

Радиологические критерии выписки пациента из клиники после радионуклидной терапии или брахитерапии с имплантацией закрытых источников

М.И. Балонов, В.Ю. Голиков, И.А. Звонова

ФГУН «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

Для отечественного регулирования предложены дозовые критерии ограничения облучения лиц, оказывающих помощь пациентам либо проживающих вместе с пациентами, выписанными из клиники после курса радионуклидной терапии или брахитерапии с имплантацией закрытых источников. С помощью консервативной дозиметрической модели обоснованы значения оперативных радиологических критериев для выписки из клиники: активности радионуклидов в теле (^{125}I , ^{131}I , ^{153}Sm и ^{188}Re) и мощности дозы в воздухе вблизи тела пациента. Соблюдение указанных критериев, включенных в новые Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009), обеспечит радиационную безопасность окружающих лиц.

Ключевые слова: радионуклидная терапия, брахитерапия с имплантацией закрытых источников, радиационная безопасность, дозиметрическая модель, радиологические критерии.

1. Введение

Радиотерапевтическому лечению онкологических и некоторых других заболеваний при помощи вводимых внутрь организма радиофармацевтических препаратов (РФП) в настоящее время в мире ежегодно подвергаются более миллиона человек [1], из них в России – около трех тысяч человек. В странах с развитым здравоохранением, к которым относится и Россия, ежегодное число таких процедур в 1997–2007 гг. выросло более чем в 3 раза по сравнению с 1991–1996 гг. [1, 2].

Брахитерапевтическое лечение предстательной железы с имплантацией закрытых источников (нитей с ^{125}I или ^{103}Pd) в мире ежегодно проходят более 50 тысяч человек [3]; эта технология внедряется и в России [4] – пока несколько сотен человек в год.

В обоих случаях для достижения лечебного эффекта в организм пациента вводят большие активности радионуклидов, многие из которых испускают проникающее гамма- или рентгеновское излучение. После завершения клинических процедур пациента, в теле которого содержится значительная активность, выписывают домой. В течение некоторого времени, от нескольких дней до нескольких месяцев (в зависимости от радиационных свойств нуклида и/или метаболитических свойств РФП), излучение, исходящее из тела пациента, может воздействовать на окружающих его людей.

Настоящая работа посвящена обоснованию отечественных радиологических критериев, т.е. активности радионуклидов в теле пациента и мощности дозы в воздухе вблизи его тела, при которых разрешается выписка пациента из клиники. Такие критерии безопасности необходимы как для лучевых терапевтов, так и для специалистов санитарно-эпидемиологического надзора.

2. Обзор международной литературы

Вопросы радиационной защиты пациентов, медицинского персонала и лиц из населения в связи с радионуклидной терапией и брахитерапией с имплантацией закрытых

радионуклидных источников рассмотрены в многочисленных зарубежных и отечественных работах. Эти данные были недавно обобщены в специальных Публикациях Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) №№ 94 и 98, содержащих соответствующие рекомендации [2, 3]. Этим же вопросам посвящены соответствующие разделы международных стандартов безопасности [5, 6] и докладов по безопасности МАГАТЭ [7, 8].

В Публикации 94 МКРЗ указывается, что после некоторых радионуклидных терапевтических процедур необходимы меры предосторожности, чтобы ограничить облучение окружающих пациента людей [2]. Такие меры едва ли нужны при диагностическом применении радионуклидов, поскольку вводимая активность на 2–3 порядка величины ниже, чем для терапии. Наибольшему облучению подвергаются окружающие лица после терапии иодом-131 рака щитовидной железы или гипертиреоза.

Защита медицинского персонала и лиц из населения строится на основе соответствующих пределов годовой дозы (20 и 1 мЗв соответственно). Для защиты взрослых, которые добровольно и сознательно ухаживают за радиотерапевтическим пациентом и/или проживают с ним, рекомендуется граничная доза в несколько мЗв (обычно 5 мЗв) [2, 3, 5–8, 17].

Пути облучения окружающих в рассматриваемой ситуации являются внешнее облучение, внутреннее облучение при прямом загрязнении радионуклидами, а также попадание их в окружающую среду. Внешнее облучение обычно доминирует, если радионуклид испускает фотонное излучение. В отношении детей возможно внутреннее загрязнение через слюну, особенно иодом-131. В случае лечения кормящей матери грудное кормление должно быть немедленно прекращено. Радионуклидная терапия противопоказана беременным женщинам.

Решение о выписке пациента после радионуклидной терапии следует принимать индивидуально с учетом не только остаточной активности радионуклида в организме, но также психологических, социальных (например,

условия проживания) и экономических факторов, наличия в семье детей и беременных женщин. Пациента необходимо проинструктировать о мерах предосторожности после выписки в течение рекомендованного времени. Следует учитывать, что продолжительная госпитализация снижает дозу у окружающих, но повышает дозу у медицинского персонала, а также стоимость лечения пациента и уменьшает шансы других пациентов получить радионуклидное лечение в требуемые сроки. Расчеты показывают, что пациенты, путешествующие после радиоiodной терапии, обычно не представляют опасности для попутчиков, если время путешествия не превышает нескольких часов.

В отношении выписки пациентов после радионуклидной терапии МКРЗ не дает рекомендаций в форме остаточной активности в теле или мощности дозы, а ограничивается дозовыми критериями (см. выше) и оставляет моделирование связи между этими величинами на усмотрение специалистов и национальных регулирующих органов. Например, в разных странах Евросоюза выписка разрешается при содержании йода-131 в теле от 95 до 800 МБк, причем в большинстве стран – от 400 до 600 МБк [9]. В США выписка пациента после терапии иодом-131 разрешается при его содержании в теле до 1100 МБк или мощности дозы на расстоянии 1 м до 70 мкЗв/ч [10]. МАГАТЭ рекомендует тот же критерий активности, что и США, но указывает, что в ряде стран он принят равным 400 МБк как показатель хорошей медицинской практики [5–8].

На международном уровне для обоснования критериев выписки широко признана расчетная схема Комиссии по ядерному регулированию (КЯР) США [10]. Согласно довольно консервативной модели КЯР доза для принятия решений вычисляется как временной интеграл мощности экспозиционной дозы на расстоянии 1 м от точечного источника без учета поглощения в тканях тела пациента. Интегрирование ведется до полного распада нуклида с учетом доли времени облучения окружающих, равной 0,25. Измерения дозы у окружающих показали, что расчет КЯР и подобные ему завышают эффективную дозу в несколько раз [2, 3, 9].

В Публикации 98 МКРЗ рассмотрены различные вопросы радиационной защиты в случае брахитерапии с имплантацией закрытых радионуклидных источников ¹²⁵I или ¹⁰³Pd [3]. В частности, оценки дозы внешнего облучения окружающих по данным измерений и расчетов показали, что они малы в сравнении с дозовыми критериями МКРЗ (см. выше). Только в случае, когда партнерша пациента беременна, могут потребоваться специальные меры предосторожности. Оценена возможность выхода отдельного источника из тела с мочой или спермой и показано, что возможные радиологические последствия незначительны [3].

В стандартах безопасности МАГАТЭ вопрос выписки пациента после брахитерапии пока не рассмотрен, возможно, из-за новизны технологии. Однако в Докладе по безопасности № 38 указывается, что активность в теле, при которой допускается выписка пациента после брахитерапии, можно вычислить по методике, аналогичной методике КЯР США для радионуклидной терапии [7].

3. Выбор радиологических критериев

Согласно отечественным Нормам радиационной безопасности НРБ-99 «мощность дозы гамма-излучения на расстоянии 1 метра от пациента, которому с терапевтической

целью введены радиофармацевтические препараты, не должна превышать при выходе из радиологического отделения 3 мкЗв/ч» [11]. Авторы настоящей статьи не обнаружили в отечественной литературе научного обоснования данного критерия.

Авторы полагают, что в отечественных регулирующих документах (НРБ и др.) следует, в первую очередь, привести дозовые критерии для ограничения облучения лиц (не персонала рентгенорадиологических отделений), оказывающих помощь пациентам при выполнении рентгенорадиологических процедур, либо проживающих вместе с пациентами, выписанными из клиники после курса радионуклидной терапии или брахитерапии с имплантацией закрытых источников. Для этой цели в духе преемственности с НРБ-99 и в согласии с рекомендациями МКРЗ [2, 3] и стандартами МАГАТЭ [5, 6] предлагается граничная доза для этих лиц (взрослых) 5 мЗв в год. Для остальных взрослых лиц, а также для детей, контактирующих с пациентами, выписанными из клиники после радионуклидной терапии или брахитерапии, предел дозы составляет 1 мЗв в год [17].

При обосновании оперативных радиологических критериев для решения вопроса о безопасной выписке пациента из клиники после радионуклидной терапии или брахитерапии с имплантацией закрытых источников фотонного излучения нам представляется необходимым рассмотреть следующие вопросы:

- Насколько критерий определяет дозу у окружающих лиц, являющуюся предметом нормирования; не занимается ли он ее действительное значение?
- Насколько корректно можно на практике измерить или вычислить физическую величину, выбранную в качестве критерия?
- Насколько критерий отвечает реалиям отечественной радиологии и радиационной гигиены?

С этих позиций рассмотрим три возможных критерия:

1. Активность радионуклида в теле – введенная или остаточная.
2. Мощность дозы фотонного излучения в воздухе вблизи тела пациента.
3. Доза у окружающих лиц, оцененная с учетом индивидуальных факторов.

Активность радионуклида в теле на момент выписки пациента из клиники – несомненно важный, хотя и не единственный фактор, определяющий дозу у окружающих лиц. Активность в теле можно связать с дозой у окружающих через интеграл мощности дозы вблизи пациента либо через прямые измерения индивидуальной дозы у окружающих. Последний подход реалистичнее, но таких данных недостаточно.

В качестве критерия выписки пациента предлагается на выбор введенная (наиболее консервативный подход) или остаточная активность в теле. Остаточная активность по определению ниже введенной, и ее можно измерить перед выпиской. Однако в этом нет необходимости, если введенная активность меньше критерия выписки.

Если активность в теле пациента известна, другими важными дозоопределяющими факторами являются поглощение излучения в теле, положение окружающих относительно источника (пациента), их поведение и др. Вычисление характеристик дозового поля вблизи тела пациента с учетом самопоглощения излучения в органах-источниках и

поглощения в покрывающих их тканях – задача усиленная для современной расчетной дозиметрии применительно к Референтному человеку [12] и современным фантомам МКРЗ [13]. Однако применимость такого расчета к пациенту, нередко тяжелобольному человеку с измененными анатомическими и физиологическими параметрами, не очевидна. Поэтому КЯР США пошла по упрощенному консервативному пути вычисления мощности дозы от точечного источника без учета поглощения излучения в тканях. Эта величина всегда выше реальной мощности дозы от тела пациента.

Важным источником неопределенности в оценке дозы у окружающих лиц при наличии расчетной или измеренной мощности дозы в воздухе является изменяющееся взаимное расположение окружающих и пациента. Здесь в расчетах дозы обычно используются экспертные оценки времени и расстояния между пациентом и окружающими лицами. Поскольку эти оценки обычно консервативны, во всех случаях применения индивидуальной дозиметрии было показано, что реальные дозы у окружающих лиц значительно ниже расчетных [2, 3, 9, 10].

Другим критерием для выписки пациента может быть измеренная мощность дозы фотонного излучения в воздухе вблизи его тела. Здесь удается избежать сложностей и погрешностей расчета характеристик дозового поля вблизи тела пациента, но сохраняются неопределенности в оценке дозы у окружающих, обусловленные переменным положением окружающих лиц относительно пациента. Оценка дозы у окружающих лиц по измеренной мощности дозы обычно менее консервативна, чем оценка по активности в теле пациента. Эта величина предлагается в качестве альтернативного критерия выписки.

Доза у окружающих лиц, оцененная с учетом индивидуальных факторов, – может быть, наиболее точный критерий. Она предполагает учет особенностей конституции тела пациента, индивидуальных параметров метаболизма, особенностей поведения окружающих лиц и т.д. Такой расчет может быть выполнен только квалифицированным медицинским физиком, которые имеются в штате немногих отечественных радиологических отделений. Поэтому авторы, в отличие от КЯР США, не предлагают этот критерий для отечественного регулирования.

4. Радионуклиды и дозиметрическая модель

По данным Медицинского радиологического научного центра РАМН, отечественная лучевая терапия пока использует немного радионуклидов для внутреннего облучения органов и тканей [4]. Так, для лечения патологий щитовидной железы (рака и гипертиреоза) традиционно широко применяется ^{131}I (до 5 ГБк на курс лечения), для паллиативного лечения костных метастазов – препараты с ^{153}Sm (до 4 ГБк) и ^{188}Re (до 5 ГБк), а при брахитерапии предстательной железы – имплантаты с ^{125}I (до 2,5 ГБк). Для этих радионуклидов в дополнение к дозовым критериям целесообразно дать в отечественном регулировании и численные значения оперативных радиологических критериев: активность радионуклида в теле (введенную или остаточную), а также измеренную мощность дозы фотонного излучения в воздухе вблизи тела пациента. Кроме того, для лечения опухолей костной системы применяют стронций-89. Однако этот радионуклид испускает только

бета-излучение и для окружающих лиц не представляет радиационной опасности.

По мере развития отечественной радионуклидной терапии и брахитерапии набор применяемых радионуклидов, их соединений и источников может расти. В этом случае для каждого нового радионуклида / соединения / источника на основе предложенных дозовых критериев (см. выше) и дозиметрической модели (см. ниже) можно будет обосновать адекватные значения оперативных радиологических критериев.

Для обоснования значений оперативных радиологических критериев выписки пациентов с инкорпорированными радионуклидами мы использовали дозиметрическую модель точечного источника, аналогичную модели КЯР США, но отличную от нее в следующих аспектах:

- Современные радиационные характеристики радионуклидов [14];
- Учет поглощения мягкого фотонного излучения ^{125}I в тканях тела;
- Продолжительность контакта пациента с близкими родственниками;
- Дозовые критерии для окружающих лиц.

Для радионуклидов со средней энергией спектра γ -излучения 0,1 МэВ и выше [14] мы консервативно не учли поглощение в тканях тела пациента и приняли коэффициент перехода от поглощенной дозы в воздухе к эффективной дозе равным 1 Зв/Гр. Напротив, для мягкого фотонного излучения ^{125}I со средней энергией около 0,03 МэВ, когда поглощение велико (порядок величины и больше), учитывалось как поглощение излучения в теле пациента, так и в теле окружающих лиц. При этом полагали, что геометрия облучения окружающих лиц является ротационной и использовали соответствующее значение коэффициента перехода от дозы в воздухе к эффективной дозе [15].

Мощность поглощенной дозы в воздухе \dot{D} на расстоянии 1 м от точечного источника активностью A (ГБк), моделирующего пациента с инкорпорированной активностью, можно вычислить следующим образом:

$$\dot{D} = 3600 \cdot 10^6 \cdot 10^9 \cdot A \cdot \Gamma_k \cdot (1 - AF), \text{ мкГр/час}, \quad (1)$$

где: Γ_k – керма-постоянная радионуклида, Гр·м²/(Бк·с) [14];

AF (*absorption factor*) – доля излучения источника, поглощаемая в тканях тела пациента, отн. ед. Принята равной 0 для всех радионуклидов со средней энергией спектра γ -излучения 0,1 МэВ и выше. Для мягкого фотонного излучения ^{125}I AF оценена равной 0,9 по минимальной глубине расположения предстательной железы в теле в передне-заднем направлении около 7 см и толщине половинного ослабления излучения в мягких тканях около 2 см [3];

3600 – число секунд в часе; 10^6 и 10^9 – коэффициенты перевода Гр в мкГр и ГБк в Бк соответственно.

Основные радиационные характеристики радионуклидов приведены в таблице 1 [14].

Накопленную эффективную дозу $E(A_0)$ (мЗв) у человека, находящегося на расстоянии 1 м от пациента с инкорпорированной активностью A_0 (ГБк) на момент выписки, консервативно оценим за время полного распада радионуклида без учета его биологического выведения следующим образом:

$$E(A_0) = 34,6 \cdot 10^{-3} \cdot \dot{D}_0 \cdot T \cdot OF \cdot CC, \text{ мЗв}, \quad (2)$$

где: \dot{D}_0 – мощность поглощенной дозы в воздухе на расстоянии 1 м от пациента на момент выписки, мкГр/час;

T – период полураспада радионуклида, сут [14];

OF (*occupation factor*) – доля времени в контакте пациента с окружающими лицами, отн. ед. Экспертная оценка наибольшего OF для радионуклидов с $T \geq 1$ сут принята равной 0,3 для взрослых (супруги, 7 часов) и 0,15 (3–4 часа) для детей. Для радионуклидов с $T < 1$ сут приняты значения OF вдвое больше, чем для радионуклидов с $T \geq 1$ сут, имея в виду большую неопределенность при кратковременном облучении;

CC (*conversion coefficient*) – коэффициент перехода от поглощенной дозы в воздухе к эффективной дозе, Зв/Гр. Принят равным 1 для всех радионуклидов со средней энергией спектра γ -излучения 0,1 МэВ и выше. Для ^{125}I CC принят равным 0,15 для взрослых и 0,3 для детей в ротационной геометрии облучения [15];

34,6 – коэффициент, равный $24 \text{ (час/сут)} / \ln 2 \cdot 10^{-3}$ – коэффициент перевода мкЗв в мЗв.

Таблица 1

Радиационные характеристики радионуклидов [14]

Радионуклид	Период полураспада, T , сут	Средняя энергия спектра γ -излучения, МэВ	Керма-постоянная $G_k \cdot 10^{-18}$ Гр·м ² /(Бк·с)
^{125}I	59,4	0,036	9,86
^{131}I	8,02	0,38	14,5
^{153}Sm	1,94	0,10	3,12
^{188}Re	0,71	0,29	3,05

5. Обоснование численных значений отечественных радиологических критериев

С помощью формул (1) и (2), приравнивая их к дозовым критериям для выписки пациентов, приведенным выше в разделе 3, вычислим значения оперативных радиологических критериев: активности радионуклида в теле (введенной или остаточной) и мощности дозы вблизи тела пациента. Поскольку выше приведены два дозовых критерия (5 мЗв в год для взрослых, оказывающих помощь пациентам либо проживающих вместе с пациентами, и 1 мЗв в год для детей и прочих взрослых) и два соответствующих набора значений OF , из формул (1) и (2) получаются два набора оперативных критериев, округленные значения которых приведены в таблице 2.

Из двух наборов критериев во всех случаях меньшие значения получены, исходя из дозового норматива и значений OF и CC для детей. Эти округленные меньшие значения были выбраны в качестве оперативных радиологических критериев* и включены в недавно утвержденные новые Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 [17]. В то же время вполне допустимо выписывать пациента по критериям правой части таблицы 2 (по дозовому пределу для взрослых, проживающих вместе с пациентом – 5 мЗв/год), если в семье нет детей и беременных женщин и пациент не собирается в длительное путешествие поездом сразу после выписки из клиники. Все эти условия для каждого

конкретного пациента выясняет, взвешивает и принимает решение о выписке лечащий врач.

Перед выпиской пациент должен получить письменные и устные инструкции по режиму поведения в домашних условиях и дать подписку об обязательности их выполнения. В случае лечения йодом-131, при любой терапевтической дозировке ^{131}I пациент должен провести в клинике не менее двух суток – срока, когда большая часть введенной активности ^{131}I , не захваченная щитовидной железой и метастазами, выйдет из организма через почки.

Таблица 2

Активность радионуклидов в теле пациента после радионуклидной терапии или брахитерапии с имплантацией закрытых источников и мощность дозы в воздухе на расстоянии 1 м от поверхности тела, при которых разрешается выписка пациента из клиники

Радионуклид	Дети (предел дозы 1 мЗв в год)		Взрослые, проживающие вместе с пациентами (граничная доза 5 мЗв/год)	
	Активность в теле пациента, A_0 , ГБк	Мощность дозы, \dot{D}_0 , мкГр/ч	Активность в теле пациента, A_0 , ГБк	Мощность дозы, \dot{D}_0 , мкГр/ч
^{125}I *	4	10	20	50
^{131}I	0,5	20	1,2	60
^{153}Sm	9	100	20	200
^{188}Re	12	130	30	300

* В составе имплантатов для брахитерапии предстательной железы. Дополнительно учтено самопоглощение излучения ^{125}I в имплантатах, составляющее около 30% [10].

В случае многократного лечения в течение года активность в теле и мощность дозы в таблице 2 должны быть уменьшены в число раз, равное числу курсов лечения за год.

6. Заключение

Учитывая консервативный характер дозового моделирования, базирующийся на признанных безопасными дозовых критериях, можно полагать, что соблюдение предложенных в таблице 2 оперативных радиологических критериев выписки пациентов из клиники после радионуклидной терапии или брахитерапии с имплантацией закрытых источников обеспечит радиационную безопасность окружающих лиц. Консервативность подобных расчетов была многократно подтверждена экспериментально методами индивидуальной дозиметрии: во всех случаях реальные дозы у окружающих лиц были значительно ниже расчетных [2, 3, 9, 10].

Однако соблюдение дозовых критериев не отменяет дальнейшие усилия по снижению дозы у окружающих лиц путем оптимизации защиты. Наиболее доступным методом для этого является инструктирование пациента о мерах предосторожности, которые он/она должны принимать с тем, чтобы защитить от облучения членов семьи и других лиц, с которыми они могут вступать в контакт. Перед выпиской

* В отношении короткоживущего ^{188}Re введен коэффициент запаса около 1,5.

пациентам следует дать письменные и устные инструкции по данному вопросу. Такие же требования предъявляются к режиму амбулаторного лечения пациентов.

Литература

1. Sources and Effects of Ionizing Radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes. United Nations, New York (NY), 2008.
2. Release of patients after therapy with unsealed radionuclides. International commission on radiological protection: Recommendation of the ICRP Publication 94 // *Annals of the ICRP*. 2004. 34 (2). 80 p.
3. Radiation safety aspects of brachytherapy for prostate cancer using permanently implanted sources. International commission on radiological protection: Recommendation of the ICRP Publication 98 // *Annals of the ICRP*. 2005. 35 (3). 50 p.
4. Официальный сайт Медицинского радиологического научного центра РАМН (МРНЦ РАМН): <http://www.mrnc.obninsk.ru/> (дата обращения: 20.11.2009 г.)
5. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и опасного обращения с источниками излучения. // Международное агентство по атомной энергии: Серия безопасности No. 115. МАГАТЭ. Вена, 1996.
6. Радиологическая защита при медицинском облучении ионизирующим излучением. // Международное агентство по атомной энергии: руководство по безопасности RS-G-1.5. МАГАТЭ. Вена, 2002. 98 с.
7. SRS-38 applying radiation safety standards in radiotherapy: International atomic energy agency. IAEA. Vienna, 2006. 120 p.
8. SRS-40 applying radiation safety standards in nuclear medicine: International atomic energy agency. IAEA. Vienna, 2005. 124 p.
9. Radiation Protection Following Iodine-131 Therapy (Exposure due to Out-patients or Discharged In-patients) // Radiation Protection 97: European commission (EC). Brussels, 1998. 34 p.
10. Consolidated Guidance about Materials Licensees // Rep. NUREG-1556: Nuclear regulatory commission. App U. Office of Standards Development, Washington, 2008. DC, Vol. 9. 28 p.
11. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы (СП 2.6.1. 758-99). М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. 116 с.
12. Основные анатомические и физиологические данные для использования в радиационной безопасности: референтные значения. // Публикация МКРЗ 89: Международная комиссия по радиационной защите. Пер. с англ. Т. Д. Кузьминой [под ред. И. Б. Кеирим-Маркуса]. М.: Медкнига, 2007. 318 с.
13. Adult reference computational phantoms. International commission on radiological protection: Recommendation of the ICRP // Joint ICRP/ICRU Report). In press. (10. 11. 2009 г.).
14. Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations. International commission on radiological protection: Recommendation of the ICRP Publication 107 // *Annals of the ICRP*. 2008. 38 (3). 96 p.
15. Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection. International commission on radiological protection: Recommendation of the ICRP Publication 74 // *Annals of the ICRP*, 1996. 26(3-4). 206 p.
16. Машкович В.П. Защита от ионизирующих излучений: справочник / В.П. Машкович, А.В. Кудрявцева. М.: Энергоатомиздат, 1995. 496 с.
17. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы (СанПиН 2.6.1.2523-09): утв. и введены в действие от 07 июля 2009 г. взамен СанПиН 2.6.1.758-99. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.

M.I. Balonov, V.Yu. Golikov, I.A. Zvonova

Radiological criteria for patient release from clinic after radionuclide therapy of brachytherapy with sealed source implantation

Federal Scientific Organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev» of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, Saint-Petersburg

Abstract. Dose criteria for limitation of exposure incurred by persons helping the patients or living with patients discharged from hospitals following radionuclide therapy or brachytherapy with implanted sealed radionuclide sources have been proposed for national Russian regulation. By means of a conservative dosimetry model, the values of operational radiological criteria for patient discharge from hospital are substantiated, i.e. whole body activity for radionuclides ^{125}I , ^{131}I , ^{153}Sm and ^{188}Re as well as dose rate near patient body. Observance of suggested criteria included in the new Russian Standards for Radiation Safety (RSS-99/2009) will ensure radiation safety of people in near environment (family, close friends et al.).

Key words: radionuclide therapy, brachytherapy with implanted sealed sources, radiation safety, dosimetric model, radiological criteria.

Поступила 24.11.2009 г.

М.И. Балонов
Тел: (812) 232-85-16;
E-mail: m.balonov@mail.ru