

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕНТРОВ РАДИОНУКЛИДНОЙ ТЕРАПИИ

В.А. Костылёв³, С.Б. Глухов¹, Б.Я. Наркевич^{2,3}

¹ Завод «Медрадиопрепарат», Москва

² Российский онкологический научный центр им. Н.Н. Блохина РАМН, Москва

³ Институт медицинской физики и инженерии, Москва

Введение

По данным Международного агентства по исследованию рака (Лион, Франция) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) во всем мире за год фиксируется приблизительно 9 млн. новых случаев рака. Ожидается, что к 2015 г. это число возрастет до 15 млн. человек, из которых 10 млн. – в развивающихся странах, к которым с некоторыми оговорками следует отнести и Россию. При этом не менее 10 % всех онкологических больных нуждается в радионуклидной терапии (РНТ) как самостоятельном методе лечения, так и в комплексе с другими методами лекарственного и хирургического лечения. По России этот показатель составляет не менее 20 тыс. человек в год, и это число имеет отчетливую тенденцию к возрастанию из года в год.

Аналогичным образом, РНТ является наиболее эффективным методом лечения такого грозного эндокринологического заболевания как диффузный токсический зоб (базедова болезнь). Здесь в среднем по всем странам заболеваемость составляет 15–20 взрослых и 2–3 ребенка на 100 тыс. населения в год, что по России составляет не менее 28 тыс. человек в год. Не меньшее количество больных, нуждающихся в РНТ, имеется и в ревматологии, где РНТ успешно используется для лечения артритов различной этиологии, а также при некоторых других заболеваниях.

Развитие РНТ в России существенно отстает от мирового уровня. Так, у нас в стране пока функционирует единственное отделение

РНТ в Медицинском радиологическом научном центре РАМН (г. Обнинск, Калужская обл.), куда больные записываются в очередь на несколько месяцев вперед. Существует также 6–7 клиник, в основном в Москве и Петербурге, где больные получают РНТ со ^{89}Sr только в амбулаторном режиме. Однако наиболее важное в онкологии и эндокринологии лечение радиоактивным йодом ^{131}I в амбулаторном режиме проводить нельзя, поскольку при этом обязательно требуется госпитализация больных в специализированное отделение РНТ. Таким образом, потребность населения России в РНТ в настоящее время удовлетворяется не более чем на 1–3 %.

После долгого периода недооценки и даже игнорирования больших функциональных возможностей радионуклидной терапии в онкологии, эндокринологии, ревматологии и других разделах клинической медицины следует констатировать повсеместное возрождение всеобщего интереса к этому перспективному методу лечения в целом ряде ведущих научных и практических учреждений здравоохранения страны. В частности, в стадии развёртывания научно-исследовательских и проектных работ находится организация центров радионуклидной терапии в Москве (Эндокринологический научный центр РАМН, Российский онкологический научный центр им. Н.Н. Блохина, ГКБ № 6 и др.), С.-Петербурге (Центральный рентгено-радиологический институт), Самаре, Дмитровграде, Хабаровске, Белгороде, Екатеринбурге, Челябинске. В ряде других городов ведётся интенсивный поиск источников финансирования для начала проектирования

подобных центров. Ведётся реконструкция отделения радионуклидной терапии в МРНЦ (Обнинск) – единственном пока функционирующем в России таком учреждении.

В отличие от радиологических корпусов для лучевой терапии закрытыми источниками излучения, при проектировании центров РНТ необходимо увязать в единую систему не только архитектурно-строительные, аппаратурно-технические, радиационно-технологические, кадровые, но и радиоэкологические аспекты. Однако региональные руководители ответственного здравоохранения зачастую поручают проектирование центров РНТ своим местным проектировочным организациям, не имеющим даже начального опыта в решении таких сложных комплексных задач. Научное сопровождение проекта отсутствует. Разработанный в такой организации проект передаётся для реализации строительной организации, которая точно так же в лучшем случае имеет только опыт строительства медицинских учреждений общего профиля. Строительное руководство не всегда понимает, что помимо чисто медицинской специфики, центр РНТ является объектом, радиационно опасным не только для пациентов и персонала, как и другие медицинские радиологические центры, но и, самое главное, для окружающей среды. Поэтому кроме обычных для медицинского учреждения требований при разработке проекта и при строительстве необходимо принятие комплекса мер по обеспечению как радиационно-гигиенических, так и радиоэкологических требований. Отсутствие необходимых знаний и опыта приводит, как правило, к крайне нерациональным тратам всегда недостаточного финансирования и к возникновению значительных трудностей при введении в эксплуатацию и при дальнейшей работе подобных центров РНТ, в том числе и при обеспечении необходимого уровня радиационной безопасности пациентов, персонала, населения и окружающей среды.

Цель данной работы – развитие системного подхода к проектированию, организации и оснащения современных центров РНТ.

Общие требования

Необходимо учитывать, что основные технологические этапы создания центра РНТ должны обязательно включать:

- ✓ анализ существующего положения с помощью методов РНТ населению, которое проживает на территории, обслуживаемой данным медицинским учреждением;
- ✓ принятие принципиального решения по модернизации старого или по созданию нового радиологического корпуса на основе результатов проведенного анализа;
- ✓ поиск и мобилизацию источников финансирования на всех уровнях федеральной, региональной и муниципальной администрации и других спонсоров;
- ✓ разработка и утверждение концепции медико-технических требований (МТТ) на проектирование – основного документа, в создании которого главная роль принадлежит медицинскому физическому с соответствующим уровнем специальной подготовки и практическим опытом работы в области медицинской радиологии;
- ✓ разработка и утверждение медико-технического задания (МТЗ) как документа, в котором детализируются и конкретизируются все положения МТТ с «привязкой к местности» и которое является основой для разработки проектной документации и для выработки архитектурно-строительного решения на создание радиологического корпуса;
- ✓ создание на основе МТТ и МТЗ проектировочной технологической и другой документации на строительство с соответствующей защитой и утверждением проекта в органах Роспотребнадзора и Ростехнадзора;
- ✓ собственно строительство радиологического корпуса; если по тем или иным причинам в ходе строительства в проект вносятся изменения, радиологи и медицинские физики должны осуществлять необходимый авторский контроль целесообразности и допустимости таких изменений;
- ✓ одновременная со строительством подготовка кадров радиологов и медицинских физиков для радиологических подразделений;
- ✓ закупка, монтаж и приемо-сдаточные испытания аппаратов и оборудования, в которых должен принимать непосредственное участие медицинский физик;
- ✓ введение радиологического корпуса со всем своим техническим, технологическим и кадровым обеспечением в клиническую эксплуатацию;
- ✓ обеспечение условий для последующей эффективной эксплуатации объекта.

Все эти этапы имеют разную продолжи-

тельность и требуют участия специалистов различного профиля. Рассмотрим схему взаимодействия этих специалистов при создании центра РНТ:

1. Совместно с медицинским руководством и администрацией медицинского учреждения-заказчика проекта учёные (радиологи и медицинские физики) готовят соответствующие предложения, оформленные в виде концепции объекта.
2. Администрация учреждения принимает политическое решение и обеспечивает поэтапное финансирование.
3. Учёные в рамках договора разрабатывают МТТ, которые согласуются и утверждаются в установленном порядке. Привлечение какой-либо конкретной фирмы-поставщика на этапах составления концепции и МТТ недопустимо. Это делает проект заранее ориентированным на односторонние, корпоративные интересы данной фирмы, что, как правило, приводит к ухудшению качества проекта.
4. Администрация и медицинское руководство в соответствии с МТТ и рекомендациями учёных выбирают поставщиков основного оборудования и заключают соответствующие контракты.
5. Учёные совместно с проектировщиками и поставщиками оборудования разрабатывают МТЗ на проектные работы. Генподрядчик и проектная организация должны иметь необходимую квалификацию и опыт работы по подобным проектам, а также обладать соответствующими лицензиями.
6. Проектировщики разрабатывают, согласовывают и утверждают проектную документацию при научном сопровождении работы над проектом со стороны учёных.
7. Строители проводят строительные работы под контролем администрации, медицинского руководства и проектировщиков.
8. Учёные организуют и осуществляют начальный этап целевой подготовки кадров для центра РНТ (базовое образование).
9. Учёные совместно с фирмами-поставщиками организуют и осуществляют второй этап подготовки кадров (углублённое специальное образование и тренинг).
10. Ученые организуют и проводят третий этап подготовки кадров – углублённую клиническую практику в ведущих отечественных и зарубежных медицинских центрах необходимого профиля.
11. Строители завершают и сдают объект. В приёмке участвуют администрация, медицинское руководство, учёные, проектировщики и будущие эксплуатационники.
12. Фирмы-поставщики оборудования проводят монтаж и наладку оборудования, которое принимают все перечисленные выше специалисты.
13. Администрация и эксплуатационники (инженеры и врачи) оформляют пакет необходимой разрешительной документации.
14. Эксплуатационники приступают к работе на объекте – лечению больных. Кадры (медицинские физики, инженеры, врачи) должны обладать достаточной квалификацией к моменту приёмки и запуска оборудования. Начало эксплуатации объекта без подготовленных кадров недопустимо.
15. Учёные осуществляют научно-техническое сопровождение (медико-физический аудит и консалтинг) начального этапа лечебно-диагностической работы.
16. Администрация, медицинское руководство и учёные организуют непрерывный процесс повышения квалификации кадров.
17. Администрация и медицинское руководство по заявкам эксплуатационников и рекомендациям учёных осуществляют доводку объекта (дооснащение, развитие организационной структуры и служб и т.д.).

Решающим фактором в обеспечении высокого качества проектирования и оснащения является привлечение к составлению МТТ и МТЗ высококвалифицированных профессионалов со специальной подготовкой, имеющих также большой практический опыт в области радиационной медицинской физики и создания радиологических корпусов. Разрабатывать МТТ и МТЗ должна только авторитетная экспертная организация, отвечающая данному требованию, при непосредственном участии учреждения-заказчика строительства. Разработку собственно планировочного решения проекта должна выполнять специализированная организация с соответствующей государственной лицензией. Необходимо помнить, что даже незначительная, на первый взгляд, ошибка на этапах принятия ключевых решений приводит к существенным экономическим и социальным потерям, к снижению и, возможно, провалам качества лечебно-диагностического процесса при последующей эксплуатации радиологического комплекса.

Медико-технические требования

Как уже указывалось, МТТ являются основным документом, в котором устанавливается требуемый высокий уровень лечебно-диагностического процесса в проектируемом радиологическом корпусе. От качества и профессионального уровня МТТ зависит не только эффективность огромных капиталовложений, но и, в сущности, судьба тех больных, которые будут проходить диагностику и лечение в данном корпусе.

В *социально-административном* разделе МТТ необходимо оценить реально существующую ситуацию с обеспечением населения данного региона радиологической помощью, обосновать и определить целесообразный уровень радиологического центра (городской, областной, межрегиональный, федеральный, международный, отраслевой и т.л.) и, соответственно, обслуживаемые территории и население, административную подчинённость, экономические предпосылки, характер собственности, ориентировочную общую стоимость строительства и оснащения, источники финансирования и т.д.

В *медицинском* разделе МТТ должны быть проанализированы все доступные статистические данные по заболеваемости населения, профильной для данного радиологического центра, рассмотрено существующее состояние радиологической помощи населению данного региона, а также должны быть оценены все остальные аспекты нынешней ситуации в системе «радиологический центр – население». При этом необходимо определить:

- ✓ какие заболевания будут диагностироваться и лечиться в данном центре;
- ✓ структуру заболеваемости пациентов, поступающих в клинику и (или) в радиологический центр;
- ✓ какие медицинские методы и средства должны будут использоваться для диагностики и лечения, в том числе и альтернативные (нерадиационные);
- ✓ общее количество коечных мест и палат в стационаре клиники и в специализированных радиологических подразделениях этой клиники;
- ✓ количество амбулаторных посещений радиологического центра для диагностики и лечения;
- ✓ взаимодействие подразделений радиологического корпуса с другими отделениями дан-

ной клиники и с другими медицинскими учреждениями региона и страны;

- ✓ пропускную способность всего комплекса и отдельных кабинетов, планируемое количество больных и проводимых с ними радиологических процедур.

В разделе *по кадровому обеспечению* следует определить необходимое количество специалистов медицинского, радиационно-физического и инженерно-технического персонала, а также установить количество рабочих смен на аппаратах. При этом следует обеспечить выполнение не только всех установленных в России нормативов, но и соответствующих рекомендаций таких авторитетных организаций, как ВОЗ, МАГАТЭ, международных ассоциаций радиационных онкологов и медицинских физиков и др. Обычно количество специалистов определяется из расчёта на установленные аппараты исходя из планируемых количеств пациентов и радиологических процедур в год.

Медико-физический раздел МТТ является наиболее сложным, наукоёмким и объёмным. Он должен включать в себя следующие требования:

- ✓ анализ уже существующего технического, технологического и кадрового обеспечения радиологических процедур в данной клинике;
- ✓ формирование перечня помещений, необходимых для решения стратегических задач оказания радиологической помощи населению данного региона с учётом перспектив развития высоких радиологических технологий диагностики и лечения;
- ✓ оценка необходимого уровня оснащения проектируемого радиологического корпуса аппаратами, технологиями, оборудованием;
- ✓ основные принципы и требования по обеспечению общей и радиационной безопасности пациентов, персонала, населения и окружающей среды;
- ✓ общие требования к техническому, технологическому и программному обеспечению, в том числе конкретизация типов и количества оборудования;
- ✓ требования к средствам и технологиям гарантии качества всех этапов лечебно-диагностических процессов в данном радиологическом корпусе;
- ✓ требования к совместимости физико-технических характеристик и пропускной способности оборудования и центра РНТ в целом с

целью их объединения в единую систему компьютерного сопровождения радиологических процедур на основе локальной компьютерной сети отдельных подразделений и всего радиологического корпуса в целом;

- ✓ блок-схема структуры технологических процессов лучевой диагностики и (или) лучевой терапии;
- ✓ требования к помещениям и размещению в них радиологических аппаратов и оборудования;
- ✓ требования к технологическим процессам и связям между отдельными аппаратами и процедурами; особое внимание должно быть уделено анализу функциональных возможностей и технических характеристик радиозащитного оборудования, систем спецочистки жидких радиоактивных отходов и спецвентиляции;
- ✓ ориентировочные оценки стоимости закупаемых аппаратов и оборудования, а также, в особенности, их последующего регулярного сервисного обслуживания.

Из перечисленных требований хорошо видно, какой высокой квалификацией должна обладать группа специалистов различного профиля, занятая формированием только лишь этого раздела МТТ.

Планировочно-строительный раздел МТТ должен составляться компетентной проектной организацией в тесном контакте с остальными разработчиками МТТ. Он включает в себя принципиальные планировочные решения помещений радиологического корпуса для центра РНТ, но пока без конкретной «привязки к местности», а также требования к его инженерно-технологическому обеспечению (энергетика, заземление, отопление, водоснабжение, канализация, вентиляция, связь, охранная и противопожарная сигнализация, линии локальной компьютерной сети и т.д.). Особенно сложным этот раздел становится при модернизации уже действующих радиологических корпусов, когда неизбежно возникает конфликт между необходимостью адекватного оснащения и ограниченностью площадей в старом корпусе, а также недостатком финансирования.

Медико-техническое задание (МТЗ)

Здесь, в отличие от МТТ, определяется перечень конкретных моделей оборудования с подробной комплектацией. При этом дол-

жны быть указаны рекомендуемые фирмы-поставщики, условия поставки, эскизные чертежи на помещения, специальные условия монтажа, энергообеспечения, вентиляции, безопасности и т.д. Таким образом, МТЗ является ответом на вопросы, поставленные в МТТ, и дает конкретные задания для последующей разработки технологического проекта. МТЗ, так же как и МТТ, разрабатывается высококвалифицированными специалистами в области медицинской радиационной физики и инженерии, а также медико-технологического менеджмента.

При выборе моделей оборудования должны объективно анализироваться разные конкурентные образцы и предлагаться оптимальный вариант по критерию «цена/качество». При этом необходимо также учитывать реальные возможности данного учреждения эффективно использовать предлагаемую модель, что зависит от наличия бюджета на последующее сервисное обслуживание и эксплуатацию, кадровое обеспечение и т.п.

Физико-технические требования к проектированию

Помещения для подразделения РНТ должны отвечать целому ряду общих и специфических требований, среди которых помимо необходимости соответствовать своему основному функциональному назначению, на первое место выходит требование безусловного обеспечения радиационной безопасности персонала, пациентов, населения и окружающей среды.

Блок радионуклидного обеспечения должен в обязательном порядке содержать следующие помещения: помещение для распаковки транспортных упаковок РФП; фасовочную; хранилище РФП; радиоманипуляционную (процедурный кабинет); хранилище твёрдых радиоактивных отходов (РАО); станция спецочистки жидких РАО; система спецвентиляции с фильтрами йодной очистки воздуха.

В блоке «активных» палат, помимо этих палат, должны быть санпропускники и пункты радиационного контроля больных и персонала, кабинеты гамма-камеры, гамма-томографа всего тела и радиометра щитовидной железы, необходимые для полноценного дозиметрического сопровождения радионуклидной терапии.

Планировка помещений, используемые технологии и техническое оснащение подразделения РНТ позволяют минимизировать наружное облучение гамма-квантами от радионуклидных источников не только персонала отделения, но и самих пациентов. При этом одновременно решается и ещё более сложная задача – предотвращение и минимизация инкорпорации радионуклидов у персонала и, самое главное, – снижение выбросов радиоактивности из отделения в воду и в атмосферу до уровня, заведомо меньшего установленного в официальных нормативных документах, прежде всего в НРБ-99 и ОСПОРБ-99.

С целью выполнения всех этих требований в состав оснащения должны входить: защитные боксы с дистанционными инструментами для приготовления порций РФП для больных и с устройствами их автоматического дозирования; защитные камеры для перорального введения РФП пациентам; клинические радиометры для измерения активности расфасованных порций РФП; аппаратура радиационного контроля, в том числе для индивидуальной дозиметрии, мониторинга содержания радионуклидов в сбрасываемых жидких отходах и в удаляемом воздухе, а также радиоактивных загрязнений кожных покровов, одежды, обуви и рабочих поверхностей оборудования и помещений. Для дозиметрического планирования и контроля очаговых доз облучения у больных необходимы: коллимированный радиометр или (и) гамма-камера, двухдетекторный гамма-томограф, специализированные фантомы для их калибровки и другое оборудование. Станция спецочистки жидких РАО требует не только хорошо вентилируемых помещений большого объёма, но и сложной технологической линии накопления и очистки и (или) выдержки на распад поступающих в спецканализацию из «активных» палат жидких РАО.

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 радионуклидной диагностики *in vitro*) должны быть смежными. Рекомендуются классифицировать все работы с открытыми радионуклидными источниками в отделении РНТ по II классу. Размещение помещений указанных блоков должно обеспечивать минимальную протяжённость маршрутов перемещения радиофармацев-

тивов (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 во времени и расстоянию потоков РФП, пациентов (в том числе и амбулаторных) и радиоактивных отходов.

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. Все помещения и коридоры отделения РНТ не должны быть проходными, т.е. через них 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 (моечная, санпропускник) полы должны иметь уклоны в соответствии с установленными нормами. Полотна дверей, подоконники и переплёты 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.

Для приёма РФП и вывоза радиоактивных отходов 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 приёма и распаковки РФП, хранилище РФП, фасовочную, основную и

резервную радиоманипуляционные (процедурные) рекомендуется сделать смежными. Они должны быть соединены открываемыми переносными 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 многоячеечным сейфом.

Хранилище твёрдых радиоактивных отходов (РАО) должно быть оборудовано стационарными бетонными и (или) собираемыми из металлических блоков защитными стенками, за которыми размещаются пластиковые мешки с твёрдыми РАО для выдержки на радиоактивный распад. Твёрдые 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 2–3 части из расчёта одновременного нахождения в нём 2–3 пациентов, каждому из которых введено по 1 ГБк радиофармпрепарата, меченного радионуклидом типа ^{153}Sm . Толщина и материал стенок должны быть определены и рассчитаны при проектировании на стадии формирования МТЗ. В непосредственной близости от этого помещения должен находиться туалет для амбулаторных больных со сливом в спецканализацию.

Классификация центров радионуклидной терапии

В зависимости от профиля и мощности медицинского учреждения, при котором создаётся центр РНТ, от количества населения, обслуживаемого данным центром, а также от ряда материально-технических и финансово-экономических факторов, проектируемые центры РНТ можно классифицировать на 4 следующих категории:

Ведущие научные центры РНТ (первая категория). Они предназначены для развития

новых технологий и средств РНТ, клинических испытаний новых терапевтических РФП и рутинного лечения больших потоков пациентов по известным методикам РНТ. Такие центры должны обслуживать онкологических, эндокринологических, ревматологических и других больных с помощью широкого ассортимента терапевтических РФП, в том числе ^{131}I (диффузный токсический зоб, дифференцированный рак щитовидной железы), ^{89}Sr , ^{153}Sm , ^{177}Lu , ^{186}Re , ^{188}Re и др. (костные метастазы рака предстательной и молочной желёз), ^{111}In , ^{90}Y (нейроэндокринные опухоли) и т.д. Для этого должна быть обеспечена радионуклидная диагностика заболеваний щитовидной железы и других органов с помощью различных диагностических РФП, меченных $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Поэтому помимо гамма-камеры и (или) гамма-томографа всего тела каждый ведущий центр РНТ должен быть оснащён специализированной гамма-камерой для скинтиграфии щитовидной железы, оборудованием для УЗИ и радионуклидной диагностики *in vitro* (в основном, гормоны щитовидной железы), а также коллимированным радиометром щитовидной железы для измерений функции удержания в ней диагностических и терапевтических активностей ^{131}I . Вся эта аппаратура должна использоваться как для первичной диагностики заболеваний и контроля эффективности лечения, так и для дозиметрического планирования РНТ и контроля очаговых доз в органах-мишенях и доз облучения критических по радиочувствительности органов. В центре должно быть тяжёлое радиозащитное оборудование (защитные боксы со шпатовыми манипуляторами) для фасовки терапевтических и диагностических РФП высокой активности, низковакуумная система спецканализации для очистки жидких радиоактивных отходов, система спецвентиляции с йодными фильтрами. Должны быть освоены и рутинно использоваться технологии перорального, внутривенного, внутривнутрибрюшинного, интратуморального, внутрисуставного и других видов введения РФП в организм пациента. При необходимости внутриартериального введения РФП (например, ^{90}Y -микро сфер при первичном раке печени) должно быть оборудование для проведения интервенционных процедур под рентгенологическим контролем. Пациенты лечатся в режимах: 1) госпитализации в «активные» палаты; 2) госпитализации в обычные палаты при введении РФП с отсутствием эмиссии гамма-излучения; 3) дневного стационара (пребывание в подразделении РНТ в течение нескольких часов после введения РФП с последующим уходом

домой); 4) амбулаторном (уход домой сразу после введения РФП). Все РФП поставляются в центр в виде: 1) капсул с желатиновыми растворимыми стенками, внутрь которых на заводе заранее заливается раствор РФП в соответствии с предварительными заявками, индивидуальными для конкретных больных; 2) флаконов с РФП, которые расфасовываются непосредственно в центре РНТ; 3) готовых к непосредственному введению в организм фасовок с РФП. Это позволяет обеспечить индивидуализацию активности РФП, вводимого в организм, на основе технологий дозиметрического планирования РНТ, а также осуществлять контроль очаговых доз облучения органов-мишеней.

Крупные клинические центры РНТ (вторая категория). Они должны быть организованы на базе крупных многопрофильных больниц с большим коечным фондом. В таких центрах РНТ научные исследования обычно не проводятся, но весь спектр перечисленных выше диагностических исследований и терапевтических процедур должен быть реализован. Поэтому аппаратно-техническое и технологическое оснащение здесь практически ничем не отличается от центров первой категории. Различия будут состоять только в кадровом обеспечении – практикующих врачей-радиологов и среднего медперсонала должно быть несколько больше, а научные сотрудники будут отсутствовать. Здесь будет заметно выше доля тех пациентов, которым терапевтический РФП вводится без предварительного дозиметрического планирования в виде капсул с заранее заявленной активностью радионуклида в фасовке РФП. Полноценный контроль очаговых доз внутреннего облучения от введенного РФП в таких условиях нецелесообразен, особенно при преобладании в общем потоке пациентов больных с эндокринологическими заболеваниями, для которых величина очаговой дозы слабо связана с эффективностью лечения. Однако все необходимые технологии радиационного контроля пациентов, персонала и рабочих мест должны применяться в полной мере.

Специализированные клинические центры РНТ (третья категория). Они создаются при онкологических диспансерах, узкопрофильных эндокринологических клиниках и больницах общего профиля. Такие центры РНТ обладают сравнительно небольшим коечным фондом, из диагностических технологий здесь имеются лишь технически и финансово наиболее доступные – радионуклидная диагностика *in vitro* и ультразвуковые исследования. Подавляющая

доля поставок РФП производится в виде расфасованных в капсулы активностей. Тяжелое радиозащитное оборудование для таких подразделений РНТ приобретать экономически нецелесообразно, и поэтому фасовка РФП на порции из флаконов должна быть исключена. Расчет вводимых активностей тогда производится исходя из массы тела пациента или площади его поверхности. Сложные технологии прицельного введения РФП под рентгенологическим или УЗИ-контролем (внутриартериальные, внутрибрюшинные, интратуморальные и т.п.) также не должны выполняться. То же самое относится к дозиметрическому планированию РНТ и контролю очаговых доз. Процедуры радиационного контроля должны быть здесь сведены только к обязательному минимуму, поскольку в подобных медицинских учреждениях централизованные службы радиационной безопасности отсутствуют.

Амбулаторные центры РНТ (четвёртая категория). Такие центры РНТ целесообразно организовывать на базе достаточно многочисленных в России лабораторий и отделений радионуклидной диагностики, в которых налажены технологии и имеется оборудование для работ с диагностическими РФП. При наличии отдельной радиоманипуляционной (резервного процедурного кабинета) персонал таких лабораторий, уже обученный правилам работы с открытыми радионуклидными источниками, может выполнять внутривенные и внутрисуставные инъекции тех терапевтических РФП, которые официально разрешено применять в амбулаторном режиме, например ^{32}P , ^{89}Sr и др. Такая технология лечения гораздо выгоднее режима с госпитализацией в «активные» палаты благодаря отсутствию расходов на капитальное строительство, на системы очистки и обслуживание госпитализированных больных. К достоинствам амбулаторных центров РНТ следует также отнести высокий уровень диагностического обеспечения больных за счёт использования гамма-камер и другого оборудования, находящегося в базовом подразделении радионуклидной диагностики.

Список литературы

1. Костылев В.А. Особенности «национальной научно-технической политики» в лучевой терапии. – М.: АМФ-Пресс, 2004.
2. Костылев В.А. О радиологических и медико-физических центрах. – М.: АМФ-Пресс, 2002.