА;

t – время проведения исследования, с;

Ke – коэффициент перехода от радиационного выхода рентгеновской трубки к эффективной дозе облучения пациента с учетом вида проведенной рентгенодиагностической процедуры, проекции, размеров поля, фокусного расстояния и анодного напряжения на рентгеновской трубке, (мкЗв)/(мГр·м²) [1].

Проведены оценки дозы облучения пациента на одно исследование для используемых в клинике аппаратов. Радиационный выход для аппаратов Planmeca ProX и Gendex-300 составляет $R = 4,8$ мГр·м/мА·мин и $R = 5,6$ мГр·м/мА·мин соответственно. Рентгеновский аппарат Planmeca ProX, работающий в режиме визиографа, и панорамный рентгеновский аппарат Gendex-300 формируют эффективные дозы за одну процедуру, значения которых представлены в таблице 1. Доза зависит от вида проводимой процедуры. Эффективная доза за исследование на визиографе Planmeca ProX меньше эффективной дозы, получаемой при проведении исследования на аппарате Gendex-300.

Таблица 1

*Эффективная доза облучения пациентов за исследование
при использовании дентальных аппаратов Planmeca ProX и Gendex-300*

Челюсть	Зубы	Эффективная доза за исследование на аппарате Planmeca ProX, мЗв	Эффективная доза за исследование на аппарате Gendex-300, мЗв
Верхняя	Резцы	0,0013	0,0097
	Премоляры	0,0023	0,0112
	Моляры	0,0031	0,0088
Нижняя	Резцы	0,0012	0,0041
	Премоляры	0,0013	0,0037
	Моляры	0,0015	0,0032

Значения эффективных доз облучения пациентов при исследованиях зубов на трехмерном томографе CS 9300 3D приведены в таблице 2. Радиационный выход для трехмерного томографа CS 9300 3D составляет $R=6,9 \text{ мГр} \cdot \text{м/мА} \cdot \text{мин}$. Максимальное значение получено при использовании данного аппарата в режиме КТ, при этом эффективная доза облучения в этом случае составляет 0,534 мЗв.

Таблица 2

Эффективная доза облучения пациентов за исследование при использовании трехмерном томографе CS 9300 3D

Исследование	Время экспозиции, с	Эффективная доза за исследование, мЗв
КТ	20	0,534
Цефалостат	2	0,0031
Панорамная	12	0,0254

Использование ИИ в медицинской практике продолжает оставаться одним из ведущих источников облучения медицинского персонала. Побочным явлением рентгеновских стоматологических методов диагностики является радиационное воздействие на персонал и поэтому вопросы радиационной защиты в стоматологической практике, в отношении персонала, являются актуальными.

Дозы профессионального облучения персонала обусловлены следующими радиационно-физическими факторами:

1) первичный пучок рентгеновского излучения, попадающий из рентгеновской трубки на исследуемый участок поверхности тела пациента;

2) рентгеновское излучение, рассеянное в теле пациента и в элементах конструкции рентгеновского аппарата и возникающее вследствие эффектов комптоновского рассеивания фотонов. Фактически из-за рассеивания излучения тело пациента становится главным источником профессионального облучения персонала;

3) излучение утечки рентгеновской трубки, возникающее вне фокального пятна на аноде рентгеновской трубки. Реальный вклад от этой компоненты в облучение персонала пренебрежимо мал благодаря рациональной конструкции современных рентгеновских аппаратов.

Дозиметрический контроль персонала рентгеновских отделений осуществляется двумя способами: дозиметрический контроль рабочих мест и индивидуальный дозиметрический контроль [2]. Дозиметрический контроль рабочих мест проводится с целью прогнозирования доз персонала. Индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК) является составной частью радиационного контроля, осуществляемого при санитарно-гигиенической оценке условий труда персонала, непосредственно работающего с источниками ионизирующего излучения. Определение годовых доз персонала проводится по результатам индивидуального дозиметрического контроля, проводимого с помощью ТЛД типа ДТЛ-02.

ИДК персонала был проведен в соответствии с методикой [3] в течение ноября 2022 г., при этом дозиметры ДТЛ-02 располагались в процедурном помещении, комнате управления и кабинете рентгенлаборанта и контролировалась доза облучения рентгенлаборанта. Расположение дозиметров определялось с учетом условий работы персонала.

Дозиметр был выдан рентгенлаборанту, который по условиям труда находится в процедурном помещении. При этом напряжение на рентгеновской трубке составляет от 40 до 120 кВ. При этих условиях облучения, в соответствии с методическими указаниями [4], рекомендуется использование двух индивидуальных дозиметров, расположенных над защитным фартуком и под ним.

Для оценки эффективной дозы в данном случае используется следующая формула:

$$E = 0,60 \cdot H_{p1}(10) + 0,025 \cdot H_{p2}(10), \text{ мЗв}, \quad (2)$$

где $H_{p1}(10)$ – доза, зарегистрированная дозиметром, расположенным на груди под защитным фартуком, мЗв;

$H_{p2}(10)$ – доза, зарегистрированная дозиметром, расположенным над фартуком на груди, мЗв.

В качестве значения эквивалентной дозы на поверхности нижней части области живота женщины в возрасте до 45 лет необходимо принимать значение, соответствующее показанию дозиметра, расположенного под фартуком на уровне талии [3]. Экспозиция дозиметров проводилась 1 месяц. Период ношения индивидуального дозиметра на груди согласно инструкции по проведению ИДК [3] составляет 3 месяца. Предел эффективной дозы облучения персонала составляет 20 мЗв в год согласно [5]. Для сравнения осуществим пересчет экспериментальных значений ИЭД на уровне груди на квартал, предполагая, что изменений фона и количества проводимых рентгенодиагностических процедур в течение трех месяцев не происходило. Значения, полученные с помощью ТЛД дозиметров, представлены в таблице 3.

Результаты измерений с использованием ТЛД типа ДТЛ-02

Расположение дозиметра	ИЭД за 1 месяц, мЗв	ИЭД за квартал, мЗв
Контроль радиационной обстановки		
Кабинет	0,07	0,21
Процедурное помещение	0,08	0,24
Комната управления	0,07	0,21
Индивидуальный дозиметрический контроль		
На груди над фартуком	0,14	0,42
На груди под фартуком	0,11	0,33
Область живота	0,08	–

Проведем расчет эффективной дозы облучения в соответствии с формулой 2.

$$E = 0,60 \cdot 0,33 + 0,025 \cdot 0,42 = 0,21 \text{ мЗв.}$$

Полученное значение эффективной дозы не превышает условного предела в течение квартала в 5 мЗв для персонала. Значения ИЭД в области живота рентгенлаборанта в эксперименте также не превышают предел доз облучения равный 1 мЗв в месяц [5]. Результаты измерения эффективной дозы с целью контроля радиационной обстановки не превышают фоновых значений.

Анализ доз облучения пациентов стоматологии показывает, что значения эффективных доз облучения пациента существенно зависят от группы и расположения исследуемых зубов, что напрямую связано со значением коэффициента перехода от значения радиационного выхода рентгеновского излучателя к эффективной дозе, приведенных в [1]. Так же эффективная доза, полученная пациентом, зависит от энергии рентгеновского излучения, времени исследования и в большей степени от размеров поля облучения.

При использовании трехмерного томографа CS 9300 3D значение эффективных доз значительно больше, чем при использовании рентгеновских аппаратов. Это связано с тем, что рентгенограмма представляет собой один снимок, а для получения томограмм делают несколько, соответственно, доза при КТ выше из-за многократной экспозиции. Кроме того, при дентальном КТ зона сканирования варьирует в пределах 4-10 см, что превышает размер зоны сканирования при проведении рентгенограммы.

Для анализа доз облучения персонала стоматологии были экспериментально определены значения эффективной дозы с помощью ТЛД в ноябре 2022. При условии ношения защитного фартука персоналом стоматологии эффективная доза за 3 месяца составляет 0,21 мЗв, что свидетельствует о непревышении основного дозового предела для персонала. Значение ИЭД в области живота из эксперимента, равное 0,08 мЗв, также не превышает предел доз облучения равный 1 мЗв в месяц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власова Н. Г. Метод определения эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенодиагностических процедур : метод. указания / Н. Г. Власова, А. Н. Матарас, А. В. Рожко, Л. Н. Эвентова. – Гомель, 2016. – 83 с.
2. Нурлыбаев К. Н. Особенности дозиметрии в рентгенодиагностике / К. Н. Нурлыбаев, Ю. Н. Мартынюк // АНРИ. – 2011. – С. 7–14.
3. Инструкция по организации и проведении индивидуального дозиметрического контроля в лечебно-профилактических учреждениях : утв. М-вом здравоохранения Республики Беларусь 11.12.03. – Минск : Респ. центр гигиены, эпидемиологии и обществ. здоровья, 2003. – 55 с.
4. Методические указания по организации и проведении индивидуального дозиметрического контроля персонала медицинских организаций : разработана Федеральным бюджетным учреждением науки «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева». – Санкт-Петербург, 2012. – 155 с.
5. Министерство здравоохранения Республики Беларусь постановление №213 Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к 42 радиационной безопасности» и Гигиенического норматива «Критерии оценки радиационного воздействия». – Минск, 2012. – 32 с.