

**Б.Я. Наркевич^{1,2}, В.А. Костылев², А.В. Левчук^{2,3}, Б.И. Долгушин¹,
С.И. Ткачев¹, С.В. Ширяев¹**

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОЛОГИИ.

Часть 1. Проектные и организационные аспекты радиологических технологий

**B. Ja. Narkevich^{1,2}, V.A. Kostylev², A.V. Levchuk^{2,3}, B.I. Dolgushin¹,
S.I. Tkachev¹, S.V. Shiryaev¹**

Radiation Safety in Medical Radiology.

Part 1. The Design and Management of Radiological Technologies

РЕФЕРАТ

Цель: Систематизировать и сформулировать основные положения и рекомендации по обеспечению радиационной безопасности в медицинской радиологии.

Материал и методы: Проанализированы отечественные и международные нормативные документы и рекомендации по обеспечению радиационной безопасности при проведении лечебных и диагностических процедур с использованием средств и технологий лучевой терапии, ядерной медицины, рентгенодиагностики и интервенционной радиологии. Обобщены литературные данные и собственный практический опыт по обеспечению радиационной защиты пациентов, персонала, населения и окружающей среды при реализации высоких радиологических технологий.

Результаты: Конкретизированы требования и рекомендации по проектированию при строительстве новых и модернизации действующих радиологических корпусов. Рассмотрены и сформулированы рекомендации по организации технологических процессов в подразделениях лучевой терапии и лучевой диагностики с учетом необходимости обеспечить радиационную безопасность пациентов и персонала.

Выводы: Представленный материал будет полезен для проектировщиков радиологических корпусов, контролирующих органов Ростехнадзора и Роспотребнадзора, администрации радиологических и онкологических клиник, врачебного и инженерного персонала подразделений лучевой терапии, ядерной медицины, рентгенодиагностики и интервенционной радиологии.

Ключевые слова: *радиационная безопасность, медицинская радиология, проектирование радиологических корпусов, организация радиологических технологий*

ABSTRACT

Purpose: To systematize and to formulate the basic demands and recommendations for maintenance of radiation safety in medical radiology.

Material and methods: The national and international regulative documents and recommendations for maintenance of radiation safety are analyzed for elaboration of therapeutic and diagnostic procedures applying means and technologies of radiation therapy, nuclear medicine, diagnostic radiology and intervention radiology. The literary data and own practical experience on maintenance of radiation protection of the patients, staff, population and environment are generalized for application of high-tech radiological technologies.

Results: The requirements and recommendations for maintenance of radiation safety of the personnel, population and environment are specified for the elaboration of procedures of radiation therapy, nuclear medicine, diagnostic radiology and intervention radiology. The requirements and recommendations for designing are specified to design new radiological buildings and to modernize existing ones.

Conclusions: The submitted material will be useful to the designers of radiological buildings, administration of radiology and oncology clinics, personnel of divisions of radiation therapy, nuclear medicine, diagnostic radiology and intervention radiology.

Keywords: *radiation safety, medical radiology, design of radiological buildings, radiological management*

¹ ГУ Российский онкологический научный центр им. Н.Н. Блохина РАМН, 115478 Москва, Каширское ш. 24

² Институт медицинской физики и инженерии, 115478 Москва, Каширское ш. 24

³ Московский отдел инспекций радиационной безопасности Центрального межрегионального территориального округа по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Ростехнадзора, Москва

¹ N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center of RAMS, Lab. of Nuclear Medicine,

24 Kashirskoe highway, 115478 Moscow, Russia

² Institute of Medical Physics and Engineering,

24 Kashirskoe highway, 115478 Moscow, Russia

Значительный объем представляемого материала обуславливает разделение его по четырем последовательно публикуемым сообщениям:

1. Проектировочные и организационные аспекты радиологических технологий.
2. Обеспечение радиационной безопасности пациентов.
3. Обеспечение радиационной безопасности персонала, населения и окружающей среды.
4. Профилактика и устранение последствий радиационных аварий в медицинских учреждениях.

И конце сообщения 4 будет приведен список действующей в настоящее время нормативной документации по радиационной безопасности в медицинской радиологии.

Введение

Лучевая терапия, ядерная медицина, рентгенодиагностика и интервенционная радиология основаны на широком применении различных источников ионизирующих излучений в самых разнообразных технологиях диагностики и лечения. В настоящее время в медицинских учреждениях России функционируют около 200 подразделений лучевой терапии, свыше 300 подразделений ядерной медицины, а количество рентгенодиагностических аппаратов составляет несколько десятков тысяч. Проходя диагностику и лечение с использованием источников ионизирующих излучений, медицинскому облучению подвергаются ежегодно многие миллионы людей.

Но воздействию излучения подвергаются не только пациенты, но и персонал, отдельные лица из населения и, в некоторых ситуациях, окружающая среда. Вполне очевидно, что применение средств и технологий медицинской радиологии должно обеспечивать как достижение поставленных медицинских целей для пациентов, т.е. получение достоверной диагностической информации и клинически выраженного терапевтического эффекта, так и отсутствие какого-либо ущерба для здоровья при профессиональном облучении персонала и вынужденном облучении некоторых лиц из населения. Для этого необходимо проведение целого комплекса мер по радиационной защите всех лиц, облучаемых при медицинских процедурах.

Иначе говоря, должны быть обеспечены необходимые меры радиационной безопасности (РБ) этих лиц. При этом под РБ понимают комплекс научно обоснованных мероприятий по обеспечению адекватной защиты от воздействия ионизирующего излучения. Он содержит: критерии оценки опасности ионизирующего излучения для пациентов, персонала, населения и окружающей среды; способы и средства оценки радиационной обстановки, ее контроля и прогнозирования; проектные, технические, санитарно-гигиенические и организационные мероприятия, обеспечивающие безопасные для здоровья условия использования ионизирующего излучения в медицине.

Проектировочное решение каждого радиологического корпуса и организация всех технологических процессов лечения и диагностики, связанных с использованием источников ионизирующих излучений, должны не только соответствовать назначению, характеру и количеству радиологических процедур, но и обеспечивать выполнение всех необходимых требований по обеспечению РБ.

Поэтому планировка помещений радиологического корпуса и организация радиационно-технологических процессов в этих помещениях должны отвечать следующим требованиям:

- адекватный медицинский менеджмент пациентов, включающий удобный вход и выход из радиологического корпуса, удобную транспортировку лежащих больных, непродолжительное ожидание своей очереди на радиологические процедуры, отсутствие дискомфорта при их проведении, психологическое обеспечение радиологических процедур и т.д.;
- гарантия качества всех радиационно-технологических операций, выполняемых в данном радиологическом подразделении;
- адекватная радиационная защита пациентов, персонала и посетителей радиологического подразделения;
- пространственная, временная и функциональная интеграция в другие медицинские процедуры и технологии, выполняемые в остальных структурных подразделениях данной клиники;
- обеспечение оптимального функционального пространства и необходимого оснащения для штатной работы персонала и ликвидации нештатных ситуаций (радиационных аварий).

Лучевая терапия

В плане обеспечения РБ следует различать три группы радиационно-терапевтических технологий: 1) дистанционное облучение; 2) контактное облучение с низкой мощностью дозы (несколько мГр/мин); 3) контактное облучение с высокой мощностью дозы (десятки и сотни мГр/мин). В зависимости от вида конкретной технологии требования к помещениям и к организации процессов облучения существенно различаются.

Дистанционное облучение

Для проведения дистанционного облучения больных пучками гамма-квантов, тормозного излучения, быстрых электронов и адронов (протонов, нейтронов, ионов) должно быть запланировано наличие следующих функциональных помещений:

1. Помещения для ожидания больными своей очереди на облучение и на остальные технологические процедуры лучевой терапии. Они должны быть изоли-

- рованы от других помещений клиники аналогичного назначения, где пациенты ожидают своей очереди на проведение диагностических, лечебных и других процедур, не относящихся к лучевой терапии. Площадь помещения для ожидания рассчитывается, исходя из нормы 12 пациентов на один радиационно-терапевтический аппарат, а для больных, ожидающих своей очереди в кабинет врача-радиолога (радиационного онколога) – из расчета восемь пациентов на одного врача. Площадь проектируемых помещений для ожидания должна обеспечивать также размещение и свободный провоз в каньон аппарата каталок с лежащими больными.
2. Кабинет для размещения рентгеновского симулятора или компьютерного симулятора-томографа. Его габаритные размеры (площадь и высота) должны обеспечивать беспрепятственное и безопасное для больного и персонала перемещение всех подвижных частей томографа, в том числе до их крайних положений. Здесь же следует предусмотреть небольшую кладовую для хранения средств иммобилизации и формирующих блоков. Радиационная защита должна рассчитываться на основе действующих нормативных документов по РБ при использовании рентгенодиагностических аппаратов (документы [5, 8, 35] в списке нормативной документации); данный расчет должен выполняться лицензированной проектной организацией.
 3. Кабинет дозиметрического планирования должен быть размещен поблизости от кабинета с симулятором, желательно быть смежным с ним, причем оба кабинета должны быть связаны коммуникационными линиями локальной компьютерной сети с целью передачи топометрической информации для дозиметрического планирования. Площадь кабинета должна обеспечивать размещение нескольких рабочих мест (в зависимости от кадрового обеспечения), оборудованных компьютерами, видеомониторами, принтерами, графопостроителями, устройствами ввода графической информации (дигитайзерами) и т.д. При этом рекомендуется для удобства работы дигитайзер и видеомонитор на каждом рабочем месте размещать не в линию, а под прямым углом друг к другу.
 4. Кабинет для изготовления средств формирования пучка излучения и индивидуальных средств иммобилизации больного. Размеры кабинета должны обеспечивать свободное размещение оборудования для разметки, отливки, резки и монтажа формирующих блоков и индивидуальных средств иммобилизации, а также рабочего стола для их подгонки к конфигурации тела лежащего на столе пациента. Необходимо предусмотреть кладовую для хранения расходуемых материалов и использованных блоков и иммобилизаторов. Система вентиляции должна обеспечивать более высокую кратность воздухообмена по сравнению с остальными кабинетами для удаления газов и аэрозолей, образующихся при изготовлении указанных блоков и средств иммобилизации.
 5. Один или несколько кабинетов должны быть выделены для размещения средств модификации радиочувствительности облучаемых патологических тканей и (или) всего организма больного (лазерная терапия, магнитотерапия, локальная и общая гипертермия, газовая гипоксия и т.д.). Кабинеты для гипертермии и магнитотерапии должны быть оборудованы системами эффективного электромагнитного экранирования установок с ложами для размещения пациента в положении лежа, а кабинет для гипоксии – оборудованием для приготовления газовых смесей и отдельной кладовой для хранения баллонов с газами и линиями коммуникаций для подачи газовых смесей на ингалятор в каньоне ускорителя.
 6. Кабинет для собственно терапевтического облучения, т.е. каньон ускорителя или гамма-терапевтического аппарата с пультовой для размещения системы управления облучением. Размеры каньона (площадь и высота) должны обеспечивать беспрепятственное и безопасное для пациента и персонала перемещение всех подвижных частей аппарата, в том числе до их крайних положений. Кроме того, размеры каньона должны обеспечивать возможность облучения всего тела пациента в положении стоя. Толщины радиационной защиты аналогично кабинету для симулятора должны рассчитываться лицензированной проектной организацией (документы [5, 10, 34, 37] в списке нормативной документации). При этом толщины определяются в зависимости от близости расположенных за защитой смежных с каньоном помещений и от времени пребывания в них персонала и посетителей: чем больше их посещаемость, тем дальше это помещение должно быть расположено от каньона или тем толще должна быть защита, и наоборот.
- Проход в каньон из помещения для ожидания должен быть удобным как для перемещения ходячих и лежащих больных, так и для перевозки и монтажа оборудования. При невозможности выполнения последнего из этих требований следует предусмотреть наличие в радиационной защите монтажного проема с размерами, которые несколько превышают соответствующие габариты устанавливаемого в каньоне оборудования; после выполнения монтажа проем должен быть заложено защитными блоками. Конфигурация их совокупности должна обеспечивать такую же кратность ослабления излучения, как и остальная часть стены вне проема.

В каньоне или в непосредственной близости от него должна быть предусмотрена кладовая для хранения постоянно используемых при облучении устройств и оборудования (средства иммобилизации, формирующие блоки, аппаратура и приспособления для контроля качества облучения и т.д.).

Входная дверь в каньон должна отвечать следующим требованиям: а) легкость открывания и закрывания (каньон посещается до 100 раз в сутки, и тяжелую дверь трудно открывать и закрывать многократно, особенно женщинам); б) материал и толщина полотна двери должны обеспечивать непревышение установленных пределов дозы профессионального облучения персонала, находящегося в пультовой; в) тем не менее, данное требование должно быть обеспечено, главным образом, конфигурацией защитного лабиринта в каньоне и, в меньшей степени, конструкцией самой двери; г) открывание и закрывание двери желательно выполнять вручную, т.к. электромоторный привод имеет высокую стоимость, работает медленно и характеризуется сравнительно непродолжительным интервалом времени наработки на отказ; д) на двери должен быть хорошо различимый знак радиационной опасности установленной формы; е) дверь должна свободно открываться изнутри каньона во избежание аварийного облучения персонала.

На входе в каньон должно быть установлено не менее двух систем блокировки (основная и резервная). Они должны отвечать следующим требованиям: а) они должны выключать пучок излучения ускорителя сразу после открывании входной двери каньона или возвращать радионуклидный источник из радиационной головки гамма-терапевтического аппарата в камеру-хранилище; б) повторное включение пучка должно выполняться только при закрывании двери и активации пусковой кнопки на управляющем пульте; в) они должны быть надежно гарантированы от сбоев и отказов в работе; г) над дверью должен быть установлен световой указатель, горящий красным светом при включенном пучке излучения и зеленым – при выключенном; д) резервная блокировка должна включаться автоматически при отказе основной системы блокировки.

Рекомендуется также установить систему автоматического контроля количества лиц в каньоне, не позволяющую начать облучение при наличии в нём более чем одного человека.

В каньоне должна быть смонтирована кнопка аварийного выключения аппарата, причем должен быть обеспечен удобный доступ к ней персонала, так чтобы при любых положениях радиационной головки аппарата относительно облучаемого пациента не нужно было пересекать первичный пучок излучения.

Кроме того, в каньоне должны быть смонтированы: а) устройства для настенного прикрепления систем лазерной центрации пучка на изоцентр поля облучения; б) устройства видеонаблюдения за больным без “мертвых” зон всего пространства каньона; в) устройства двусторонней аудиосвязи между больным и оператором, проводящим облучение; г) радиационный монитор для регистрации рассеянного излучения с автономным (батарейным или аккумуляторным) источником электропитания, причем показания монитора должны быть ясно различимыми уже при входе в защитный лабиринт; д) устройство плавного регулирования уровня освещенности; е) автономная система аварийного освещения.

Прокладку кабелей и линий других коммуникаций следует выполнять вдоль защитного лабиринта в закрытых коробах. При необходимости их прокладки по каналам, проходящим непосредственно через радиационную защиту, следует предусмотреть такую конфигурацию каналов, которая обеспечивает свободный доступ к коммуникациям при их ремонте и не образует пустот в стенах радиационной защиты на пути прохождения пучка первичного излучения. Входные проемы каналов в стенах радиационной защиты от вторичного (рассеянного) излучения должны быть заложены дополнительными защитными пластинами или блоками.

Размеры пультовой должны обеспечивать рациональное размещение пульта управления, устройств телевизионного наблюдения за пациентом, контроля продолжительности облучения, двусторонней аудиосвязи, электронной портальной визуализации и всех остальных систем компьютерного управления процессом облучения. Кроме того, конфигурация и размеры пультовой должны обеспечивать удобный подход и подвоз каталки с больным к входной двери каньона.

Параметры освещенности и вентиляции каньона, температуры и влажности воздуха должны соответствовать обычным требованиям для медицинских учреждений.

Низкодозовое контактное облучение

Все помещения этого блока должны находиться рядом друг с другом, чтобы снизить расстояния транспортировки как больных, так и источников излучения. Должна быть исключена необходимость транспортировки больных с введенными в организм закрытыми источниками излучения. В обязательный набор помещений входят:

1. Кабинет-хранилище для хранения источников и для подготовки их к введению в тело пациента. В нем должен находиться защитный сейф для хранения источников, снабженный надежным замком и схемой размещения источников во внутреннем

пространстве сейфа. Стены самого хранилища в дополнительной радиационной защите не нуждаются, т.к. при правильном хранении в сейфе низкодозовых источников обеспечивается необходимый уровень РБ персонала. Необходимо также снабдить входную дверь стальной обшивкой, надежными запорами, замком и охранной сигнализацией с выходом сигнала на центральный пульт охраны медицинского учреждения или отделения МВД. Площадь помещения должна быть достаточной для обеспечения всех процедур получения источников, их хранения, подготовки к облучению, калибровки и возвращения источников в сейф после завершения терапевтических процедур, а также для их выдержки на распад по истечении срока эксплуатации. Выдержка на распад может также производиться и при перемещении отработавших источников в специальное хранилище радиоактивных отходов с достаточной радиационной защитой.

2. Кабинет-операционная. В нем производится введение эндостатов и аппликаторов в тело больного и осуществляется контроль правильности расположения катетеров, эндостатов и аппликаторов с помощью рентгеноскопического аппарата, установленного здесь же. Аппарат также должен обеспечивать возможность многопроекционной рентгенографии для дозиметрического планирования облучения. Здесь же должно быть размещено оборудование для анестезии и для хранения и стерилизации зондов, катетеров, эндостатов и т.п. Необходимо предусмотреть слив в канализацию для промывки аппликаторов и эндостатов, оборудованный раковиной с защитной сеткой для предотвращения потери источника при промывании.
3. Кабинет дозиметрического планирования должен быть поблизости от операционной, но не обязательно смежным с ней. Его площадь должна быть достаточной для размещения компьютерного оборудования и устройств оцифровки изображений на такое количество рабочих мест, которое необходимо для обеспечения бесперебойной работы блока низкодозового контактного облучения.
4. Палаты, куда больные доставляются после введения эндостатов с источниками для достаточно продолжительного контактного облучения, часто называют "активными". Желательно, чтобы они были одноместными. Если палаты проектируются на два и более мест, то в непосредственной близости от каждой кровати должны быть установлены радиационно-защитные барьеры. Их конфигурация, материал и толщина должны максимально обеспечивать снижение облучения каждого больного от остальных пациентов в той же палате. Расчет барьеров и защитных стен "активных" палат должен вы-

полняться лицензированной проектной организацией с участием медицинского физика учреждения-заказчика (ссылки [5, 10, 34, 37] в списке нормативных документов). В палатах должно быть установлено все необходимое оборудование для надежной и безопасной эксплуатации использованных для контактного облучения источников, в том числе контейнер для их аварийного удаления, устройство для подачи и регулировки поступления сжатого воздуха, радиационный монитор с устройством бесперебойного электропитания, блокировка для предотвращения несанкционированного доступа в палаты и т.д. На двери каждой палаты должен быть установлен знак радиационной опасности.

Рекомендуется помимо обязательных индивидуальных дозиметров, носимых на груди, снабжать персонал и перстневыми индивидуальными дозиметрами для контроля лучевой нагрузки на кисти рук у работающих с радионуклидными источниками.

Высокодозовое контактное облучение

Набор помещений в блоке облучения с высокой мощностью дозы примерно такой же, как и в низкодозовом блоке: операционная, кабинет радиографического контроля, дозиметрического планирования и лечебное помещение. Все они должны быть расположены поблизости друг от друга, чтобы обеспечивать максимальную пропускную способность и одновременно удовлетворять всем требованиям обеспечения радиационной безопасности.

В зависимости от финансовых и строительных возможностей заказчика допустимы следующие комбинации помещений:

- объединение операционной, радиографического и лечебного кабинетов в одном и том же помещении: положение эндостата контролируется сразу же после его введения, исключается транспортировка пациента из одного кабинета в другой, но снижается пропускная способность;
- объединение только операционной и радиографического кабинета: пропускная способность возрастает, но возникают трудности, связанные с обеспечением стерильности;
- все три кабинета отдельные, но расположены рядом друг с другом, чтобы исключить возможность смещения уже введенного в тело пациента эндостата во время транспортировки.

Требования к операционной и к кабинету дозиметрического планирования такие же, как в блоке низкодозового контактного облучения. При большом потоке больных целесообразно иметь также дополнительную операционную для амбулаторных пациентов, которым не требуется анестезия для размещения катетера или аппликатора, в связи с чем все хирургические

манипуляции производятся по упрощенной схеме. Здесь же следует установить рентгеноскопический аппарат для оперативного контроля положения эндостата и коррекции этого положения в случае необходимости, а также для двухпроекционной рентгенографии или рентгеностереосъемки для дозиметрического планирования.

Требования к лечебному кабинету здесь гораздо жестче, чем при низкодозовом контактном облучении, и приближаются к требованиям для каньонов дистанционного терапевтического облучения. Здесь, прежде всего, необходим расчет радиационной защиты кабинета, в том числе стен, пола, потолка (если только кабинет не расположен на первом этаже). Такой расчет выполняется, исходя из геометрии расположения источников в их крайних положениях, определяемых конструкцией гамма-терапевтического аппарата и его расположением в кабинете. Следует учитывать, что в отличие от дистанционных аппаратов при контактном облучении с высокой мощностью дозы источник жестко не фиксируется и не коллимируется, в связи с чем расчет толщины стен и потолка должен выполняться по исходному нерассеянному излучению источника, т.е. как для первичных радиационно-защитных барьеров. По этой причине уже готовые для дистанционных облучателей каньоны могут не годиться для размещения в них высокодозовых аппаратов контактного облучения.

Пультовая должна находиться рядом с лечебным кабинетом, но рабочее место за пультом управления должно находиться вне прямой видимости входной двери в лечебный кабинет. Пультовая и кабинет должны быть оснащены замкнутой телевизионной системой наблюдения за больным и двусторонним переговорным устройством, негатоскопом для просмотра рентгенограмм и КТ-изображений. Необходимо также оборудовать для аварийного удаления источника из тела больного в контейнер временного хранения в безопасном положении, если источник нельзя извлечь в штатном режиме. На входной двери должна быть установлена блокировка, которая автоматически возвращает источник в контейнер-хранилище аппарата при несанкционированном открывании входной двери, световой индикатор наличия облучения типа “включено—выключено”, а на наружной поверхности двери должна быть нанесена маркировка со знаком радиационной опасности, указанием типа радионуклида и его номинальной активности. В самом лечебном кабинете необходимо установить монитор излучения с автономным электропитанием для контроля радиационной обстановки в помещении, причем прибор может быть снабжен пороговым устройством, срабатывающим при уровне мощности дозы выше порога.

Ядерная медицина

Радионуклидная диагностика *in vivo*

Подразделение радионуклидной диагностики (РНД) должно размещаться в помещениях, сгруппированных в блоки: а) радионуклидного обеспечения (“горячая” лаборатория); б) радиодиагностических исследований *in vivo*; в) общих и технических помещений. В блоках а) и б) рекомендуется выбирать II класс работ при проектировании новых и реконструкции уже действующих помещений радиологического корпуса, хотя по формальным ограничениям при недостатке финансирования может быть вполне обоснованно принят и III класс работ с открытыми источниками.

Состав и площади помещений подразделения РНД *in vivo* выбираются в зависимости от количества и состава пациентов, аппаратного и технологического обеспечения, количества и ассортимента используемых радиофармпрепаратов (РФП), кадрового обеспечения, финансирования строительства, оснащения и сервисного обслуживания и т.д. К обязательным помещениям блока радионуклидного обеспечения относятся:

- помещение для приемки и распаковки транспортных упаковок с РФП;
- хранилище РФП;
- хранилище твердых радиоактивных отходов;
- генераторная для размещения радионуклидных генераторов;
- фасовочная РФП, объединенная с моечной;
- основная и резервная процедурные;
- туалет для пациентов;
- санпропускник для персонала и, в случае радиационной аварии, для пациентов.

Аналогичным образом, в блоке радиодиагностических исследований *in vivo* должны быть:

- кабинеты для гамма-камеры и (или) для радиометрии *in vivo*;
- кабинеты гамма-томографов (установок для ОФЭКТ);
- пульты;
- помещения для пациентов, ожидающих очереди на исследование.

Полы и стены помещения II класса работ должны быть покрыты слабо сорбирующими радиоактивность материалами, снабженными соответствующими сертификатами и стойкими к процедурам и средствам дезактивации. Края покрытия полов должны быть подняты и заделаны заподлицо со стенами, причем количество стыков между отдельными листами покрытия должно быть минимальным.

Необходимо так спланировать помещения блоков а) и б), чтобы обеспечить минимальную протяженность маршрутов перемещения РФП, радионуклидных генераторов и радиоактивных отходов (РАО)

по коридорам и кабинетам, а также максимально возможное разделение по времени и пространству потоков источников излучения и пациентов.

В подразделении необходимо предусмотреть отдельный вход для персонала и амбулаторных пациентов, а также отдельный вход со стальной дверью под охранной сигнализацией для приемки упаковок с РФП и вывоза радиоактивных отходов, к которому следует обеспечить удобный подъезд и разгрузку специальных грузовых автомашин. Сами помещения не должны быть проходными для лиц, не имеющих направления на радиодиагностические исследования.

Материал и толщина защитных стен, покрытий и перегородок помещений определяются лицензированной проектной организацией при непосредственном участии медицинского физика из учреждения-заказчика.

Помещения для приемки РФП, генераторную, фасовочную и процедурную рекомендуется в порядке их перечисления сделать смежными, с передаточными окнами между ними. Могут быть объединены генераторная с моечной, моечная – с фасовочной или основной процедурной, а хранилище РФП – с помещением для приемки РФП. В моечной и фасовочной должны быть установлены глубокие раковины из нержавеющей стали со сливом в хозяйственно-бытовую канализацию. В генераторной, фасовочной и обеих процедурных устанавливаются вытяжные шкафы с локальной радиационной защитой (свинцовые блоки, защитные экраны и т.п.) для размещения в них радионуклидных генераторов и оборудования для фасовки РФП. В хранилище радиоактивных отходов должна быть защитная стенка, за которой размещаются пластиковые мешки с твердыми радиоактивными отходами для выдержки на распад. Туалеты для больных и персонала должны быть отдельными, причем доступ больных в туалет для персонала должен быть исключен по соображениям радиационной безопасности.

Требования к размерам и инженерному обеспечению кабинетов для гамма-камер и гамма-томографов определяются паспортными данными конкретных установок с учетом рекомендаций фирм-изготовителей аппаратуры и оборудования. Нужно учитывать, что эти кабинеты не должны быть смежными с помещениями блока радионуклидного обеспечения, чтобы не допускать необоснованного повышения уровня лабораторного фона для гамма-камер и гамма-томографов, но должны быть смежными с соответствующими пультными.

Система вентиляции также рассчитывается проектной организацией. Она должна быть автономной приточно-вытяжной и обеспечивать поток воздуха из менее загрязняемых радиоактивностью пространств к более загрязненным. При этом не допус-

кается рециркуляция и попадание воздуха из нее в общие и менее загрязняемые помещения. Воздух из вытяжных шкафов и всех помещений подразделения радионуклидной диагностики допускается удалять в атмосферу без какой-либо очистки, в том числе без использования сменных волоконных фильтров.

В блоке радионуклидного обеспечения краны для воды, подаваемой к сливным раковинам, должны быть оборудованы педальными, локтевыми или бесконтактными смесителями, у каждой раковины должна быть установлена электросушилка для рук. Туалет для больных должен быть оборудован устройством принудительного слива воды в унитазе, либо его промывка должна выполняться педальным спуском воды. При этом для подразделений РНД не требуется наличие автономной спецканализации с очистными устройствами и отстойниками-накопителями, т.е. сливные и сточные воды из всех помещений, включая туалеты для больных, в соответствии с методическими указаниями МУ 2.6.1.1892–04, разрешается сбрасывать непосредственно в хозяйственно-бытовую канализацию. Фактически это означает, что в подразделениях радионуклидной диагностики отсутствуют жидкие РАО, которые требуют выдержки на распад до удаления в общую канализацию.

Санпропускник должен размещаться в непосредственной близости от фасовочной и процедурной. В нем необходимо предусмотреть места для переодевания, душевой установки и умывальника с раковиной для дезактивации, а также средств индивидуальной защиты от внутреннего облучения. Пол, стены и потолок санпропускника и туалета для больных должны иметь влагостойкие покрытия, слабо сорбирующие радиоактивность и допускающие как легкую очистку, так и дезактивацию.

Позитронная эмиссионная томография (ПЭТ)

Она также относится к РНД *in vivo*, но требует выполнения целого ряда дополнительных условий вследствие своей особой сложности и повышенной радиационной опасности. Поэтому проектирование помещений ПЭТ-центра и его технического оснащения должно выполняться специализированной проектной организацией Росатома РФ при наличии соответствующей лицензии, с учетом требований фирмы-поставщика оборудования ПЭТ-центра и при постоянном взаимодействии с органами Ростехнадзора и Роспотребнадзора. Требования к размерам, конфигурации и инженерному обеспечению каньона циклотрона, радиохимической лаборатории, кабинета позитронного томографа и его пультной определяются при проектировании по техническим паспортным данным конкретных установок с учетом рекомендаций фирм-изготовителей аппаратуры и оборудования.

В ПЭТ-центре должны быть отдельный вход для персонала и амбулаторных пациентов, а также отапливаемый в зимнее время переход из стационара для госпитализированных больных. Проход через помещения ПЭТ-центра посторонних лиц не допустим.

Циклотронно-радиохимический комплекс ПЭТ-центра должен представлять собой отдельно контролируемую зону, недоступную для посторонних лиц, включая пациентов, с отдельным входом, снабженным воздушным шлюзом, запасным выходом и помещениями, сертифицированными для производства РФП клинического применения. Циклотрон должен быть размещен в специальном каньоне с бетонными стенами и потолочным перекрытием, толщина которых рассчитывается при проектировании в соответствии с требованиями НРБ-99 и ОСПОРБ-99 и с учетом рекомендаций фирмы-изготовителя циклотрона. Помещения циклотронно-радиохимического комплекса должны быть расположены на первом этаже здания ПЭТ-центра либо в отдельном корпусе. Допускается размещение циклотрона ниже уровня земли при соблюдении соответствующих норм радиационной безопасности и строительства.

К зданию ПЭТ-центра должен быть обеспечен удобный асфальтированный проезд для большегрузных автомашин и автокранов. В зависимости от технологии монтажа циклотрона и оборудования должны быть предусмотрены монтажные проемы размерами не менее 2,8×2,8 м в стенах каньона циклотрона и радиохимической лаборатории, либо в потолочных перекрытиях тех же помещений. Для циклотронов с собственной радиационной защитой эти размеры должны быть больше и соответствовать требованиям фирм-изготовителей циклотрона и радиохимического оборудования. Вход в бункер циклотрона должен перекрываться защитной дверью не менее чем с четырьмя типами блокировки в соответствии с рекомендациями фирмы-изготовителя циклотрона.

Бункер циклотрона, радиохимическая лаборатория и радиодиагностический кабинет позитронного эмиссионного томографа рекомендуется делать смежными или на минимально возможной дистанции друг от друга. Расстояние от каньона циклотрона до радиохимической лаборатории не должно превышать 20 м. Указанные помещения должны быть связаны скрытыми каналами для размещения линий газовых и жидкостных трубопроводов, пневмопочты и других коммуникаций в соответствии с рекомендациями фирмы-изготовителя.

Должно быть предусмотрено отдельное помещение для размещения газовых баллонов, связанное соответствующими линиями газопроводов с каньоном циклотрона и радиохимической лабораторией. В зависимости от ассортимента и количества синтезируемых радиофармпрепаратов в радиохимической

лаборатории должны быть смонтированы один или несколько “горячих” боксов и (или) несколько мини-боксов для ПЭТ-радиохимии в соответствии с рекомендациями фирмы-изготовителя. Хранилище для временного хранения РФП и процедурная должны быть оборудованы вытяжными шкафами, внутри которых устанавливаются защитные стенки.

Хранилище РАО должно быть оборудовано защитной стенкой, за которой размещаются пластиковые мешки или защитные контейнеры с твердыми радиоактивными отходами для выдержки на распад, а также герметичным металлическим шкафом с местным отсосом для нерадиоактивных остатков технологических растворов.

Один санпропускник должен быть размещен у наружного входа в циклотронно-радиохимический комплекс (с учетом возможного развертывания производства ^{123}I на циклотроне), а другой – между блоком радионуклидного обеспечения и блоком общих помещений ПЭТ-центра. Требования к санпропускникам и туалетам для больных и персонала такие же, как для обычного подразделения РНД *in vivo*. Туалет для больных должен быть размещен в непосредственной близости от процедурной и от радиодиагностического кабинета ПЭТ-сканера. Саншлюз должен быть размещен у внутреннего входа в циклотронно-радиохимический комплекс. Он предназначен для использования персоналом в ходе проведения наладочных и ремонтных работ в каньоне циклотрона и в радиохимической лаборатории.

В помещениях каньона циклотрона, радиохимической лаборатории и кабинета ПЭТ-сканера должны быть предусмотрены системы автономной приточно-вытяжной спецвентиляции и кондиционирования воздуха, работающие отдельно с приточно-вытяжной вентиляцией остальных помещений ПЭТ-центра. На вытяжных воздуховодах из указанных помещений должны быть установлены устройства очистки воздуха с фильтрами и адсорбентами радиоактивных газов. Вентиляция должна работать непрерывно. Наличие резерва вентиляционного оборудования определяется проектом. Кратность воздухообмена устанавливается по рекомендациям фирмы-изготовителя. Воздух, удаляемый из “горячих” камер, боксов и вытяжных шкафов, должен предварительно очищаться с помощью собственных вытяжных фильтров и ловушек, предусмотренных их конструкциями. Камеры и боксы должны быть оборудованы приборами контроля степени разрежения. Фильтры и адсорбенты радиоактивных газов по возможности должны устанавливаться в непосредственной близости от камер, боксов и вытяжных шкафов, чтобы в максимально возможной степени снизить радиоактивное загрязнение магистральных воздуховодов.

Сливные воды из всех помещений блока радионуклидного обеспечения (за исключением помещения для синтеза РФП) и блока общих помещений допускается выводить в хозяйственно-бытовую канализацию. Требования по удалению жидких РАО из боксов помещения для синтеза РФП и твердых РАО из процедурной ПЭТ-центра должны соответствовать ОСПОРБ-99.

Радионуклидная диагностика in vitro

Работы по III классу в блоке радиодиагностических исследований in vitro (или в самостоятельном подразделении РНД in vitro при отсутствии радиодиагностических исследований in vivo) должны проводиться в отдельных помещениях, соответствующих требованиям к химическим лабораториям. Примерный перечень необходимых помещений:

- помещение для получения, распаковки и хранения наборов;
- хранилище твердых радиоактивных отходов;
- процедурная для отбора проб крови у пациентов;
- моечная для размывки лабораторной посуды;
- радиохимическая для проведения собственно in vitro реакций;
- центрифужная;
- криогенная для размещения низкотемпературных шкафов;
- радиометрическая in vitro;
- помещение для ожидания пациентов.

Первые четыре помещения и помещение для ожидания нужны только в том случае, если подразделение РНД in vitro является самостоятельным структурным подразделением медицинского учреждения и не объединено с подразделением РНД in vivo.

В самостоятельном подразделении РНД in vitro помещение для распаковки и хранения наборов может быть объединено с хранилищем РАО, а процедурная для отбора проб крови – с моечной. Радиохимическую, центрифужную и радиометрическую in vitro рекомендуется делать смежными и соединенными открываемыми передаточными окнами из обычного или защитного стекла толщиной 10–15 мм, расположенными на высоте 1 м от уровня пола. Радиохимическая и моечная должны быть оборудованы глубокими раковинами из нержавеющей стали со сливом в бытовую канализацию. Допускается слив жидких РАО от in vitro диагностики в хозяйственно-бытовую канализацию, как и при радиодиагностических исследованиях in vivo.

Хранилище твердых РАО в самостоятельных подразделениях РНД in vitro должно быть оборудовано защитной стенкой (стационарной из кирпича или бетона либо передвижной в виде защитной ширмы или экрана), за которой размещаются пластиковые мешки с отходами для выдержки на распад. Туалеты для больных и для персонала в самостоятельных под-

разделениях РНД in vitro могут быть общими и снабженными стандартным сантехническим оборудованием. Требования к вентиляции – как в отделениях РНД in vivo.

Радионуклидная терапия (РНТ)

Помещения отделения РНТ должны быть территориально сгруппированы по блокам: радионуклидного обеспечения, «активных» палат и общих помещений. При этом блоки радионуклидного обеспечения и «активных» палат (с кабинетами радиометрии, сцинтиграфии и с рентгенооперационной) должны быть смежными. Рекомендуется классифицировать все работы с открытыми радионуклидными источниками в отделении РНТ по II классу. Планировка помещений указанных блоков должна обеспечивать минимальную протяженность маршрутов перемещения РФП, пациентов (при переходе из процедурной в «активные» палаты и из «активных» палат в кабинеты радиометрии и сцинтиграфии), а также радиоактивных отходов. Требуется также обеспечить максимально возможное разделение по времени и расстоянию потоков РФП, пациентов (в том числе и амбулаторных) и РАО.

В отделении РНТ должны быть: отдельный вход с улицы для персонала и амбулаторных пациентов, гардероб верхней одежды около этого входа, а также отапливаемый в зимнее время переход в остальные подразделения данного медицинского учреждения. Через помещения и коридоры отделения РНТ не должны проходить пациенты, не имеющие направления в отделение РНТ, сопровождающие их лица и персонал, не относящийся к категориям А и Б.

Полы и стены помещений для работ по II классу в блоках радионуклидного обеспечения и «активных» палат должны быть покрыты слабо сорбирующими материалами, стойкими к средствам дезактивации и сертифицированными в установленном порядке. Края покрытий полов должны быть подняты и заделаны заподлицо со стенами. Покрытие полов может быть выполнено бесстыковым на основе быстро твердеющего заливного пластика, допускающего дезактивацию и сертифицированного в установленном порядке. При невозможности выполнения бесстыкового покрытия полы должны быть выполнены из сертифицированного линолеума с минимальным количеством герметически заделываемых швов между отдельными листами покрытия. При наличии трапов (в моечной, санпропускнике) полы должны иметь уклоны в соответствии с установленными нормами. Полотна дверей, подоконники и переплеты окон должны иметь простейшие профили и быть изготовлены из слабо сорбирующих материалов; ширина дверного полотна не менее 1,0 м. Высота всех помещений не менее 3 м. Материал и толщина защитных стен, перекрытий и

перегородок помещений блока радионуклидного обеспечения и блока «активных» палат отделения РНТ определяются при проектировании в зависимости от активности радионуклидов на рабочем месте и в соответствии с требованиями и ограничениями НРБ-99, ОСПОРБ-99 и других нормативных документов.

Для приемки РФП и вывоза РАО необходимо предусмотреть отдельный вход снаружи радиологического корпуса со стальной дверью под охранной сигнализацией. К этому входу должен быть обеспечен удобный подъезд специальных грузовых автомобилей, и через него не должны проходить ни персонал, ни пациенты, ни другие посторонние лица. Помещение для приемки и распаковки РФП, хранилище РФП, фасовочную и обе радиоманипуляционных (процедурных) рекомендуется сделать смежными в том порядке, в котором они здесь перечислены. Они должны быть соединены открываемыми передаточными окнами с защитой из просвинцованного стекла. Моечная может быть объединена с фасовочной, и обе они должны быть оснащены глубокими раковинами из нержавеющей стали со сливом в хозяйственно-бытовую канализацию, а также трапом со сливом в спецканализацию.

Хранилище РФП должно быть снабжено бетонной защитной стенкой и (или) защитным многоячеичным сейфом. Хранилище твердых РАО должно быть оборудовано стационарными бетонными и (или) собираемыми из металлических блоков защитными стенками, за которыми размещаются пластиковые мешки с твердыми РАО для выдержки на радиоактивный распад. РАО с органическими соединениями (главным образом, пищевые отходы от больных из «активных» палат) должны храниться в холодильниках с дополнительной радиационной защитой. Рекомендуется всю площадь хранилища разделить на три отдельные зоны для хранения РАО разных категорий по удельной активности. Помещение для дневного пребывания амбулаторных пациентов должно быть разделено стационарными защитными стенками на четыре части из расчета одновременного нахождения в нем четырех пациентов, каждому из которых введено по 1 ГБк РФП, меченному радионуклидом типа ^{153}Sm . Толщина и материал стенок должны быть определены и рассчитаны лицензированной проектной организацией. В непосредственной близости от этого помещения должен находиться туалет для амбулаторных больных со сливом в спецканализацию.

Кладовую для временного хранения загрязненной радиоактивностью спецодежды и сменной обуви персонала и кладовую для временного хранения загрязненного радиоактивностью постельного белья, полотенец, больничной одежды и сменной обуви больных из «активных» палат рекомендуется спроектировать смежными.

Планировка «активных» палат помимо своего основного функционального назначения должна минимизировать как облучение персонала от больных, так и каждого больного от остальных пациентов, находящихся в отделении РНТ. Для этого внутри двухместных и (или) трехместных палат должны быть установлены экранирующие стенки теневой защиты (стационарные или передвижные). Конфигурация, материал и толщины защитных стенок определяются при проектировании в соответствии с требованиями НРБ-99 и ОСПОРБ-99.

В «активных» палатах оборудование и мебель должны иметь гладкие поверхности, простую конструкцию и слабо сорбирующие дезактивируемые покрытия. Матрацы кроватей, ручки дверей, выключатели электроосвещения, пульта аудиосвязи с медперсоналом отделения РНТ, пульта дистанционного управления бытовыми телевизорами в палатах должны быть надежно закрыты сменяемым или хорошо дезактивируемым пленочным покрытием. То же самое относится и к органам управления кондиционеров воздуха и ручкам бытовых холодильников, если они будут устанавливаться во всех или в некоторых палатах. Отопление «активных» палат должно быть панельного типа, на окнах должны быть снаружи установлены решетки, а изнутри — жалюзи с дезактивируемой поверхностью.

Умывальники в «активных» палатах должны быть снабжены кранами-смесителями с локтевым или педальным управлением. Промывка унитазов в палатных санузлах осуществляется путем принудительного слива воды или с помощью педального спуска. Дренажные трубы умывальников и унитазов должны по возможности иметь минимальную протяженность, соединяясь со станцией спецочистки жидких РАО, а также обеспечивать беспрепятственный доступ для прочистки возможных засоров, устранения протечек и для регулярного радиационного контроля. В полу санузла каждой «активной» палаты должен быть установлен трап, соединенный со спецканализацией и используемый при дезактивации и уборке палаты.

Буфетная-пищеблок и моечная посуды для пациентов должны быть оснащены глубокими раковинами из нержавеющей стали, соединенными через дренажные трубы с хозяйственно-бытовой канализацией.

Кабинеты сцинтиграфии и радиометрии не должны быть смежными с «активными» палатами и помещениями блока радионуклидного обеспечения, в которых проводятся работы с РФП (фасовочная, радиоманипуляционные, хранилище РФП, хранилище твердых радиоактивных отходов) с целью снижения уровня лабораторного фона гамма-камеры и радиометра. Кабинет интервенционной радиологии с пультовой, где находится аппарат для рентгенологи-

ческого контроля внутриартериального введения РФП, должен отвечать требованиям, установленным для рентгенооперационных.

Пункт радиационного контроля пациентов и санпропускник для больных рекомендуется сделать смежными. Кладовая личной одежды, обуви и вещей госпитализированных пациентов не должна иметь окон, а также должна запирается стальной дверью с сейфовым замком под охранной сигнализацией.

Сестринский пост должен быть связан линиями двусторонней аудиосвязи и телевизионного наблюдения за больными со всеми “активными” палатами. Тут должны быть установлены: централизованный пульт связи, пульт включения и отключения системы спецвентиляции, видеомонитор с возможностью управляемого подключения к линиям телевизионного наблюдения, централизованный пульт постоянно радиационного контроля “активных” палат, а также рабочий компьютер.

Туалет для персонала должен быть недоступен для амбулаторных больных и, тем более, для пациентов из “активных” палат отделения РНТ.

Перечень твердых РАО как штатных, так и аварийных, приведен в части 3 данной работы. Твердые РАО собираются в специальные контейнеры со сменными полиэтиленовыми мешками, которые в конце рабочего дня должны сдаваться в хранилище РАО. Контейнеры должны устанавливаться в хранилище РФП, в фасовочной, радиоманипуляционных, моечной, туалете для амбулаторных больных, а также во всех “активных” палатах. Туда же доставляются трупы умерших больных с введенной активностью РФП и помещаются в морозильную камеру, где выдерживаются на радиоактивный распад необходимое время в соответствии с ОСПОРБ-99, после чего проводится патологоанатомическое исследование в установленном порядке. При необходимости срочного проведения подобного исследования дозиметрист отделения РНТ должен рассчитать допустимую продолжительность процедуры вскрытия трупа патологоанатомом по нормативам для персонала группы Б, приведенным в НРБ-99.

В хранилище РАО все твердые отходы сортируются по категории активности, закладываются в пластиковые мешки и помещаются за радиационной защитой (стационарной бетонной или металлической передвижной стенкой). На каждом мешке должна быть этикетка с указанием радионуклида, даты поступления на хранение и запланированной даты удаления после выдержки на распад в качестве неактивных отходов. По достижении этой даты распавшиеся отходы удаляются вместе с обычными бытовыми и больничными отходами с предварительным дозиметрическим контролем, причем с удаляе-

мых предметов и материалов должны быть заранее убраны знаки радиационной опасности.

Пищевые отходы от больных из “активных” палат должны собираться в металлические контейнеры (емкости). После дозиметрического контроля контейнеры либо помещаются в холодильник для выдержки на распад и последующего удаления как обычные пищевые отходы медицинского учреждения, либо удаляются сразу, если не превышены установленные в ОСПОРБ-99 нормативы по содержанию радиоактивности в РАО.

Использованные свинцовые транспортные контейнеры от фасовок РФП отдельно складываются в хранилище РАО, где их также выдерживают на распад по результатам дозиметрического контроля. После выдержки контейнеры подвергаются контролю на радиоактивную загрязненность внутренних поверхностей и передаются фирме-поставщику РФП либо сдаются как лом цветных металлов с предварительным устранением знаков радиационной опасности.

Загрязненные радиоактивностью предметы спецодежды и сменная обувь персонала хранятся в кладовой блока радионуклидного обеспечения в пластиковых мешках, а постельное белье, полотенца, больничные пижамы и сменная обувь больных – в кладовой блока “активных” палат. Перед сдачей их в спецпрачечную проводят дозиметрический и радиометрический контроль для сортировки и отбраковки тех предметов, уровни загрязнения которых превышают установленные в НРБ-99 нормативы и которые должны быть отобраны для соответствующей выдержки на распад перед сдачей в спецпрачечную.

Конкретный перечень жидких РАО из отделения РНТ, как штатных, так и аварийных, приведен в части 3 настоящей работы. Все среднеактивные жидкие РАО через дренажные трубы спецканализации должны собираться в накопительных баках выдержки на станции спецочистки жидких РАО отделения РНТ. К ним должны быть подключены следующие помещения:

- все без исключения “активные” палаты; в каждой из них должны быть установлены умывальник с локтевым смесителем, унитаз с принудительным сливом воды, душевая установка (желательно) и трап для слива растворов при влажных уборках и (или) дезактивации палатного санузла; трап и унитаз должны быть соединены со спецканализацией, а умывальник и слив от душа – с хозяйственно-бытовой канализацией;
- фасовочная, обе радиоманипуляционные (процедурные) и моечная; установленные в них раковины должны быть напрямую соединены с хозяйственно-бытовой канализацией, а трапы – со спецканализацией;

- туалет для амбулаторных больных, в котором умывальник должен быть соединен с хозяйственно-бытовой канализацией, а унитаз и трап – со спецканализацией;
- сама станция спецочистки жидких РАО, где трап должен быть соединён со спецканализацией.

Средства вентиляции помещений отделения РНТ должны быть подразделены на две автономно работающие системы вентиляции: 1) систему спецвентиляции блоков радионуклидного обеспечения и “активных” палат; 2) систему вентиляции блока общих и вспомогательных (коридоры, переходы) помещений отделения РНТ.

К системе спецвентиляции должны быть подсоединены:

- все “активные” палаты;
- хранилище твердых РАО;
- станция спецочистки жидких РАО;
- фасовочная РФП, в том числе все защитные боксы;
- радиоманипуляционные;
- помещение для дневного пребывания амбулаторных пациентов;
- туалет для амбулаторных пациентов.

Спецвентиляция должна работать круглосуточно. Мощности, конструкция и наличие резервного оборудования определяется при проектировании. В соответствии с требованиями ОСПОРБ-99 система спецвентиляции отделения РНТ должна быть оснащена сменными фильтрами йодной очистки воздуха, тип и количество которых также определяются при проектировании. Сменные фильтры должны располагаться максимально близко к помещениям блоков радионуклидного обеспечения и “активных” палат, в том числе и к защитным боксам в фасовочной. Вентиляторы устанавливаются вблизи выходных устройств спецвентиляции. В “активных” палатах возможна установка и эксплуатация кондиционеров со сменными фильтрами йодной очистки воздуха. В кабинетах радиометрии, сцинтиграфии и в рентгенооперационной должны быть установлены кондиционеры без указанных фильтров; возможна установка единой сплит-системы кондиционирования воздуха на все три перечисленные кабинета.

Рентгенодиагностика и интервенционная радиология

Точно так же, как в лучевой терапии и ядерной медицине, проектирование, строительство, изготовление оборудования и средств радиационной защиты рентгеновских аппаратов и кабинетов осуществляется лицензированными организациями при участии медицинского физика из учреждения-заказчика.

Рентгеновские кабинеты целесообразно размещать централизованно, в составе рентгеновского отделения, между стационаром и поликлиникой. От-

дельно размещают, при необходимости, флюорографические кабинеты приемных отделений больниц и поликлинических отделений. Отделение не должно быть проходным. Входы в рентгеновское отделение для пациентов стационара и поликлинического отделения выполняются отдельно. Не допускается размещать рентгеновские кабинеты под помещениями, откуда возможно протекание воды через потолочное перекрытие (бассейны, душевые, санпропускники, туалеты). Недопустимо делать рентгеновские кабинеты смежными с палатами для беременных и детей.

Оснащение и площадь рентгеновских кабинетов достаточно сильно зависят от вида и назначения проводимых исследований, а также от размеров и типов установленных в них рентгеновских аппаратов. Все необходимые данные для проектирования этих помещений представлены в СанПиН 2.6.1.1192–03 и не могут быть здесь воспроизведены из-за их большого объема. Там же приведены требования по размещению самого рентгеновского аппарата и сопутствующего оборудования внутри кабинета. При монтаже рентгеновских аппаратов и компьютерных томографов зарубежного производства необходимо учитывать рекомендации фирмы-изготовителя аппаратуры, но не входить в противоречие с требованиями НРБ-99, ОСПОРБ-99 и указанного СанПиНа. Толщина защитных стен, потолочных перекрытий и пола рассчитывается лицензированной организацией по методике, изложенной в том же СанПиНе.

Пол кабинета и пультовой выполняется из натуральных или искусственных электроизоляционных материалов, сертифицированных соответствующим образом. В рентгенооперационной, предоперационной и в фотолаборатории полы должны быть антистатичными и безыскровыми, для чего необходимо заземление основания антистатичного линолеума. Материал покрытия должен быть также водонепроницаемым, легко очищаемым и допускающим частое мытье и дезинфекцию. Поверхности стен и потолка должны быть гладкими, но без световых бликов, легко очищаемыми и допускать влажную уборку.

Размещение рентгеновского аппарата производится таким образом, чтобы первичный пучок излучения был направлен в сторону капитальной стены, толщина которой рассчитывается при проектировании. Не следует направлять прямой пучок излучения в сторону смотрового окна пультовой или в сторону защитной ширмы в том же кабинете. При размещении рентгеновского кабинета на первом или цокольном этаже окна процедурной экранируются защитными ставнями на высоту не менее 2 м от отметки здания. То же самое необходимо и при размещении на более высоких этажах, если соседнее здание находится на расстоянии менее 30 м от окон. Пе-

ред входом в рентгеновский кабинет необходимо поместить световое табло “Не входить!” бело-красного цвета, которое автоматически загорается при включении анодного напряжения на рентгеновской трубке. Допускается нанесение на световой сигнал знака радиационной опасности.

Пульт управления рентгеновского аппарата, как правило, располагается в пультовой, кроме передвижных, палатных, хирургических, флюорографических, дентальных аппаратов, маммографов и аппаратов для остеоденситометрии. В пультовой допускается установка второго рентгенотелевизионного монитора, автоматизированное рабочее место рентгенолога и рентгенолаборанта. При размещении в кабинете более одного рентгенодиагностического аппарата должно быть предусмотрено устройство блокировки одновременного включения двух и более аппаратов. Для контроля состояния пациента предусматривается смотровое окно и переговорное устройство односторонней громкой связи. Для наблюдения за пациентом допустимо использовать телевизионные и другие видеосистемы.

Управление передвижными, палатными, рентгенохирургическими, флюорографическими, дентальными, маммографическими аппаратами осуществляется непосредственно в том помещении, где проводится рентгенологическое исследование, с помощью выносного пульта управления на расстоянии не менее 2,5 м от рентгеновского излучателя или не менее 1,5 м от аппарата для остеоденситометрии.

Фотолаборатория может состоять из единственного помещения – “темной комнаты”. При оснащении фотолаборатории проявочным автоматом следует предусматривать дополнительную «светлую» комнату для сортировки, маркировки и обрезки сухих снимков. Двери из фотолаборатории, рентгеновского кабинета и пультовой должны из соображений пожарной безопасности открываться на “выход” (по ходу эвакуации), а из пультовой в кабинет – в сторону собственно рентгеновского кабинета.

В новых радиологических корпусах вентиляция рентгеновских кабинетов общего назначения должна быть автономной приточно-вытяжной. В действующих отделениях допускается неавтономная общеобменная приточно-вытяжная вентиляция, за исключением кабинетов компьютерной томографии, рентгенооперационных, а также рентгенологических отделений инфекционных больниц. Разрешается оборудование рентгеновских кабинетов кондиционерами.

После окончания рабочего дня отключается рентгеновский аппарат, все электроприборы, настольные лампы, электроосвещение, вентиляция, проводится влажная уборка пола и стен, а также дезинфекция элементов и принадлежностей рентгенов-

ского аппарата, находившихся в контакте с разными частями тела пациентов. Не допускается проведение влажной уборки рентгеновского кабинета и пультовой непосредственно перед началом и во время рентгенологических исследований.

Средства защиты, поставляемые в виде готовых изделий (защитные двери, защитные смотровые окна, защитные ширмы, ставни, жалюзи и т.п.) должны обеспечивать уровень радиационной защиты, одинаковый с таковым для стационарных средств защиты (стены, перекрытия, перегородки и т.д.). Стационарные средства защиты должны иметь защитную эффективность не ниже 0,25 мм по свинцовому эквиваленту. При проектировании стационарной защиты рентгеновского кабинета в зависимости от конструктивных особенностей и технологии использования конкретного аппарата должны быть выделены участки, для которых расчет защиты проводится на ослабление пучка рентгеновского излучения. Остальная площадь радиационной защиты должна обеспечивать ослабление только рассеянного излучения. Для остеоденситометров, маммографов, флюорографов с защитной кабиной расчет стационарной защиты проводится только от рассеянного излучения.

Рентгеновские кабинеты любого назначения должны быть снабжены обязательным наборами передвижных и индивидуальных средств радиационной защиты, которые указаны в СанПиНе 2.6.1.1192-03 и которые регулярно контролируются аккредитованной организацией не реже одного раза в два года.

Все сказанное относится и к кабинетам интервенционной радиологии, в которых выполняются различные инвазивные процедуры под рентгеновским контролем (рентгенохирургические процедуры). Однако в ведущих зарубежных клиниках, особенно онкологического и кардиологического профиля, все большее распространение получают гораздо более сложные интервенционно-радиологические процедуры, связанные с прицельным введением в организм пациента различных РФП или закрытых радионуклидных источников под рентгеновским, ультразвуковым, магнитно-резонансным, эндоскопическим и т.п. контролем. При этом резко усложняются и ужесточаются требования по обеспечению РБ в кабинетах, где проводятся подобные процедуры. В России пока такие интервенционно-радиологические процедуры не проводятся, тем не менее нами уже разработан проект СанПиНа “Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении интервенционно-радиологических процедур”, который в настоящее время находится в стадии официального утверждения.

Поступила 17.01.09