

## ЧТО ДОЛЖЕН ЗНАТЬ ВРАЧ БЕЗ РАДИОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СОБСТВЕННОЙ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ?

Наркевич Б.Я.<sup>1,2</sup>✉, Крылов А.С.<sup>1</sup>, Тюрина Н.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России; Россия, 115478, Москва, Каширское шоссе, 24

<sup>2</sup> Ассоциация медицинских физиков России, 115478 Москва, Каширское шоссе, 23

✉ Борис Ярославович Наркевич, narvik@yandex.ru, +79039764226

### РЕФЕРАТ

Развитие и все более широкое применение высоких медицинских технологий, связанных с источниками ионизирующих и неионизирующих излучений, требует организации и реализации соответствующих мер по радиационной защите и обеспечению безопасности пациентов, персонала и окружающей среды. Проведение соответствующих медицинских вмешательств требует высокой компетентности в области радиационной безопасности как от врачей-радиологов, так и от врачей других специальностей, не имеющих образования в области медицинской радиологии, но по роду своей деятельности эпизодически работающих в тех или иных полях источников ионизирующего излучения. В таких ситуациях радиационная безопасность пациентов заранее обеспечивается, как правило, профессионалами-радиологами, тогда как обеспечение собственной радиационной безопасности врача не-радиолога во многом зависит от него самого. В статье на доступном для не-радиологов уровне представлены практические рекомендации по оценке радиационной обстановки в подобных ситуациях и по организации соответствующей радиационной защиты.

**Ключевые слова:** врачи без радиологического образования, собственная радиационная безопасность, рекомендации по обеспечению

**Для цитирования:** Наркевич Б.Я., Крылов А.С., Тюрина Н.Ю. Что должен знать врач без радиологического образования по обеспечению собственной радиационной безопасности? Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. 2025;8(4):105-112.

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2025-8-4-105-112>

## WHAT SHOULD A PHYSICIAN WITHOUT A RADIOLOGICAL EDUCATION KNOW TO ENSURING HIS OWN RADIATION SAFETY?

Boris Ya. Narkevich<sup>1,2</sup>✉, Alexandr C. Krylov<sup>1</sup>, Natalia Yu. Tyurina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology; 24 Kashirskoye Shosse, Moscow, Russia 115478

<sup>2</sup> Association of Medical Physicists of Russia, 23, Kashirskoe shosse, Moscow, Russia, 115478

✉ Irina M. Lebedenko, imlebedenko@mail.ru

### ABSTRACT

The development and increasingly widespread use of high medical technologies associated with sources of ionizing and non-ionizing radiation requires the organization and implementation of appropriate measures for radiation protection and ensuring the safety of patients, personnel and the environment. Conducting relevant medical interventions requires high competence in the field of radiation safety from both radiologists and physicians of other specialties who do not have an education in medical radiology, but by the nature of their work occasionally work in certain fields of ionizing radiation. In such situations, radiation safety of patients is usually ensured by professional radiologists, while ensuring their own radiation safety of a non-radiologist physician largely depends on him or her. The article provides practical recommendations on assessing the radiation levels in such situations and organizing appropriate radiation protection at a level accessible to non-radiologists.

**Keywords:** physicians without radiological education, own radiation safety, recommendations for ensuring

**For citation:** Narkevich B.Ya., Krylov A.S., Tyurina N.Yu. What a physician without radiological education should know to ensure his or her own radiation safety? Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy. 2025;8(4):105-112. (In Russ.).

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2025-8-4-105-112>

### Введение

В медицинской практике существует целый ряд ситуаций, когда врачи, не являющиеся профессионалами-радиологами, также подвергаются профессиональному облучению. Такое облучение обусловлено тем, что им приходится либо иметь дело с использованием мобильных и стоматологических рентгенодиагностических аппаратов, либо

проводить те или иные срочные диагностические или лечебные манипуляции с пациентами, которым накануне были введены в организм те или иные радиофармпрепараты. В подавляющем большинстве подобных ситуаций врачи не-радиологи выполняют все необходимые исследования и процедуры в соответствии с назначениями и своевременно, не обращая внимания на радиационную предысторию таких пациентов.

Однако в некоторых случаях имеет место необоснованный отказ врачом не-радиологом в проведении исследования со своим собственным участием (УЗИ, МРТ, эндоскопия и т.д.) пациенту с введенным в организм радиофармпрепаратом или необоснованный перенос такого исследования на более поздний срок, что мотивируется якобы опасностью собственного профессионального облучения. Другая ситуация — отказ врачом поликлиники даже в назначении пациенту, чаще всего ребенку, той или иной рентгенорадиологической процедуры. К сожалению, такие врачи, якобы избавляя как себя, так и пациента от облучения, не понимают, что подобные действия одновременно наносят психологическую травму пациенту, способствуя развитию у него собственной радиофобии, причем на фоне другой психологической травмы в виде онкологического заболевания. Особенно это актуально для родителей, ребенку которых безосновательно отказывают в проведении той или иной процедуры, связанной с медицинским облучением, после чего радиофобия у родителей приобретает устойчивый и зачастую даже необратимый характер. Несвоевременное выполнение необходимой диагностической процедуры не менее опасно, чем радиофобия. Рассуждая с точки зрения деонтологии, следует подчеркнуть, что на права пациента не должно влиять мнение врача, основанное на собственных субъективных представлениях о медицинском применении источников ионизирующего излучения.

Напомним, что радиофобия — своеобразное состояние, возникающее у человека в виде необоснованно усиленного страха перед любыми дозами радиации и любыми проявлениями, ассоциирующимися с ее воздействием. В России проявления радиофобии у населения усугубляется ложными (или, как принято теперь говорить, фейковыми) сообщениями в средствах массовой информации о последствиях радиационной аварии на Чернобыльской АЭС. Именно радиофобия являлась главной (не единственной, но главной) причиной многочисленных заболеваний многих ликвидаторов последствий этой аварии. Причем радиофобия сильно подорвала здоровье (вплоть до самоубийств — одному из авторов статьи в 1987 г., будучи в командировке на разрушенную Чернобыльскую АЭС, пришлось принять косвенное участие в таком расследовании) только у тех ликвидаторов, которые не были атомщиками-профессионалами. Известны случаи, когда после радиационной аварии в 2011 г. на АЭС в Фукусиме (Япония) несколько жителей Сахалина и Владивостока бесконтрольно принимали препараты, блокирующие поступление радиоактивного йода в щитовидную железу, после чего

пришлось их госпитализировать для лечения ятрогенной интоксикации [1].

Основная цель данной работы — профилактика проявлений радиофобии у врачей, не обладающих достаточной подготовкой в области радиационной гигиены, при проводимых ими различных диагностических и лечебных процедурах в условиях профессионального облучения. Указанная профилактика должна базироваться на умении объективно оценивать радиационную обстановку, причем самостоятельно, без консультации с профессионалами, а также на организации и выполнении ряда простых мероприятий по собственной радиационной защите и защите среднего медицинского персонала, участвующего в таких процедурах.

### Оценка радиационной обстановки

Чтобы правильно сформировать подобную оценку, сначала не вдаваясь в подробности, рассмотрим основные дозиметрические положения радиационной гигиены.

Уровень радиационного воздействия на человека, в том числе и при профессиональном облучении, определяется значением так называемой эффективной дозы, которая позволяет учесть как тип действующего на человека ионизирующего излучения, так и пространственную неравномерность воздействия на организм радиационного поля, создаваемого источником излучения. Единицей эффективной дозы является зиверт, обозначается как Зв. Именно в этих единицах регламентируются пределы дозы облучения в основном для радиационной гигиены отечественном нормативном документе НРБ-99/2009 [2]. Этот предел составляет 20 миллизиверт в год, что записывается как 20 мЗв/год. Но этот предел дозы действует только для профессионалов-радиологов (группа А персонала), тогда как для врачей не-радиологов (группа Б персонала) допустимый уровень профессионального облучения равен  $\frac{1}{4}$  соответствующего значения для персонала группы А, то есть для внешнего облучения он составляет 5 мЗв/год. Много это или мало? Для сравнения укажем, что доза фонового облучения каждого человека от всех природных и техногенных источников ионизирующего излучения составляет 4,5 мЗв/год, из которых 2,0 мЗв/год обусловлены естественным радиационным фоном.

Рассмотрим с точки зрения обеспечения радиационной безопасности все возможные ситуации, когда медицинский персонал, то есть врачи и работающие с ними медицинские сестры, не являющиеся профессионалами-радиологами, подвергаются радиационному воздействию от тех или иных источников ионизирующих излучений.

Наиболее многочисленной группой таких врачей не-радиологов являются стоматологи, само-

стоятельно проводящие интраоральную рентгенографию и ортопантомографию зубочелюстной системы в тех медицинских организациях, где отсутствуют профессионалы-рентгенологи, чаще всего в платных клиниках. Меньшую численность имеет контингент ортопедов-травматологов и хирургов других специализаций, которые также самостоятельно используют мобильные рентгенодиагностические аппараты в условиях хирургических операционных. В подобных ситуациях условия работы медицинского персонала практически ничем не отличаются от условий работы профессионалов в отделениях рентгенодиагностики медицинских организаций за исключением того, что указанные рентгенологические процедуры проводятся эпизодически, а не на постоянной основе. Согласно литературным данным, для профессионалов-рентгеностоматологов среднее значение эффективной дозы профессионального облучения составляет 0,5 мЗв/год, а у членов рентгенохирургических бригад — 1,6 мЗв/год. Естественно, для непрофессионалов дозы облучения будут существенно ниже вследствие меньшего числа рентгенологических процедур, проводимых за год не регулярно, а лишь эпизодически.

В литературе полностью отсутствуют данные по дозам профессионального облучения не-радиологического медицинского персонала при процедурах с пациентами, которым накануне были введены в организм те или иные радиофармпрепараты. Очевидно, это обусловлено нецелесообразностью организации и проведения индивидуального дозиметрического контроля с помощью носимых индивидуальных дозиметров. В связи с этим могут быть полезными приближенные расчетные оценки уровней облучения в различных ситуациях контакта не-радиологического медицинского персонала с «заряженными» радиоактивностью пациентами.

Для расчетов следует использовать простую формулу, позволяющую вычислять мощность так называемой эквивалентной дозы от точечного изотропного источника  $\gamma$ -излучения. Именно в едини-

цах эквивалентной дозы отградуированы все дозиметры радиационного контроля. Не вдаваясь в подробности различий между эквивалентной и эффективной дозами, отметим только, что для внешнего облучения эффективная доза всегда будет на 15–20 % ниже измеряемой эквивалентной дозы. Тогда накопленная эквивалентная доза вычисляется по формуле:

$$H = \frac{\Gamma_k Q t}{R^2}, \quad (1)$$

где  $H$  — эквивалентная доза в единицах мкЗв, полученная работником за время контакта с «заряженным» пациентом продолжительностью  $t$  часов,  $Q$  — содержащаяся в теле пациента активность радиофармпрепарата в единицах МБк,  $R$  — выраженное в метрах расстояние между врачом и пациентом,  $\Gamma_k$  — так называемая керма-постоянная, характеризующая радиационную опасность  $\gamma$ -излучения данного радионуклида и выраженная в единицах мкЗв·м<sup>2</sup>·час<sup>-1</sup>·МБк<sup>-1</sup>. Для наиболее часто применяемых в клинической практике диагностических и терапевтических радионуклидов значения периодов полураспада  $T_{1/2}$  и керма-постоянной  $\Gamma_k$  приведены в табл. 1.

Практическое применение формулы (1) требует некоторых разъяснений. Активность  $Q$  характеризует количество радиоактивности в теле пациента и фактически представляет собой скорость снижения этого количества во времени вследствие радиоактивного распада того радионуклида, которым был помечен содержащийся в теле пациента радиофармпрепарат. Единицей активности является беккерель, равный 1 распаду в секунду, обозначается как 1 Бк. Чтобы получить правильный результат, следует обратить внимание на то, что в формуле (1) должна быть согласована размерность всех входящих в нее параметров: активность должна быть обозначена только в единицах миллионов беккерелей, то есть МБк, продолжительность контакта с «заряженным» пациентом — только в часах и расстояние — только в метрах, и тогда результат расчета накопленной дозы облучения будет выражен

Таблица 1. Радиационно-физические данные для наиболее часто используемых диагностических и терапевтических радионуклидов

Radiation-physical data for the most commonly used diagnostic and therapeutic radionuclides

Диагностические радионуклиды			Терапевтические радионуклиды		
Радионуклид	$T_{1/2}$ , часы	$\Gamma_k$ , (мкЗв·м <sup>2</sup> )/(час·МБк)	Радионуклид	$T_{1/2}$ , часы	$\Gamma_k$ , (мкЗв·м <sup>2</sup> )/(час·МБк)
<sup>99m</sup> Tc	6,02	2,06E-2	<sup>131</sup> I	192,5	5,72E-2
<sup>123</sup> I	13,27	4,53E-2	<sup>153</sup> Sm	46,5	1,22E-2
<sup>111</sup> In	67,3	8,88E-2	<sup>177</sup> Lu	159,5	4,68E-3
<sup>18</sup> F	1,83	1,343E-1	<sup>188</sup> Re	17,0	8,18E-3
<sup>68</sup> Ga	1,13	1,415E-1	<sup>223</sup> Ra	274,3	4,45E-2
<sup>89</sup> Zr	78,4	1,713E-1	<sup>225</sup> Ac	240,0	2,60E-2
<sup>124</sup> I	100,2	1,696E-1	<sup>125</sup> I*	1426	4,35E-2

Примечания: Запись типа  $x\text{E}-y$  означает  $x \cdot 10^{-y}$ ; \* — внутритканевая брахитерапия с капсульными закрытыми источниками <sup>125</sup>I / Notes: Notation  $x\text{E}-y$  means  $x \cdot 10^{-y}$ ; \* — interstitial brachytherapy with capsular sealed sources <sup>125</sup>I

именно в микрозивертах (мкЗв). В истории болезни или в диагностическом заключении всегда указаны активность, дата и время введения в организм пациента конкретного радиофармпрепарата, что позволяет сразу проводить расчет дозы профессионального облучения врача не-радиолога без поиска дополнительной информации.

Если требуется получить консервативную, то есть заведомо завышенную оценку эквивалентной дозы облучения врача не-радиолога, то формулу (1) можно использовать напрямую. Если же нужно получить более точную оценку, то следует учесть снижение активности за временной интервал  $T$  между актами введения радиофармпрепарата в организм пациента и проведения процедуры врачом не-радиологом. Эта поправка вычисляется по формуле:

$$Q = Q_0 e^{-\frac{0,693t}{T_{1/2}}}, \quad (2)$$

где  $Q_0$  — значение введенной в организм пациента активности в единицах МБк,  $Q$  — значение активности в единицах МБк через интервал времени  $t$ , выраженный в часах,  $T_{1/2}$  — период полураспада радионуклида в часах, приведенный в табл. 1. При этом учитывается эффект только радиоактивного распада, но не учитывается эффект биологического выведения радиофармпрепарата из организма пациента, что приводит к существенному снижению вычисляемого значения активности  $Q$ . Вычисления по формулам (1) и (2) лучше проводить на инженерном калькуляторе, входящем в состав программного обеспечения любого персонального компьютера с операционной системой Windows.

Смоделируем наиболее типичную ситуацию, когда требуется выполнить УЗИ пациенту непосредственно сразу после проведения ему сцинтиграфии костей с радиофармпрепаратом, меченным  $^{99m}\text{Tc}$ . Максимальное значение вводимой активности такого радиофармпрепарата — 740 МБк. Продолжительность промежутка времени  $t$  от момента введения активности пациенту до проведения УЗИ — 4 часа (3 часа ожидания для накопления радиофармпрепарата в костях + 1 час на проведение собственно радионуклидного исследования и на переход в кабинет УЗИ), в результате чего значение инкорпорированной активности снизится в соответствии с формулой (2) до 470 МБк вследствие радиоактивного распада  $^{99m}\text{Tc}$ . При этом пренебрегаем выведением активности радиофармпрепарата из тела пациента при обязательном мочеиспускании непосредственно перед радионуклидным исследованием (до 30–50 %). Если УЗИ проводится на расстоянии 0,5 м между врачом и пациентом в течение 20 мин = 0,33 часа, то накопленная доза, рассчитанная по формулам (1) и (2) с привлечением данных из табл. 1, составит ~ 13 мкЗв, а без учета поправки на радиоактивный распад она возрастет до

~ 20 мкЗв. Отметим, что для персонала группы Б годовой предел дозы профессионального облучения составляет 5000 мкЗв, то есть врач ультразвуковой диагностики при расчете даже по такому консервативному сценарию может за год исследовать ~ 250 подобных пациентов без какой-либо опасности для своего здоровья, то есть фактически по одному такому пациенту в каждый рабочий день. Если же УЗИ проводится через 1 сутки после введения меченного  $^{99m}\text{Tc}$  радиофармпрепарата, то накопленная доза снизится до ~ 1 мкЗв. Напомним, что доза фонового облучения составляет 4500 мкЗв/год, то есть ~ 12 мкЗв/сутки. Аналогичные показатели обеспечения радиационной безопасности с большим запасом будут иметь место и при проведении срочной эндоскопии.

При необходимости проведения подобного срочного исследования методом МРТ время контакта с «заряженным» пациентом  $t$  снизится с 20 минут до 5 минут, необходимых только для укладки пациента на МРТ-сканер, поскольку во время исследования персонал находится за защитной стенкой. Тогда накопленная доза профессионального облучения снизится до ~ 4 мкЗв.

Аналогичные расчеты для УЗИ «заряженных» пациентов были проведены по такому же консервативному сценарию еще для двух диагностических радиофармпрепаратов:

- $^{123}\text{I}$ -МИБГ ( $Q = 370$  МБк,  $\Gamma_k = 0,0453$  мкЗв·м<sup>2</sup>·час<sup>-1</sup>·МБк<sup>-1</sup>,  $T_{1/2} = 13,27$  часа,  $\tau = 2$  часа,  $R = 0,5$  м,  $t = 0,33$  часа). Накопленная за время УЗИ эквивалентная доза (напомним, что она дает несколько завышенную оценку эффективной дозы) составляет ~ 20 мкЗв.
- $^{18}\text{F}$ -ФДГ ( $Q = 370$  МБк,  $\Gamma_k = 0,1343$  мкЗв·м<sup>2</sup>·час<sup>-1</sup>·МБк<sup>-1</sup>,  $T_{1/2} = 1,83$  часа,  $\tau = 2$  часа,  $R = 0,5$  м,  $t = 0,33$  часа). Накопленная эквивалентная доза составляет ~ 30 мкЗв.

Существуют и другие клинические ситуации, связанные с необходимостью близкого контакта с пациентом, которому накануне был введен диагностический радиофармпрепарат, меченный радионуклидом  $^{99m}\text{Tc}$ .

Первая из них — выявление так называемых сторожевых лимфоузлов методом локального радиометрического контроля в условиях хирургической операционной.  $^{99m}\text{Tc}$ -нанокolloид активностью  $Q = 200$  МБк (это максимально возможная активность) вводится пациенту перитуморально, ему проводится сцинтиграфия, и через ~ 1 сутки (обычно  $\tau = 20$  часов) проводится хирургическая операция ( $t = 1$  час) с радиометрическим поиском и биопсией сторожевых лимфатических узлов. Расчет по описанной выше методике показывает, что накопленная хирургом доза облучения не превысит 1,6 мкЗв. Если радиофармпрепарат вводится пациенту

в одной медицинской организации, а хирургическая операция — уже в другой, то при использовании общественного транспорта для переезда между этими организациями облучение попутчиков, в том числе и сопровождающего медицинского персонала, от «заряженного» пациента в соответствии с НРБ-99/2009 считается для них совершенно безопасным.

Еще одна ситуация в радиационно-гигиеническом плане аналогична первой, за исключением цели и технологии хирургической операции. Речь идет о высокодозной химиотерапии хирургически изолированного органа (конечности, печени, легкого). Пораженный опухолевым процессом орган после хирургической изоляции его кровоснабжения (например, резиновым жгутом) соединяется с аппаратом искусственного кровоснабжения (АИК), образуя отдельную систему гемодинамики, куда вводится сверхвысокая доза токсичного химиопрепарата и *in vivo* меченные  $^{99m}\text{Tc}$  эритроциты, кинетика которых моделирует кинетику химиопрепарата. Их возможная утечка в системную гемодинамику контролируется коллимированным радиометром, установленным над сердцем. Здесь исходные параметры таковы:  $Q = 200$  МБк,  $\tau = 0$  часов,  $R = 0,5$  м,  $t = 1,0$  час). Основную дозу профессионального облучения здесь получает не хирург, а перфузиолог, контролирующий АИК с циркулирующей радиоактивностью в течение 1 часа. Она составляет ~ 16 мкЗв. У остального персонала (хирург, ассистент, анестезиолог, операционная медсестра, медицинский физик) накопленные дозы заметно ниже.

В отличие от ситуаций с диагностическими радиофармпрепаратами, urgentные ситуации с больными, «заряженными» терапевтическими радиофармпрепаратами, хотя и менее вероятны, но характеризуются существенно более высокими лучевыми нагрузками на не-радиологический персонал (например, при необходимости срочного УЗИ больного с острой задержкой мочи, госпитализированного в отделение радионуклидной терапии)).

Прежде всего, это касается больных дифференцированным раком щитовидной железы или гипертиреозом, которым проводятся курсы радионуклидной терапии с пероральным введением  $^{131}\text{I}$ -натрия хлорида активностью 4000–7000 МБк или 700–1200 МБк соответственно. Расчеты по приведенной выше методике показывают, что при необходимости срочного проведения УЗИ или эндоскопии ( $t = 0,33$  часа,  $R = 0,5$  м,  $\tau = 0$  часов, выведением радиофармпрепарата из организма больного пренебрегаем) накопленная врачом-не-радиологом эквивалентная доза составит не более чем ~ 300–500 мкЗв и 50–90 мкЗв соответственно. При срочном проведении КТ или МРТ эти дозы снизятся в ~ 4 раза, при отборе проб для анализа крови и мочи у

«заряженного» пациента — в ~ 10 раз. Тем не менее, такие значения накопленной дозы уже вполне сопоставимы с той лучевой нагрузкой, которую получают профессионалы-радиологи.

Аналогичные расчеты, проведенные для больных с терапевтическими радиофармпрепаратами, мечеными  $^{153}\text{Sm}$ ,  $^{177}\text{Lu}$ ,  $^{223}\text{Ra}$ , показывают, что при максимальных значениях введенной активности 5200, 7400, 3,5 МБк соответственно, накопленные эквивалентные дозы составят 83, 457 и 0,2 мкЗв соответственно.

Для удобства практического использования описанной здесь методики оценки радиационной обстановки, в табл. 2 приведены результаты расчетов по формуле (1) эквивалентных доз профессионального облучения врачей не-радиологов при проведении ими ряда urgentных диагностических и лечебных процедур.

Данные в табл. 2 получены для таких сценариев профессионального облучения, которые можно назвать ультраконсервативными:

1) процедуры проводятся сразу после введения пациенту радиофармпрепарата, хотя по чисто техническим причинам промежуток времени между актами введения и началом urgentной процедуры всегда не равен нулю, особенно для БСЛУ, ВХТ и нефростомии;

2) пациенту вводится максимально возможная активность радиофармпрепарата, хотя для БСЛУ она составляет не 740 МБк  $^{99m}\text{Tc}$ , а 200 МБк и только 100 МБк для ВХТ;

3) пренебрегается снижением активности в теле пациента за счет радиоактивного распада и за счет биологического выведения радиофармпрепарата из организма пациента;

4) предполагается, что приведенные в табл. 2 оценки эквивалентных доз равны соответствующим оценкам эффективных доз профессионального облучения, хотя на самом деле, как указано выше, они их превышают на 15–20 %. Заведомое завышение оценок доз облучения в табл. 2 по сравнению с их реальными значениями может составить десятки процентов и даже 1–2 порядка величины.

Для любых других острых ситуаций (очная консультация психолога или другого специалиста, хирургическая операция по жизненным показаниям, гемодиализ, транспортировка больного в другую специализированную клинику и т.п.) полученную тем или иным врачом не-радиологом дозу можно определить самостоятельно по формулам (1) и (2), данным в табл. 1 и указанной в истории болезни введенной активности, либо можно прибегнуть к помощи медицинского физика. При этом значения параметров  $t$ ,  $R$ ,  $\tau$  врач устанавливает самостоятельно.

**Таблица 2. Расчетные оценки эквивалентных доз облучения врачей не-радиологов при проведении urgentных медицинских процедур****Estimates of equivalent radiation doses to non-radiologists performing emergency medical procedures**

Процедура	Продолжительность, ч	Диагностические радионуклиды				Терапевтические радионуклиды			
		<sup>99m</sup> Tc	<sup>123</sup> I	<sup>18</sup> F	<sup>68</sup> Ga	<sup>131</sup> I	<sup>177</sup> Lu	<sup>153</sup> Sm	<sup>223</sup> Ra
Введенная пациенту активность, МБк									
		740	370	370	185	7000	7400	5200	3,5
Эквивалентные дозы профессионального облучения на 1 процедуру, мкЗв									
УЗИ/Эндоскопия	0,33	20	22	65	35	533	46	85	0,21
КТ/МРТ	0,083	5,0	5,6	17	8,6	132	11,5	21	0,05
БСЛУ	1,0	60	—	—	—	—	—	—	—
ВХТ	1,0	60	—	—	—	—	—	—	—
ЭКГ	0,167	10	11,2	34	17,2	264	23,0	42	0,11
Реанимация	0,5	30	34	100	52	800	69	127	0,31
Нефростомия	0,5	30	34	100	52	800	69	127	0,31
Патоанатомия	1,0	—	—	—	—	90	92	400	—

**Примечание:** УЗИ — ультразвуковое исследование; КТ — рентгеновская компьютерная томография; МРТ — магнитно-резонансная томография; БСЛУ — биопсия сторожевых лимфатических узлов; ВХТ — высокодозная химиотерапия хирургически изолированного органа; ЭКГ — электрокардиография

**Note:** УЗИ — ultrasound examination; КТ — X-ray computed tomography; МРТ — magnetic resonance imaging; БСЛУ — sentinel lymph node biopsy; ВХТ — high-dose chemotherapy of a surgically isolated organ; ЭКГ — electrocardiography

## Рекомендации по радиационной защите

Прежде всего, следует подчеркнуть, что любые контакты (как по расстоянию, так и по продолжительности) с пациентами, накануне прошедшими рентгенологическое исследование или дистанционную лучевую терапию, абсолютно безопасны, поскольку в теле такого пациента отсутствует какая-либо радиоактивность.

Сначала рассмотрим рекомендации по радиационной защите медицинского персонала при рентгеновских исследованиях, проводимых врачами не-радиологами (стоматологи, хирурги-травматологи, ортопеды и др.). Обеспечение радиационной безопасности при этом должно быть идентичным рекомендованному для профессионалов-рентгенологов, в том числе и по использованию индивидуальных средств радиационной защиты.

Формирование доз облучения персонала в таких исследованиях обусловлено следующими радиационно-физическими факторами:

1. Первичный пучок рентгеновского излучения, падающий из рентгеновской трубки на исследуемый участок поверхности тела пациента; данная компонента облучения по интенсивности является основной, причем наибольшие локальные дозы получают кисти рук оператора, если они падают в поле первичного пучка излучения.
2. Рентгеновское излучение, рассеянное в теле пациента и в элементах конструкции рентгеновского аппарата; данная вторичная компонента по сравнению с первичной характеризуется существенно меньшей интенсивностью, но гораздо более высокой разнонаправленностью

распространения рентгеновских фотонов; поэтому она является фактически основным источником общего, а не локального облучения всех участвующих в проведении рентгеновского исследования.

Для организации эффективной радиационной защиты необходим целый ряд мероприятий, позволяющих снизить уровень профессионального облучения:

- минимизация размеров поля облучения на коже пациента путем оптимального диафрагмирования пучка рентгеновских фотонов; тем самым снижаются размеры зоны прямого воздействия первичного пучка на кисти рук оператора, а также уменьшается интенсивность рассеянного излучения, выходящего из тела пациента во всех направлениях;
- максимально возможная замена рентгеноскопии на рентгенографию, но без потери диагностической информации;
- максимально возможное снижение продолжительности рентгеноскопии, но не в ущерб качеству и информативности получаемых изображений; нужно помнить, что лучевая нагрузка на оператора практически прямо пропорциональна этой продолжительности;
- получение при рентгеноскопии твёрдых копий рентгеновских изображений с телевизионного экрана или компьютерного монитора вместо прицельной рентгенографии;
- выполнение всех технологических операций, не требующих рентгеновизуального контроля, при выключенном высоком напряжении на

аноде рентгеновской трубки; например, подведение кистей рук к исследуемому участку тела надо выполнять до включения рентгеновского излучателя;

- максимально возможное удаление рук и туловища рентгенолога от зоны первичного пучка и от всего тела пациента; такое удаление особенно эффективно при сильно диафрагмированном поле облучения; те члены операционной бригады, которые не должны находиться в непосредственной близости к пациенту, должны оставаться настолько далеко от стола, насколько это возможно без потери качества работы;
- грамотное и регулярное использование средств радиационной защиты, в том числе стационарных (стены хирургических операционных и рентгеновских кабинетов), передвижных (защитные ширмы и экраны) и индивидуальных (специальные накидки, фартуки, передники, воротники, перчатки, очки и т.п.).

Индивидуальные средства защиты особенно эффективны в плане практически полного подавления выходящего из тела пациента рассеянного рентгеновского излучения. Более подробные предписания по использованию тех или иных средств индивидуальной радиационной защиты в различных рентгенологических процедурах приведены в нормативном документе СанПиН 2.6.4115–25 [3].

При диагностических и лечебных процедурах с пациентами, которым накануне введены те или иные диагностические или терапевтические радиофармпрепараты, необходимо выполнять следующие требования:

- исключить доступ в диагностические кабинеты, процедурные, перевязочные, хирургические операционные и в другие рабочие помещения всех лиц, не участвующих в выполнении процедур УЗИ, МРТ, эндоскопии, а также срочных хирургических вмешательств и реанимационных мероприятий;
- по возможности увеличивать расстояние между «заряженным» пациентом и работающим с ним медицинским персоналом;
- по возможности сокращать продолжительность контакта с «заряженным» пациентом, но без снижения качества диагностики и лечения;
- по возможности использовать стационарные и передвижные средства радиационной защиты, в том числе строительные конструкции, защитные боксы, сейфы, экраны и контейнеры, сборные стенки из свинцовых блоков;
- использовать индивидуальные средства радиационной защиты (специальные накидки, фартуки, передники, воротники, перчатки, очки и т.п.); в частности, в нормативном документе СанПиН 2.6.4115–25 [3] прямо указано, что персонал при

работах с радионуклидными источниками должен использовать индивидуальные средства радиационной защиты (в том числе фартук и воротник) со свинцовым эквивалентом не ниже 0,35 мм.

- по возможности использовать инструменты для дистанционного манипулирования с радионуклидными источниками любой активности, в том числе и с радиоактивными отходами (РАО).

Нужно помнить, что из всех трех способов снижения лучевой нагрузки на медицинский персонал (радиационная защита расстоянием, временем и экранированием) наиболее эффективным является увеличение расстояния между оператором и «заряженным» радиоактивностью пациентом. Дело в том, что: 1) не всегда имеются средства индивидуального экранирования радиации, либо их использование технически невозможно или снижает качество проводимой медицинской процедуры; 2) доза облучения прямо пропорциональна продолжительности контакта врача с «заряженным» пациентом, которая в принципе не может быть короче разумного интервала времени; 3) доза облучения обратно пропорциональна квадрату расстояния между врачом и «заряженным» пациентом, то есть при возможности увеличения этого расстояния вдвое, например с 0,3 метра до 0,6 метра, накопленная доза снизится в 4 раза (так называемый закон обратных квадратов).

Существенно проще решается проблема обеспечения радиационной безопасности при патологоанатомическом исследовании умершего больного. Вскрытие трупа больного в соответствии с СанПиН 2.6.4115–25 [3] должно проводиться при выдержке на радиоактивный распад до регламентных значений остаточной активности или мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД), указанных в этом нормативном документе. Расчеты показывают, что при соблюдении этого условия и продолжительности вскрытия тела умершего «заряженного» пациента, составляющей 1 час, накопленная врачом-патологоанатомом доза не превысит 400 мкЗв для  $^{153}\text{Sm}$  и 90 мкЗв для  $^{131}\text{I}$  и  $^{177}\text{Lu}$ . Получаемая при этом доза профессионального облучения для персонала группы Б считается полностью безопасной.

Существует еще один источник возможного профессионального облучения не-радиологического медицинского персонала. Если «заряженный» больной подвергается urgentной диагностической или лечебной процедуре вне помещений отделения радионуклидной терапии, то в рабочих кабинетах других подразделений клиники возможно возникновение твердых и жидких радиоактивных отходов (РАО) в ходе проведения или после таких процедур.

К твердым РАО относятся:

- использованные хирургические перчатки;

Наркевич Б.Я., Крылов А.С., Тюрина Н.Ю.

Что должен знать врач без радиологического образования...

- ватные тампоны, марлевые подушечки, кровоостанавливающие повязки;
- одноразовые шприцы в разобранном состоянии, другой инструментарий и медицинские изделия одноразового применения;
- одноразовые салфетки, пеленки и памперсы, использованные «заряженными» больными;
- опорожнённые флаконы из-под различных радиоактивных растворов;
- использованная фильтровальная и туалетная бумага.

К жидким РАО относятся:

- неиспользованные остатки радиоактивных растворов из флаконов, мензурок и фасовок радиофармпрепаратов;
- все биологические жидкости, выделенные из тела пациента в ходе ургентной процедуры (кровь, моча, слюна, каловые и рвотные массы).

Как правило, содержание радионуклидов во всех таких РАО не превышает так называемую минимально значимую активность, которая в соответствии с НРБ-99/2009 [2] считается полностью радиационно-безопасной. Тем не менее, все получившиеся РАО должны быть упакованы в герметичные контейнеры, после чего они передаются в отделение радионуклидной терапии для дальнейшей выдержки на радиоактивный распад и последующего удаления в качестве обычных (нерадиоактивных) медицинских отходов.

## Выводы

1. В практике работы медицинских организаций, особенно онкологического и радиологического профиля, существует целый ряд ситуаций, когда врачи, не являющиеся профессионалами-радиологами, также могут подвергаться профессиональному облучению.
2. В связи с этим необходимы определенные мероприятия по обеспечению радиационной безопасности не-радиологического медицинского персонала, прежде всего по обеспечению навыков и умения врачей не-радиологов организовать собственную радиационную защиту, предотвращая

тем самым проявления радиофобии как у себя самого, так и у пациентов.

3. Врач не-радиолог должен уметь не только объективно оценивать радиационную обстановку, причем самостоятельно, без консультации с профессионалами, но и должен знать как выполнить простые мероприятия по собственной радиационной защите и защите среднего медицинского персонала, участвующего в таких процедурах.
4. Литературные данные и проведенные расчеты показывают, что получаемые при ургентных процедурах врачами не-радиологами дозы профессионального облучения существенно ниже (чаще всего на несколько порядков) того предела дозы, который установлен для персонала группы Б в отечественной нормативной документации.

## Список литературы / References

1. Котеров АН, Ушенкова ЛН, Бирюков АП, Уйба ВВ. Риск рака щитовидной железы после воздействия <sup>131</sup>I: Объединенный анализ экспериментальных и эпидемиологических данных за семь десятилетий. Сообщение 1. Актуальность проблемы и постановка задач для цикла исследований. Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2016;62(6):25–49.
2. Koterov AN, Ushenkova LN, Biryukov AP, Uyba VV. Risk of Thyroid Cancer after Exposure to <sup>131</sup>I: Combined Analysis of Experimental and Epidemiological Data over Seven Decades. Part 1. Actual Problems and Statement of Tasks for Series of Researches. Medical Radiology and Radiation Safety. 2016;62(6):25–49 (In Russ.).
3. СанПиН 2.6.1.2523–09. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормативы. 2009. SanPiN 2.6.1.2523–09. Radiation Safety Standards NRB-99/2009. Sanitary rules and regulations. 2009 (In Russ.).
3. СанПиН 2.6.4115–25. Санитарно-эпидемиологические требования в области радиационной безопасности населения при обращении источников ионизирующего излучения. 2025. SanPiN 2.6.4115–25. Sanitary and epidemiological requirements in the field of radiation safety of the population when handling ionizing radiation sources. 2025 (In Russ.).

## Вклад авторов

Статья подготовлена с равным участием авторов.

## Authors' contributions

Article was prepared with equal participation of the authors.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Соответствие принципам этики. Одобрение этического комитета не требовалось. Информированное согласие. Пациенты подписали информированное согласие на публикацию данных.

Тип статьи: Обзор литературы.

Поступила: 22.08.2025.

Принята к публикации: 19.10.2025.

Опубликована online: 26.12.2025.

Funding. The study had no sponsorship.

Conflict of interests. Not declared.

Ethical compliance. Ethical committee approval was not necessary.

Informed consent. The patients signed informed consent for the publication of the data.

Article type: Literature review.

Received: 22.08.2025.

Accepted for publication: 19.10.2025.

Published online: 26.12.2025.