

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ

Б.Я. Наркевич

Национальный исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина

Минздрава России, Москва

Ассоциация медицинских физиков России, Москва

Рассмотрены актуальные вопросы обращения с твердыми и жидкими радиоактивными отходами в подразделениях радионуклидной диагностики и радионуклидной терапии отечественных медицинских организаций. Проанализировано соответствие сложившейся практики обращения с соответствующими требованиями нормативной документации Роспотребнадзора и рекомендациями МКРЗ и МАГАТЭ. Показано наличие ряда положений, научно не обоснованных и не соответствующих международным рекомендациям и многолетней практике российской и мировой ядерной медицины. Разработан ряд предложений по внесению соответствующих изменений в разрабатываемые нормативные документы, предназначенные к практическому использованию после “регуляторной гильотины”.

Ключевые слова: радиационная безопасность, ядерная медицина, радиоактивные отходы, нормативная документация, “регуляторная гильотина”

DOI: 10.52775/1810-200X-2021-92-4-45-54

Введение

В настоящее время ядерная медицина стала неотъемлемой частью комплекса высокотехнологичных методов диагностики и лечения в современной медицине. Непременным условием ее эффективного применения в клинике различных заболеваний является безусловное обеспечение радиационной безопасности пациентов, персонала и окружающей среды. В отличие от других методов медицинской радиологии, ядерная медицина обладает определенной спецификой, которая отличается тем, что все ее технологии основаны на использовании открытых радионуклидных источников.

Основной ее раздел – радионуклидная диагностика (РНД) *in vivo*. Она представляет собой установление наличия, характера, степени тяжести и распространенности патологического

процесса в организме пациента, выявление рецидива заболевания и оценку эффективности лечения на основе визуализации пространственно-временного распределения введенного в организм пациента диагностического радиофармпрепарата (РФП) методами планарной сцинтиграфии, однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) и позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ).

Другой раздел ядерной медицины – РНД *in vitro*, основанная на определении различных гормонов, ферментов, опухолевых маркеров и других биологических соединений в пробах венозной крови пациентов путем конкурентного связывания искомым стабильных и аналогичных им радиоактивных веществ со специфическими связывающими системами в этих пробах.

Наиболее быстрыми темпами развивается третий раздел ядерной медицины – радионуклидная терапия (РНТ), представляющая собой радикальное или паллиативное лечение онкологических, эндокринологических и других заболеваний путем введения в организм пациентов терапевтических РФП, активность которых существенно выше, чем при радиодиагностических исследованиях *in vivo*. Поскольку пациенты, проходящие РНТ с некоторыми β - γ -излучающими РФП, представляют определенную радиационную опасность для персонала и населения, они госпитализируются в закрытом режиме на несколько суток в “активные” палаты подразделений РНТ.

При штатной работе и, тем более, при радиационных авариях все три направления ядерной медицины связаны с возникновением, сбором, хранением и удалением твердых (ТРО) и жидких (ЖРО) радиоактивных отходов (РАО).

В настоящее время обращение с РАО в подразделениях ядерной медицины регламентируется целым рядом нормативных документов. Прежде всего, к ним относятся НРБ-99/2009 [1] и ОСПОРБ-99/2010 в редакции 2013 г. [2], имеющие наибольший юридический статус. К ним примыкает СПОРО-2002, где представлены общие правила обращения с РАО [3]. Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности, в том числе и по обращению с ТРО и ЖРО в подразделениях ядерной медицины, конкретизированы в следующих документах с меньшим юридическим статусом:

- ✓ РНД *in vivo* в целом – МУ 2.6.1.1892–04 [4];
- ✓ одна из наиболее важных технологий РНД *in vivo* – позитронная эмиссионная томография (ПЭТ) – СанПиН 2.6.1.3288–15 [5];
- ✓ РНД *in vitro* – МУ 2.6.1.2808–10 [6];
- ✓ РНТ – СанПиН 2.6.1.2368–08 [7].

В плане выполнения решения Правительства РФ по “регуляторной гильотине” все перечисленные документы [1–7] после переработки были объединены в общие санитарно-эпидемиологические требования в области радиационной безопасности вообще, и данный документ был представлен в Интернете для обсуждения [8]. При этом в перечне отменяемых нормативных документов были указаны только НРБ-99/2009 [1], ОСПОРБ-99/2010 в редакции 2013 года [2] и СПОРО-2002 [3], а также СанПиНы [5] и [7], тогда как методические указания [4] и [6] в этом списке были проигнорированы.

Однако в октябре 2021 г. этот проект был существенно сокращен по объему и представлен только в профильные ведомства в виде письма Роспотребнадзора [9], пока отсутствующего в Интернете. Поскольку проекты [8, 9] официально еще не утверждены, дальнейшее рассмотрение будет касаться только действующих в настоящее время нормативных документов [1–7].

Что касается международных рекомендаций по обращению с РАО, в том числе и в ядерной медицине, то здесь наиболее важными представляются Публикации МКРЗ [10, 11]. Среди более чем 30 публикаций МАГАТЭ, имеющих прямое или косвенное отношение к проблеме обращения с РАО вообще и в медицине в частности, следует выделить Публикации [12–14] и Технические доклады [15–17].

Целью настоящей работы являются анализ отечественной нормативной документации по обращению с РАО в ядерной медицине и сопоставление существующих требований с международными рекомендациями и сложившейся многолетней клинической практикой отечественной и мировой ядерной медицины, а также разработка предложений по совершенствованию нормативной документации в условиях «регуляторной гильотины» и после ее завершения.

Обращение с твердыми радиоактивными отходами

При отсутствии радиационных аварий и соблюдении установленных технологий работы с открытыми радионуклидными источниками в подразделениях РНД *in vivo*, ПЭТ-центрах, РНД *in vitro* и РНТ к низкоактивным ТРО относятся:

- ✓ использованные хирургические перчатки после работы в блоках радионуклидного обеспечения (РНД и РНТ) и “активных” палатах (РНТ);
- ✓ ватные тампоны, марлевые подушечки, кровоостанавливающие повязки, использованные при инъекции РФП;
- ✓ использованные для инъекции РФП одноразовые шприцы;
- ✓ одноразовые салфетки и полотенца, использованные больным при пероральном введении РФП;
- ✓ опорожненные флаконы и чашки Петри из-под РФП после односуточной промывки проточной водой;

- ✓ разовое постельное бельё с ложа пациента гамма-камеры и установок для ОФЭКТ/КТ, ПЭТ/КТ и ПЭТ/МРТ;
- ✓ пробирки после радиометрии, флаконы, наконечники дозаторов в отделениях РНД *in vitro*;
- ✓ использованные радионуклидные генераторы для наработки диагностических и терапевтических радионуклидов в отделениях РНД *in vivo* и РНТ соответственно;
- ✓ сменная лабораторная посуда и радиоактивно загрязнённые инструменты из радиохимической лаборатории ПЭТ-центра;
- ✓ радиоактивно загрязнённые детали и узлы, заменяемые при ремонте защитных боксов и другого оборудования радиохимической лаборатории ПЭТ-центра;
- ✓ использованная фильтровальная и туалетная бумага из помещений блоков радионуклидного обеспечения и "активных" палат;
- ✓ больничная и профессиональная спецодежда разового использования;
- ✓ посуда разового использования для больных в отделениях РНТ;
- ✓ бытовые отходы от больных из "активных" палат;
- ✓ отработанные сменные фильтры системы специализированной вентиляции.

При отсутствии радиационных аварий и соблюдении установленных технологий работы с открытыми радионуклидными источниками в тех же подразделениях к среднеактивным ТРО относятся:

- ✓ отработанные сменные фильтры с накопленным осадком и адсорбенты из системы предварительной очистки ЖРО в подразделениях РНТ;
- ✓ трупы больных с введенными РФП, умерших во время своего пребывания в "активных" палатах.

При ликвидации последствий радиационных аварий в подразделениях ядерной медицины к аварийным ТРО относятся:

- ✓ спецодежда разового использования, в которой проводилась ликвидация последствий аварии;
- ✓ опилки, фильтровальная бумага и другие средства, использованные при дезактивации.

Не останавливаясь на технологиях сбора, хранения и удаления перечисленных здесь многочисленных ТРО, требования к которым хорошо проработаны и подробно регламентированы в документах [1–7], следует отметить

научную обоснованность и удобство практического применения этих требований для клинических пользователей. Можно только отметить, что наибольшее затруднение при обращении с ТРО вызывает их сравнительно большой объем, особенно в подразделениях РНТ, где для их выдержки на распад требуется хранилище достаточно большой площади, особенно при значительных потоках больных, проходящих курсы РНТ в режиме госпитализации.

В плане формирования предложений по улучшению обращения с ТРО в подразделениях ядерной медицины, следует отметить, что в проектах [8, 9], в отличие от действующих теперь документов [2, 4, 7], вообще отсутствует раздел по обращению с РАО, а имеется только отсылка к постановлению Правительства РФ № 1069 от 19.10.2012, где указаны критерии отнесения отходов к РАО для ряда радионуклидов [18]. При этом перечень их неполный; в частности, там не упоминаются такие радионуклиды, которые имеют место в ТРО подразделений РНД *in vivo* и ПЭТ (^{44}Sc , ^{67}Ga , ^{68}Ga , ^{89}Zr , ^{124}I), а также РНТ (^{67}Cu , ^{169}Yb , $^{117\text{m}}\text{Sn}$, ^{149}Tb , ^{213}Bi , ^{225}Ac). Данная ситуация может вызвать серьезные затруднения при обращении с указанными ТРО, особенно в подразделениях РНТ, где РФП с α -излучающими радионуклидами ^{149}Tb , ^{213}Bi , ^{225}Ac уже начали использовать.

Обращение с жидкими радиоактивными отходами

Радионуклидная диагностика in vivo. Сначала следует отметить, что с формальной точки зрения в подразделениях РНД *in vivo* при штатной работе какие-либо ЖРО не возникают, в связи с чем о каких-либо ЖРО в МУ 2.6.1.1892–04 [4] даже не упоминается. Исключение составляют аварийные ситуации, связанные с проливанием радиоактивных растворов, а также периодически проводимые процедуры контроля качества гамма-камер с жидкостными фантомами. В этих случаях собранный в контейнер использованный радиоактивный раствор помещают в хранилище РАО для выдержки на распад с последующим его удалением в хозяйственно-бытовую канализацию.

Тем не менее, ЖРО все же возникают и при штатной работе подразделений РНД *in vivo*, поскольку пациенты с введенными в организм РФП сами по себе становятся источниками

ЖРО. Прежде всего отметим, что 90–95 % всех радиодиагностических исследований *in vivo* проводится в амбулаторном режиме, то есть без госпитализации пациентов в стационар. Другая особенность этих исследований – образование сравнительно большого объема низкоактивных ЖРО в виде радиоактивной мочи от исследуемых больных. При этом примерно 30–40 % от введенной активности РФП пациент выделяет, еще находясь в стенах подразделения РНД, поскольку перед измерениями его всегда посылают помочиться в туалет для больных для исключения наложения сцинтиграфического изображения мочевого пузыря с радиоактивным содержимым на изображения находящихся в той же области тела других анатомических структур. Но большую часть введенной активности пациент уносит внутри своего тела домой, где постепенно удаляет радиоактивную мочу в городскую хозяйственно-бытовую канализацию.

Данная ситуация обуславливает возникновение противоречий между ОСПОРБ-99/2010 в редакции 2013 г. [2] и основным нормативным документом по РНД *in vivo*, а именно с МУ 2.6.1.1892–04 [4]. Дело в том, что удельная радиоактивность мочи, испускаемой в туалете для больных, обычно составляет $(2-5) \times 10^5$ кБк/кг, а общий объем подобных ЖРО в подразделении РНД даже средней мощности (20–30 пациентов в день) превышает 300–400 л в день (в основном, это ЖРО с ^{99m}Tc и ^{123}I , несколько меньше с ^{18}F и ^{68}Ga , реже с ^{111}In , ^{67}Ga , ^{75}Se , ^{131}I , ^{201}Tl). В соответствии с п.3.12.10 в [2] такие ЖРО относятся к среднеактивным, причем для ряда из них в [18] установлены конкретные числовые критерии отнесения к ЖРО, в связи с чем формально требуется организовывать сбор этих ЖРО через систему спецканализации с последующей выдержкой на распад.

Тем не менее, в отечественных подразделениях РНД этого никто не делает по следующим двум причинам: 1) наибольшая доля введенной активности поступает в городскую хозяйственно-бытовую канализацию не из медицинского учреждения, а из коммунальной сети той же системы канализации от амбулаторных пациентов, находящихся у себя дома после радионуклидного исследования; 2) активность в составе сточных вод из обоих мест своего поступления подвергается сильнейшему разбавлению на своем пути по стокам и коллекторам до городской станции аэрации, особенно в городах-миллионниках. Обе эти причины приво-

дят к тому, что сбор радиоактивной мочи теряет всякий смысл не только в домашних условиях каждого пациента, но и в клинике, где этот пациент проходил радионуклидное исследование.

Есть и еще одно обстоятельство, способствующее сохранению статус-кво с отсутствием сбора радиоактивной мочи как в клиниках, так и дома. Практически все диагностические РФП метят радионуклидами, распадающимися с испусканием только γ -излучения без эмиссии β -частиц (за исключением позитронно-излучающих ^{18}F , ^{68}Ga , ^{89}Zr , ^{124}I). К ним относятся, прежде всего, ^{99m}Tc (до 80 % всех радионуклидных исследований), а также ^{123}I , ^{67}Ga , ^{111}In , ^{113m}In , ^{199}Tl , ^{201}Tl . Поэтому радиоактивная моча с такими РФП автоматически не попадает под действие табл. 3.12.1 в [2], где “чистые” γ -излучающие радионуклиды просто проигнорированы. Иначе говоря, такую γ -радиоактивную мочу в соответствии с [2] формально можно вообще не считать жидкими РАО.

Перечисленные обстоятельства обусловили наличие п. 3.14.5 в действующих теперь методических указаниях МУ 2.6.1.1892–04 [4], в соответствии с которыми наличие спецканализации в подразделениях РНД *in vivo* не требуется, а все ЖРО можно спускать непосредственно в хозяйственно-бытовую канализацию. То же самое указывается и в п.3.4.10 нормативного документа СанПиН 2.6.1.3288–15 [5] для ПЭТ-центров.

По-видимому, совокупность всех перечисленных здесь причин обуславливает факт умолчания в документах [2, 3] относительно ситуации с ЖРО в отечественной радионуклидной диагностике *in vivo*. Данное обстоятельство весьма удобно для действующих подразделений РНД, т.к. не вынуждает их идти на неоправданные экономические затраты по созданию и эксплуатации систем спецканализации, которые реально не повысили бы уровень радиационной безопасности для пациентов, персонала, населения и окружающей среды.

Таким образом, конкретные указания по обращению с ЖРО в нормативных документах [4, 5] находятся в формальном противоречии с [2], поэтому при разработке новой версии ОСПОРБ после “регуляторной гильотины” необходимо легализовать данную ситуацию, чтобы учесть многолетнюю установившуюся практику обращения с ЖРО в подразделениях РНД *in vivo* и ПЭТ-центрах, поскольку организовывать через спецканализацию централизованный

сбор и выдержку на распад радиоактивной мочи от пациентов в этих подразделениях и, тем более, вне них, то есть в домашних условиях, принципиально невозможно.

В методических рекомендациях [4] также целесообразно убрать все пункты, касающиеся ПЭТ, поскольку для этой технологии существует более детально проработанный документ СанПиН 2.6.1.3288–15 [5]. Избыточными в [4] являются требования по проведению радиационного контроля объемной активности радиоактивных аэрозолей в воздухе рабочих помещений и удельной активности сливных вод, удаляемых в хозяйственно-бытовую канализацию, поскольку в соответствии с п. 3.14.5 в том же документе [4] эти воды уже признаны отвечающими требованию радиационной безопасности. Также избыточными в [5] представляются требования по сбору и кратковременному хранению (1 сутки) технологических растворов, использованных для дезинфекции и деактивации “горячих” боксов в ПЭТ-центре, которые могут быть удалены в хозяйственно-бытовую канализацию сразу после образования без выдержки на распад.

Радионуклидная диагностика in vitro. Как и в РНД *in vivo*, при РНД *in vitro* (радиоиммунный анализ – РИА) также образуются ЖРО в виде сливаемой из пробирок несвязанной радиоактивности, доля которой обычно составляет 20–40 % от залитой в каждую пробирку активности ^{125}I . Организация работ в РИА до появления методических указаний [6] базировалась только на Приложении 4 к НРБ-99/2009 [1], где для ^{125}I была указана МЗА = 1 МБк, с учетом того, что реально на рабочем месте при РИА находится активность не более 200–500 кБк ^{125}I . В нормативном документе [6] ЖРО предписывается спускать в обычную канализацию с предварительным разбавлением (не менее 1 л воды на 20 пробирок), тогда как в [2, 3] запрещается подобное разбавление. И хотя в п.7.5 говорится не о разбавляющей воде, а о дезинфицирующей жидкости, сути дела это не меняет.

Тем не менее, в реальности практически во всех отечественных подразделениях РНД *in vitro* ЖРО теперь сливают непосредственно в канализацию, учитывая их разбавление на несколько порядков на пути к станции аэрации. Такой подход вполне отвечает элементарному здравому смыслу, особенно в тех случаях, когда *in vitro* и *in vivo* исследования проводятся в одном и том же подразделении ядерной медицины, где радиоактивная моча от больных (сотни

МБк) смешивается в одной и той же системе канализации с ЖРО от *in vitro* исследований (все-го лишь десятки кБк).

Далее, практически всегда РИА проводится с наборами, где в качестве радиоактивной метки используется радиоизотоп йода ^{125}I . Как и аналогичные метки в РНД *in vivo*, ^{125}I также не относится к β -излучающим радионуклидам, поскольку он распадается путем захвата орбитального электрона, после чего возникает только низкоэнергетическое характеристическое и γ -излучение. То есть снова ЖРО с ^{125}I не попадают под действие табл. 3.12.1 в [2], и формально такие отходы не следует идентифицировать как ЖРО. Таким образом, и в РНД *in vitro* опять же имеет место противоречие между нормативными документами [1, 6] с одной стороны и [2, 3] с другой стороны, и это необходимо учесть при разработке новой версии ОСПОРБ.

Если же считать отходы с ^{125}I жидкими РАО, то документ [6] формально противоречит требованиям как [2], так и [19], поскольку в обеих версиях ОСПОРБ указано, что запрещается разбавление жидких РАО с целью снижения их активности (см. пункт 3.12.17). Кроме того, в [2] ликвидирована ссылка на Приложение 3 документа [19], тогда как методические указания [6] базируются именно на этой ссылке.

Учитывая общее состояние неопределенности с [6] и более низкий юридический статус методических указаний [6] по сравнению с [2], следует сделать вывод о негативном влиянии ОСПОРБ-99/2010 в редакции 2013 г. на ситуацию с правомерностью проведения процедур РИА по установившейся в течение многих лет технологии. К сожалению, в проектах [8, 9] данная спорная ситуация проигнорирована, поскольку там вообще не упоминается о существовании РНД *in vitro*.

Радионуклидная терапия. Радионуклиды ^{89}Sr , ^{153}Sm и ^{188}Re достаточно давно используются в отечественной РНТ для паллиативной терапии костных метастазов. Сравнительно недавно для той же цели стали применять и α -излучающий РФП на основе ^{223}Ra . При этом лечение со ^{89}Sr выполняется в амбулаторном режиме, поскольку он является “чистым” β -излучающим радионуклидом, а с β - γ -излучающими радионуклидами ^{153}Sm , ^{188}Re и ^{223}Ra – в режиме дневного стационара. Единственным видом ЖРО при использовании этих радионуклидов для РНТ является радиоактивная моча от больных. При этом она характеризуется существенно более высокими значениями удельной ра-

диоактивности, чем это регламентируется в Приложении 5 документа [2]. Тем не менее, нет никаких ограничений и практических рекомендаций по сбору радиоактивной мочи от больных, проходящих в амбулаторном режиме курсы РНТ с этими радионуклидами, хотя формально данная ситуация в соответствии с [2] требует сбора и хранения в домашних условиях и последующего удаления всей собранной радиоактивной мочи на станцию очистки ЖРО в центре РНТ. Вполне очевидно, что перечисленные процедуры реализовать в реальной жизни невозможно. Кроме того, в соответствии с п.5.15 СПОРО-2002 [3] для ЖРО с α -излучающими радионуклидами, в том числе с α - β - γ -излучающим радионуклидом ^{223}Ra , требуется обеспечить сбор и хранение отдельно от β -излучающих ЖРО. Вполне очевидно, что перечисленные процедуры не отвечают элементарному здравому смыслу и реализовать их в реальной жизни невозможно.

Однако основное количество процедур РНТ в России и за рубежом производится с радионуклидом ^{131}I для лечения больных гипертиреозом (300–800 МБк) и дифференцированным раком щитовидной железы (3–7 ГБк). Обычно после перорального введения ^{131}I пациентов госпитализируют в стационар с пребыванием на закрытом режиме в “активных” палатах в течение 2–4 суток в зависимости от введенной активности и типа заболевания.

В соответствии с СанПиН 2.6.1.2368–08 [7], при отсутствии радиационных аварий и соблюдении технологий работы с открытыми радионуклидными источниками в отделении РНТ к среднеактивным ЖРО относятся:

- ✓ неиспользованные остатки радиоактивных растворов из флаконов, мензурок и фасовок РФП;
- ✓ сливные воды из унитаза в туалете для амбулаторных больных;
- ✓ сливные воды из унитазов, раковин и душевых установок (при их наличии) в санузлах “активных” палат;
- ✓ сливные и сточные воды из санпропускников для больных;
- ✓ сливные и сточные воды из фасовочной, генераторной и моечной.

Образующиеся ЖРО из “активных” палат поступают в систему спецканализации в соответствии с СанПиН [7]. Обычно такая система содержит несколько баков-накопителей, где ЖРО с ^{131}I выдерживаются с целью снижения удельной радиоактивности до значения, регла-

ментированного в отечественных нормативных документах.

До появления ОСПОРБ-99/2010 в редакции 2013 г. [2] мощность станции спецочистки в каждом подразделении РНТ рассчитывалась исходя из норматива 100 кБк/кг, указанного в НРБ-99/2009 [1] и в прежней версии ОСПОРБ-99/2010 в редакции 2010 г. [19]. Однако с принятием документа ОСПОРБ-99/2010 в редакции 2013 г. [2] норматив для ЖРО с ^{131}I неожиданно был ужесточен в 161 раз до 0,62 кБк/кг, что не имеет никакого внятного научного обоснования с радиационно-гигиенической и радиозоологической точек зрения. Данный переход не обсуждался широкой научной общественностью. В статье [20], описывающей историю принятия этого решения, указывается, что Роспотребнадзор и ФМБА России настаивали на сохранении в [2] критериев отнесения отходов к радиоактивным, установленных в [19]. Но Минприроды России, Госкорпорация “Росатом”, Ростехнадзор и ИБРАЭ РАН настояли на возвращении критериев отнесения жидких отходов к радиоактивным, установленных в прежней версии ОСПОРБ-99 [21], т.е. к 10 уровням вмешательства по питьевой воде. К сожалению, возобладала консервативная точка зрения, в результате чего и появились нормативные документы [2, 3]. Однако, как уже указывалось выше, в отечественной литературе отсутствуют какие-либо разумные обоснования принятого решения об ужесточении нормативов для ЖРО как вообще в радиозоологии, так и в ядерной медицине в частности, в связи с чем эти нормативы следует считать научно необоснованными. В работе [20] из Санкт-Петербургского НИИ радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева Роспотребнадзора также отмечается, что “введение волюнтаристского определения жидких радиоактивных отходов следует признать неоправданным”, с чем следует безоговорочно согласиться.

Для действующих подразделений РНТ это обуславливает необходимость модернизации станций спецочистки путем монтажа новых дополнительных баков, в которых отходы будут находиться на распаде существенно более продолжительное время (до 4 месяцев), чем ранее. При невозможности же такого монтажа (отсутствие финансирования, ограниченность рабочей площади станции) приходится снижать поток пролечиваемых больных. Кроме того, возрастание продолжительности выдержки на распад приведет к неоправданному увеличе-

нию дозы профессионального облучения персонала, занятого эксплуатацией станции спецочистки ЖРО, вследствие более продолжительного времени контакта персонала с системой спецканализации.

Таким образом, решение об ужесточении нормативов для ЖРО в [2, 3] ведет к совершенно неоправданным экономическим затратам и (или) к снижению пропускной способности отделений РНТ без какого-либо повышения уровня радиационной безопасности для населения и окружающей среды, но с неизбежным снижением того же уровня для персонала.

Что касается предложений по улучшению нормативной документации по РНТ, то в новой версии СанПиН [7] следует добавить положение о возможности приведения курсов РНТ в помещениях подразделений РНД *in vivo*, если используемый РФП предназначен для лечения в амбулаторном режиме. Ввиду очень невысокой удельной активности и большого объема необходимо разрешить слив воды из умывальников и душевых кабин в “активных” палатах не в спецканализацию, а непосредственно в хозяйственно-бытовую канализацию. Целесообразно отдельно указать, что во всех без исключения рабочих помещениях блока радионуклидного обеспечения и блока “активных” палат могут проводиться работы по II классу работ с открытыми радионуклидными источниками. Следует разрешить использование домашней одежды вместо дорогостоящей разовой одежды для больных при госпитализации в стационар, при условии ее передачи в ТРО при выписке из стационара. Избыточными в [7] представляются требования о хранении на радиоактивных распад пищевых отходов от больных и о проведении регулярного радиометрического (кроме дозиметрического) контроля персонала.

ОСПОРБ-99/2010 в редакции 2013 г., другие нормативные документы и международные рекомендации

В отличие от ранее существовавших версий ОСПОРБ, в [2] не указывается, какие именно другие нормативные документы подлежат коррекции или даже отмене в связи с новыми нормативами для ЖРО. Единственным исключением стали “Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002)”, куда в соответствии с [2] были внесены

изменения № 2 с новыми нормативами для ЖРО [3].

Проведенный выше анализ уже показал наличие противоречий требований [2] пока еще действующим нормативным документам [4–7]. Но, что еще более удивительно, требования [2] не соответствуют и НРБ-99/2009 [1], т.е. документу с наиболее высоким юридическим статусом. В частности, для ^{131}I в НРБ-99/2009 указан норматив по минимально значимой активности (МЗУА), равный 100 кБк/кг. Конечно, величины МЗУА в НРБ и критерии ЖРО в [2, 18] имеют принципиально различный смысл и различные области практического применения. Однако в обоих документах отсутствуют какие-либо внятные рекомендации по практическому применению этих величин в той или иной ситуации. Об устранении указанного противоречия авторы ОСПОРБ-99/2010 в редакции 2013 г. никак не озаботились.

В Публикациях МКРЗ [10] и докладах МАГАТЭ [12–15] представлены общие принципы и рекомендации по обращению с РАО, в том числе и с ТРО и ЖРО в медицине, которые вполне гармонизированы с отечественными нормативными документами [1, 4–7].

Что касается соответствия требований документов [2, 3] международным рекомендациям, то и здесь имеются противоречия. В частности, в Публикации 1202 МАГАТЭ [12] для удельной активности ^{131}I указан норматив изъятия или освобождения от контроля, составляющий 10 кБк/кг, в отличие от норматива 0,62 кБк/кг в действующей теперь версии ОСПОРБ-99/2010. В более поздней Публикации 1578 МАГАТЭ [14] тот же норматив был смягчен уже до 100 кБк/кг, что формально совпадает с нормативом для МЗУА в НРБ-99/2009 [1]. Далее, в Публикации 1207 МАГАТЭ [13] указывается, что отходы, возникающие при РНД *in vitro*, вообще не следует считать радиоактивными, сбор радиоактивной мочи в подразделениях РНД *in vivo* нецелесообразен, а также что при РНТ вполне возможно прибегать к разведению ЖРО перед их сбросом в хозяйственно-бытовую канализацию.

Особый интерес представляет собой Публикация 94 МКРЗ [11], где указывается, что возведение станций спецочистки ЖРО в подразделениях РНТ нецелесообразно, т.к. они требуют больших затрат на строительство и эксплуатацию (до 80 % от общей стоимости радиологического корпуса) и не обеспечивают повышения уровня радиационной безопасности

ни для персонала, ни для населения, ни для окружающей среды, не соответствуя известному принципу ALARA. Разведение сбрасываемых ЖРО на несколько порядков в хозяйственно-бытовой канализации обеспечивает эффективные дозы профессионального облучения работников городских станций аэрации всего лишь 40–240 мкЗв/год, причем большую часть этой дозы обуславливают ЖРО не с ^{131}I от РНТ, а с $^{99\text{m}}\text{Tc}$ в радиоактивной моче пациентов, проходящих РНД *in vivo*. Та же самая точка зрения подтверждена и в Технических докладах 1183 и 1608 МАГАТЭ [16, 17], где снова указывается как на целесообразность разведения ЖРО из подразделений РНТ, так и на возможность прямого сброса в хозяйственно-бытовую канализацию тех же ЖРО без предварительного разбавления при наличии развитой городской инфраструктуры водоотведения.

Это означает, что МКРЗ и МАГАТЭ не только не видят необходимости в каком-либо ужесточении рекомендаций по сбросу отходов с ^{131}I в общую канализацию, но и вообще придерживаются мнения о разумности и допустимости подобного сброса без какой-либо выдержки медицинских ЖРО на распад. В соответствии с основными принципами деятельности МКРЗ и МАГАТЭ, указанные рекомендации жестко не навязываются, и вопрос о целесообразности выдержки на распад ЖРО в подразделениях РНТ предлагается решать в соответствии с национальным законодательством по радиационной безопасности. Тем не менее, в настоящее время в странах Сев. Америки, Зап. Европы, Австралии и Японии постепенно происходит процесс выведения их эксплуатации станций спецочистки ЖРО в подразделениях ядерной медицины, особенно в крупных городах, вследствие их неэффективности в обеспечении радиационной безопасности и экономической нецелесообразности дальнейшего функционирования этих станций.

Выводы

1. Наличие кардинальных противоречий в действующих теперь ОСПОРБ-99/2010 в редакции 2013 г. с целым рядом отечественных нормативных документов и международных рекомендаций показывает слабую профессиональную проработку требований этого документа, а совершенно нелепый по величине разрыв между старыми и новыми

нормативами (более 160 раз для ^{131}I и до 200 раз для других радионуклидов) наводит на мысль о конъюнктурном, а не научном, характере принятых изменений.

2. Особенно выражено негативное влияние ОСПОРБ-99/2010 в редакции 2013 г. на работу подразделений радионуклидной терапии, вынужденных прибегать к неоправданным экономическим затратам без повышения уровня радиационной безопасности для пациентов, населения и окружающей среды при одновременном реальном снижении уровня радиационной безопасности для персонала этих подразделений.
3. Проанализированная здесь ситуация обуславливает необходимость отмены необоснованных нормативов по ЖРО в ядерной медицине, а также разработки отдельного нормативного документа (желательно СанПиНа) по обращению с ТРО и ЖРО в подразделениях радионуклидной диагностики *in vivo*, *in vitro* и радионуклидной терапии.
4. После прекращения действия “регуляторной гильотины” указанные противоречия должны быть сняты в разрабатываемом проекте общих санитарно-эпидемиологических требований в области радиационной безопасности, причем соответствующие гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности в этом документе должны быть гармонизированы, прежде всего, с НРБ-99/2009 и с международными рекомендациями, а также должны отвечать сложившейся многолетней практике отечественной и зарубежной ядерной медицины.
5. В долгосрочной перспективе целесообразно поставить вопрос о возможности признания всех жидких отходов в подразделениях ядерной медицины нерадиоактивными с изъятием их из-под радиационного контроля, а также о постепенном выведении из эксплуатации действующих теперь станций спецочистки ЖРО в отечественных подразделениях радионуклидной терапии в соответствии с международными рекомендациями.

Список литературы

1. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. СанПиН 2.6.1.2523-09. [Standards of radiation safety NRB-99/2009. SanPiN 2.6.1.2523-09 (In Russian)].

2. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010. СП 2.6.1.2612-10. (в ред. изменений № 1, утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 16.09.2013 № 43). [Basic sanitary rules for ensuring radiation safety OSPORB-99/2010. SP 2.6.1.2612-10. (changes No. 1, approved by the decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of September 16, 2013 No. 43) (In Russian)].
3. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами СПОРО-2002. Изменения и дополнения № 1 к СП 2.6.6.1168-02. СанПиН 2.6.6.2796-10. [Sanitary rules for radioactive waste management SPORO-2002. Changes and additions No. 1 to SP 2.6.6.1168-02. SanPiN 2.6.6.2796-10 (In Russian)].
4. Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов. МУ 2.6.1.1892-04. [Hygienic requirements for ensuring radiation safety during radionuclide diagnostics using radiopharmaceuticals. MU 2.6.1.1892-04 (In Russian)].
5. Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при подготовке и проведении позитронной эмиссионной томографии. СанПиН 2.6.1. 3288-15. [Hygienic requirements for ensuring radiation safety during the preparation and conduct of positron emission tomography. SanPiN 2.6.1. 3288-15 (In Russian)].
6. Обеспечение радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики методами радиоиммунного анализа *in vitro*. МУ 2.6.1.2808-10. [Ensuring radiation safety during radionuclide diagnostics using *in vitro* radioimmunoassay methods. MU 2.6.1.2808-10 (In Russian)].
7. Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении лучевой терапии с помощью открытых радионуклидных источников. СанПиН 2.6.2368-07. [Hygienic requirements for ensuring radiation safety during radiation therapy using open radionuclide sources. SanPiN 2.6.2368-07 (In Russian)].
8. Проект постановления Главного государственного санитарного врача РФ “Об утверждении санитарно-эпидемиологических требований в области радиационной безопасности” <https://regulation.gov.ru/projects#search=01/02/11-20/00110596> (дата обращения 28.10.2021). [Draft decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation “On approval of sanitary and epidemiological requirements in the field of radiation safety” <https://regulation.gov.ru/projects#search=01/02/11-20/00110596> (date of treatment 10/28/2021) (In Russian)].
9. Письмо Роспотребнадзора № 02/19954-2021-23. [Letter of Rospotrebnadzor No. 02 / 19954-2021-23 (In Russian)].
10. ICRP Publication 77. Radiological protection policy for the disposal of radioactive waste. Annals of ICRP. 1997; 27: 1-21.
11. ICRP Publication 94. Release of Nuclear Medicine Patients after Therapy with Unsealed Sources. Annals of ICRP. 2004; 34(2): 1-80.
12. Применение концепций исключения, изъятия и освобождения от контроля. МАГАТЭ, Вена, 2006 STI/PUB 1202. [Application of the concepts of exclusion, exemption and exemption from control. IAEA, Vienna, 2006 STI / PUB 1202 (In Russian)].
13. Applying radiation safety standards in nuclear medicine. IAEA, Vienna, 2005, STI/PUB/1207.
14. Radiation protection and safety of radiation sources : international basic safety standards. IAEA, Vienna, 2014. STI/PUB/1578.
15. Clearance of materials resulting from the use of radionuclides in medicine, industry and research. IAEA, Vienna, 1998, IAEA-TECDOC-1000.
16. Management of radioactive waste from the use of radionuclides in medicine. IAEA, Vienna, 2000, IAEA-TECDOC-1183.
17. Nuclear Medicine in Thyroid Cancer Management: A Practical Approach. Vienna, 2009, IAEA-TECDOC-1608.
18. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 октября 2012 г. № 1069 “О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радио-активным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов”. [Decree of the Government of the Russian Federation of October 19, 2012 No. 1069 “On criteria for classifying solid, liquid and gaseous waste as radioactive waste, classifying radioactive waste as special radioactive waste and removable radioactive waste and

- classification criteria for removed radioactive waste.” (In Russian)].
19. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010. СП 2.6.1.2612–10. [Basic sanitary rules for ensuring radiation safety OSPORB-99/2010. SP 2.6.1.2612–10 (In Russian)].
 20. Романович ИК, Барковский АН. О новых критериях отнесения отходов к радиоактивным и об изменениях, внесенных в ОСПОРБ-99/2010 и СПОРО-2002. Радиационная гигиена. 2014; 7(1): 30-5. [Romanovich I.K., Barkovsky A.N. On new criteria for classifying waste as radioactive and on the changes introduced to OSPORB-99/2010 and SPORO-2002. Radiation Hygiene, 2014, 7, No. 1, pp. 30–35 (In Russian)].
 21. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99. СП 2.6.1.799-99. [Basic sanitary rules for ensuring radiation safety OSPORB-99. SP 2.6.1.799-99 (In Russian)].

ANALYSIS OF THE STATE OF THE PROBLEM OF RADIOACTIVE WASTE IN NUCLEAR MEDICINE

B. Ya. Narkevich

N.N. Blokhin National Research Center of Oncology, Moscow, Russia

Association of Medical Physicists of Russia, Moscow, Russia

Topical issues of solid and liquid radioactive waste management in the divisions of radionuclide diagnostics and radionuclide therapy of domestic medical organizations are considered. The compliance of the established practice of handling with the relevant requirements of the Rospotrebnadzor regulatory documents and the recommendations of the ICRP and the IAEA was considered. The presence of a number of provisions is shown that are not scientifically substantiated and do not correspond to international recommendations and long-term practice of Russian and world nuclear medicine. A number of proposals have been developed for the introduction of appropriate changes in the developed normative documents intended for practical use after the “regulatory guillotine”.

Key words: *radiation safety, nuclear medicine, radioactive waste, regulatory documents, “regulatory guillotine”*

E-mail: narvik@yandex.ru