

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ О СИСТЕМНОМ РАЗВИТИИ АТОМНОЙ МЕДИЦИНЫ И МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ В РОССИИ

*В.А. Костылев*

*Ассоциация медицинских физиков России, Москва*

### Анализ ситуации

В последние десятилетия физиками создан целый ряд медицинских ядерно-физических комплексов для диагностической и терапевтической радиологии. Речь идет о «стратегическом ядерном оружии» против рака и других тяжелых заболеваний. Это радионуклидные и ускорительные комплексы для дистанционной и контактной лучевой терапии, радиационные скальпели (гамма-нож и кибернож), системы томотерапии, интервенционной радиологии, рентгеновской (КТ), магнитно-резонансной (МРТ), однофотонной (ОФЭКТ и ОФЭКТ/КТ), позитронно-эмиссионной (ПЭТ и ПЭТ/КТ) томографии, ПЭТ-центры и центры радионуклидной терапии (РНТ), протонной (ПЛТ), ионной (ИЛТ), нейтронной терапии и т.д. Это сфера интересов атомной медицины, которая включает в себя медицинскую радиологию и медицинскую радиационную физику.

Используется уже достаточно широкий спектр радиологических технологий, оборудования и радиофармпрепаратов для диагностики и лечения онкологических, кардиологических и других тяжелых социально-значимых заболеваний.

Практически 100 % населения нуждаются в этих технологиях (лучевая терапия, ядерная медицина, диагностическая радиология). 85% необходимой информации для принятия решения о лечении больных дают методы лучевой диагностики. 70 % онкологических больных (которых у нас более 2 миллионов) нуждаются в лучевой терапии.

Радиология – это большие диагностические и терапевтические возможности. Это ранний диагноз, точный количественный конт-

роль в диагностике и управляемое избирательное неинвазивное лечебное воздействие, щадящее органосохраняющее лечение и высокое качество жизни. Медицинская радиология – это, прежде всего, сильная медицинская физика. Сегодня медицина имеет от физики лишь малую часть огромного «айсберга» возможностей. Специфика медицинской радиологии в том, что в ней физико-техническая часть проблем и затрат составляет 85 %. Этим занимается медицинская радиологическая физика. В радиологических технологиях гораздо более тесно, чем в хирургической и лекарственной медицине, технологически и аппаратно связаны между собой диагностика, планирование, лечение, управление лечением, безопасность и контроль качества.

Радиологические технологии, оборудование и радиофармпрепараты в развитых странах бурно развиваются, ежегодно наращивая мощности на 10–15 %.

Медицинская радиология в России давно находится в состоянии застоя и по техническому оснащению отстает от развитых стран более чем на 30 лет. 75 % клиник находится на крайне низком катастрофическом уровне оснащения, в принципе не позволяющем обеспечивать удовлетворительное качество лечения. 90 % оборудования морально и физически устарело, давно выработав свой ресурс. Количество необходимых для лечения и диагностики аппаратов в десятки раз меньше требуемого. Эффективность использования имеющегося радиологического оборудования высокой сложности (а оно, в основном, импортное) не превышает 10 %. За последние 10 лет потери составляют 130 млрд. руб. и сотни тысяч не спасенных че-

ловеческих жизней. Растет число «зоопарков» дорогостоящей, простаивающей и неэффективно используемой техники. У нас практически нет серьезных отечественных разработок и производств радиологического терапевтического и диагностического оборудования; материально-техническая база разработок и производств радиофармпрепаратов имеется, но требуется ее модернизация.

Главная причина отставания в том, что наша медицина к высоким радиологическим технологиям не готова. Сегодня на фоне значительных все более возрастающих вложений в строительство корпусов и закупку оборудования, практически отсутствуют вложения в «мозги», без которых оборудование и технологии на стыке физики и медицины ни создаваться, ни работать не могут. Нет соответствующих кадров (главным образом, медицинских физиков) и системы их подготовки, нормативно-правовой базы, средств у клиник для сервисного обслуживания оборудования и т.д.

Руководство здравоохранения на федеральном, региональном уровне и в медицинских центрах некомпетентно в вопросах физико-технического развития медицины.

Наша техническая наука и промышленность тоже не готовы обеспечивать медицинскую радиологию, разрабатывать и производить для нее современное оборудование и радиофармпрепараты. Руководство техническими отраслями очень далеко от медицины, преобладает потребительский или коммерческий подход. Здесь, учитывая огромное отставание, необходимо отбросить псевдопатриотические амбиции и учиться у тех, кто делает это значительно лучше нас.

Система образования сегодня не умеет готовить кадры ни для радиологических клиник, ни для разработок и производств. А кадры, как известно, решают все.

## Предлагаемые меры

Чтобы догнать ведущие мировые державы, мы должны развивать радиологические центры, технологии и оборудование с большей скоростью, чем они, т.е. наращивая мощности ежегодно не менее чем на 20 % и научиться эффективно их использовать. Это очень трудно сделать, но можно при условии выделения необходимых средств и компетентного управления процессом развития. Самое главное и труд-

ное – решить проблему квалифицированных кадров.

Необходим медицинский радиологический (или атомный – МАП) проект, задача которого в течение 20 лет ликвидировать наше более чем 30-летнее отставание от высокоразвитых стран. За меньший срок это сделать нереально. Успешная реализация Проекта возможна только при условии научного и системного подхода. Работы должны вестись одновременно в трех направлениях:

1. Создание и развитие условий существования (или «среды обитания») высокотехнологичных радиологических комплексов в клиниках, подготовка кадров, нормативно-правовой базы, организация сервисной службы, выделение средств для содержания оборудования в клиниках и т.д.
2. Создание и развитие научно-обоснованной системы радиологических комплексов в медицинских центрах и крупных клиниках (включая планирование, проектирование, научное сопровождение, строительство, системное оснащение и освоение технологий лечения).
3. Разработка отечественного радиологического оборудования, технологий, радиофармпрепаратов, создание и развитие производств, развитие научных исследований, научных физико-технических и клинических школ и т.д.

На первом этапе выделяемые средства должны распределяться в следующих пропорциях: на 1-ое направление должно выделяться ориентировочно 10 % средств, на 2-ое – 70 % и на 3-е – 20 %. Но первое направление должно развиваться с опережением минимум на 2–3 года. Впоследствии пропорции могут быть изменены: уменьшена доля расходов на 2-ое направление и увеличена на 3-е.

Развиваться должны одновременно все разделы атомной медицины (лучевая терапия, ядерная медицина, лучевая диагностика и медицинская физика), т.к. они очень тесно связаны технологически в клинике и практически не могут существовать и развиваться друг без друга.

В течение 20 лет с учетом роста потребностей в соответствующих радиологических процедурах потребуются модернизация 140 существующих и создание еще минимум 400 новых отделов конформной лучевой терапии со стереотаксической радиохирургией и брахитерапией, создание более 20 клинических центров

адронной (протонной, ионной и нейтронной) терапии, более 50 центров радионуклидной терапии открытыми источниками, более 150 ПЭТ-центров, кардинальная модернизация или создание более 300 отделений радионуклидной диагностики и 400 отделений лучевой диагностики (рентген, КТ, МРТ, УЗИ).

Для этого потребуется произвести, закупить и установить в клиниках более 100 тыс. единиц высокотехнологичного радиологического оборудования. Предстоит реализовать более 300 различных разработок оборудования и радиофармпрепаратов, физико-технических и клинических технологий. При этом потребуется разработка и создание производств отечественного оборудования и препаратов для:

#### 1. Диагностической радиологии:

- ✓ Различные цифровые системы для общей и ангиографической рентгеновской диагностики.
- ✓ Системы для интервенционной радиологии.
- ✓ Различные системы для УЗИ.
- ✓ Системы для мультидетекторной спиральной компьютерной томографии.
- ✓ Системы для МРТ с различной напряженностью магнитного поля.
- ✓ Системы для ОФЭКТ и ОФЭКТ/КТ.
- ✓ Системы для ПЭТ и ПЭТ/КТ.
- ✓ Циклотроны и радиохимические лаборатории для производства диагностических и терапевтических радионуклидов и радиофармпрепаратов.
- ✓ Аппаратура для радионуклидной ин-витро диагностики.
- ✓ Ускорительные комплексы для медицинской стерилизации и обеззараживания отходов.
- ✓ Радионуклиды и радиофармпрепараты для диагностической радиологии.

#### 2. Терапевтической радиологии:

- ✓ Ускорительные комплексы для фотонной, электронной, протонной, ионной и нейтронной терапии с системами формирования пучка, модуляции интенсивности, управления облучением под визуальным контролем и т.д.
- ✓ Рентгеновские и радионуклидные терапевтические комплексы для дистанционной и контактной лучевой терапии.
- ✓ Стереотаксические радиохирургические рентгеновские и фотонные роботизированные комплексы (радиационные "скальпели").
- ✓ Аппаратные комплексы для брахитерапии (внутриполостной и внутритканевой,  $^{60}\text{Co}$ ,

$^{192}\text{Ir}$ ,  $^{252}\text{Cf}$ , с капсулами  $^{125}\text{I}$  под контролем УЗИ и РКТ).

- ✓ Программно-аппаратные комплексы для предлучевой топометрии, дозиметрического планирования, клинической дозиметрии, гарантии качества, радиационной безопасности и т.д.
- ✓ Комплекс оборудования для отделений радионуклидной терапии открытыми источниками.
- ✓ Комплекс оборудования для физической модификации лучевого лечения (гипертермии, магнитотерапии, лазерной терапии и т.д.).
- ✓ Радионуклиды и радиофармпрепараты для терапевтической радиологии

В соответствии со все возрастающими международными нормативами и оценками наших ведущих специалистов потребуется произвести и установить за 20 лет (ориентировочно):

- ✓ Медицинских ускорителей различного типа и назначения для лучевой терапии – 3000.
- ✓ Аппаратов для дистанционной гамма-терапии ( $^{60}\text{Co}$ ) – 500.
- ✓ Рентгеновских симуляторов (РС/КТ) – 1000.
- ✓ Аппаратов для брахитерапии – 1000.
- ✓ Систем дозиметрического планирования и клинической дозиметрии – 3000.
- ✓ Гамма-камер (ОФЭКТ и ОФЭКТ/КТ) – 1000.
- ✓ Рентгеновских аппаратов различного назначения – 30000.
- ✓ Компьютерных томографов – 15000.
- ✓ Магнитно-резонансных томографов – 3000.
- ✓ Ультразвуковых аппаратов – 20000.
- ✓ Позитронно-эмиссионных томографов (ПЭТ и ПЭТ/КТ) – 500.
- ✓ Циклотронных и других комплексов для разработки УКЖ-радионуклидов – 150.
- ✓ Аппаратов для физической модификации лучевого лечения – 2000.

### Необходимые вложения

Стоимость только закупки этого оборудования составит не менее 2,5 триллионов рублей. И это – не учитывая инфляции и появления новых, более сложных и дорогостоящих аппаратов, что приведет к увеличению стоимости закупок, а также необходимость за 20 лет, как минимум, двукратного его обновления.

Очевидно, что при таких цифрах ориентироваться только на импорт и не создавать собственных конкурентоспособных про-

изводств в России является серьезной стратегической ошибкой, которая уже сегодня обходится стране очень дорого, а завтра обойдется еще дороже.

Строительство новых корпусов обойдется в 400 миллиардов рублей, на обеспечение “среды обитания” радиологических комплексов в клиниках потребуется порядка 350 миллиардов рублей, а на науку и освоение производств – около 700 миллиардов.

Людьми, далеким от атомной медицины и не представляющим себе её роль и «размеры бедствия», могут показаться такие цифры чересчур завышенными. Однако сегодня именно такие вложения необходимы, чтобы при условии очень хорошо организованной и напряженной работы в течение 20 лет ликвидировать наше 30-летнее отставание. Заметим, что если бы начали решать проблему 10–15 лет назад, то потребовалось бы в 5 раз меньше средств (в сопоставимых ценах) и в 2 раза меньше времени. Если мы займемся данной проблемой не сегодня, а, допустим, через 5 лет, то догонять придется уже не 20, а 30 лет, и потребуются на это вдвое большее финансирование. Т.е. “промедление смерти подобно” для нашей атомной медицины и миллионов российских граждан.

Таким образом, по предварительным оценкам общая стоимость Проекта составит порядка 4 триллионов рублей. При этом стоимость первого этапа составит порядка 1,5 триллионов (т.е. ежегодно в среднем по 150 миллиардов), что позволит за первые 10 лет сократить наше отставание вдвое, а стоимость второго этапа – 2,5 триллиона рублей (т.е. ежегодно по 250 миллиардов), что позволит выйти на самый передовой мировой уровень.

## Об организации работ

В реализации этих разработок должны быть задействованы десятки существующих производств, научно-технических и медицинских учреждений, тысячи квалифицированных медицинских физиков, математиков, инженеров, радиохимиков, врачей. Должны быть созданы десятки новых институтов и лабораторий медицинской радиологической физики и инженерии, более 40 различных производств, цехов и заводов.

Но главное, что «побеждать надо не числом, а умением». Успех в первую очередь будет

зависеть от компетентности руководства и грамотной организации работ.

В организации и реализации работ должны активно участвовать Минздравсоцразвития и РАМН, Минобрнауки и РАН, корпорация «Росатом» и некоторые другие корпорации, ведущие медицинские, в первую очередь, онкологические и радиологические центры, Ассоциация медицинских физиков России с Институтом медицинской физики и инженерии, другие общественные и профессиональные организации. Координация этих работ должна осуществляться на надотраслевом уровне. Стратегическое научное руководство Проектом должна осуществлять РАМН совместно с РАН, а не отраслевые министерства. Персонально этим Проектом должны руководить самые компетентные в данной области и авторитетные ученые-системщики (медицинские физики и радиологи) естественно с помощью чиновников и при поддержке бизнесменов (а не наоборот – чиновники и бизнесмены при поддержке ученых).

Распределение сфер ответственности между ведомствами и организациями по направлениям и разделам Проекта должно быть осуществлено с учетом их компетенции и активности.

Стратегическое планирование и организацию работ по развитию атомной медицины необходимо осуществлять не только на федеральном, но и на региональном уровне, т.к. именно из региональных проектов будет складываться общероссийский результат. При этом для выхода из нынешнего катастрофического состояния на уровень ведущих мировых держав за 20 лет в каждом регионе недостаточно будет просто обновить оборудование и модернизировать существующий или построить какой-либо новый радиологический объект. В каждом регионе понадобится в десятки раз увеличить количество оборудования и кадровое обеспечение, а также в 4–5 раз увеличить количество радиологических объектов диагностического и терапевтического назначения. Это потребует разработки соответствующих региональных программ и проектов, как “слагаемых” общегосударственной “суммы” с привлечением и федеральных, и региональных средств.

Популистские, административные недостатки проработанные решения о создании ряда медицинских центров вне предлагаемого системного подхода и Проекта ни к чему хорошему не приведут.

## Ожидаемый результат

В результате реализации Проекта ежегодная смертность от онкологических, сердечно-сосудистых и других тяжелых заболеваний уменьшится более чем на 30 %, существенно повысится качество жизни больных, отечественное радиологическое оборудование станет конкурентоспособным и одним из лучших на мировом рынке. Вложенные средства многократно окупятся и обеспечат большие, возрастающие по геометрической прогрессии прибыли. Медицина в России станет наукой точной, значительно укрепится ее международный престиж, наша страна станет играть роль “мировой здравницы”.

АМФР разработала вариант концепции МАП и готова по заданию Правительства принять участие в разработке самого Проекта и в его реализации.

## Приложения

Краткий анализ ситуации и предложения по отдельным, наиболее важным направлениям и разделам Проекта даются в следующих приложениях:

Приложение 1. О необходимости создания системы компетентного управления физико-техническим развитием медицины.

Приложение 2. О необходимости разработки системы научного планирования радиологических клиник.

Приложение 3. О необходимости развития в России медицинской физики.

Приложение 4. О необходимости создания системы подготовки медицинских физиков.

Приложение 5. О необходимости создания и регулярного обновления нормативно-правовой базы медицинской радиологии.

Приложение 6. О необходимости создания системы научно-технического аудита, контроля и гарантии качества.

Приложение 7. О необходимости создания единой сервисной медико-физической службы.

Приложение 8. Краткий перечень первоочередных научно-технических проектов.

## Приложение 1

### О необходимости создания системы компетентного управления физико-техническим развитием медицины

Уже сегодня медицина имеет огромную, все более возрастающую и усложняющуюся физико-техническую составляющую. Особенно это касается медицинской радиологии, в которой она составляет 85 %. На фоне очень слабой в физико-технических вопросах компетенции врачей, в первую очередь, медицинских руководителей, все более обостряется проблема грамотного оснащения, модернизации, развития и эксплуатации радиологических комплексов и других, насыщенных очень сложными физико-техническими технологиями и оборудованием медицинских центров. Нет системы компетентного управления физико-техническим развитием медицины.

Сегодня вопросами физико-технического оснащения медицинских учреждений руководят либо чиновники минздравов, либо руководители медицинских учреждений, радиологических отделов и других подразделений, либо хозяйственники. Все они имеют образование, которое не дает необходимых базовых знаний в технике и технологиях современной атомной медицины, лучевой терапии, ядерной медицины, лучевой диагностики, радиобиологии, медицинской акустики, магнитотерапии, гипертермии, информатики, статистики, экономики, управления и т.д. Среди них нет руководителей, способных осуществлять системный подход. Они, в основном, просят деньги на закупки оборудования и строительство, не думая о создании комплекса условий для эффективной работы. Отсюда и принимаемые решения, как правило, безграмотны и бессистемны, следствием чего и являются неэффективные медицинские центры, огромные финансовые и человеческие потери.

Это касается и научных аспектов физико-технического развития медицины. Ученые знают проблему, у них появляются идеи, они знают, что и как надо делать, но без денег они ничего сделать не в состоянии. Они находятся в положении “бедного родственника”. А все деньги и, следовательно, реальная власть над наукой находится в руках больших чиновников и бизнесменов, которые фактически решают давать или не давать деньги на тот или иной проект. Экспертные же советы, в которых обыч-

но заседают ученые, играют лишь совещательную или рекомендательную роль, являясь хорошим “прикрытием”.

В реальной жизни, чтобы получить возможность реализовать свои идеи и предложения, ученые часто должны сначала очень долго объяснять большому начальнику, далекому от проблемы, “что это такое и с чем это едят”, затем доказывать очевидную для специалистов актуальность и перспективность предложений, потом “заинтересовать”. При этом самые нестандартные, оригинальные, революционные и перспективные, но сложные для понимания идеи очень редко встречают понимание и поддержку. Отсюда застой и отставание.

Выход один – обеспечить гораздо большее самоуправление науки и развития наукоемких технологий, возможность реально распределять финансирование проектов и получать деньги без длинной надстройки посредников. Особенно это относится к атомной медицине и медицинской физике, т.к. в этих новых областях начальники совсем не компетентны.

До тех пор пока научно-техническую политику в медицине будут определять и фактически руководить развитием те, кто выделяет и распределяет деньги (т.е. чиновники), а не сами ученые (т.е. РАМН и РАН), ничего хорошего не будет. Огромные средства будут разворовываться и выбрасываться на ветер, что сегодня и происходит.

Конечно, кое-что чиновники выделяют академиям для самостоятельного распределения, но это – “крохи” по сравнению с теми средствами, которыми “командуют” они сами. Конечно, среди чиновников и бизнесменов встречаются бывшие ученые и специалисты, но они обычно плохо ориентируются в самых новых областях науки, пользуясь старым “багажом”.

Вообще, РАМН и РАН практически отстранены от управления физико-техническим развитием медицины. Они должны взять инициативу на себя. Очевидно, что “центр тяжести” управления физико-техническим развитием медицины надо переместить в гораздо более компетентные структуры – РАМН и РАН, которые, в свою очередь, должны опираться на научные центры и общественные профессиональные организации. Именно эти структуры должны командовать в данной наукоемкой области, а не томиться “под пятой” отраслевых министерств, находясь от них в финансовой зависимости, боясь “попасть в немилость” и лишиться “пайки”.

Не случайно некоторые министерства предприняли недавно попытку полностью подчинить или уничтожить более компетентные в управлении дорогостоящими наукоемкими отраслями, но иногда “строптивые” академии. Вместо того, чтобы усилить и использовать РАМН как стратегический научный штаб, из под него “вырван” ряд медицинских центров, которые переподчинены, переведены в ранг отраслевых учреждений, и медицинская наука оказалась разорванной, часть ее попала под управление некомпетентных чиновников и коммерсантов, которые таким образом ослабили “конкурента”.

Корни разрыва между медициной и физикой в России лежат в отрыве медицинского образования от физико-технического и наоборот. Т.е. исходно врачи и физики у нас обучаются отдельно в разных ВУЗах, не контактируя и не подпитывая взаимно друг друга. Наличие у нас очень слабых кафедр медицинской и биологической физики в медицинских ВУЗах, фактически оторванных от серьезной физики, проблемы не решают. А в физико-технических ВУЗах медицину совсем не преподают. В университетах развитых стран имеются и физические, и медицинские факультеты с клиникой. Профессора-физики читают лекции студентам-медикам, профессора-медики читают свои лекции студентам-физикам. И сплав физики и медицины закрепляется на практике в университетских клиниках, которые в основном и “делают погоду” в медицинской науке.

Медицинских физиков, которые в развитых странах обучаются в университетах рядом с врачами-радиологами по специальным пересекающимся программам и которые потом, приобретая опыт и авторитет в медицине, отвечают в ней за физико-технические вопросы, у нас практически нет, и взяться им неоткуда. У нас медицинских физиков очень мало, они готовятся очень плохо, и они не готовы для выполнения определенных управленческих функций в здравоохранении. Они в медицине вообще пока являются людьми второго сорта.

Медицина должна иметь своих специально и хорошо обученных, высококвалифицированных физико-технических специалистов-управленцев. При этом важно, чтобы они были от природы хорошими системщиками. А системщик – это не столько образование, сколько образ мышления. Он должен обладать объемным и даже многомерным “видением” проблем.

Чтобы обеспечить грамотное управление физико-техническим развитием и оснащением медицины, в первую очередь, радиологии, необходимо:

1. Поднять уровень физико-технической подготовки врачей (особенно радиологов) в медицинских вузах, укрепляя существующие и создавая новые специализированные кафедры, учебные центры и курсы.
2. Поднять уровень подготовки медицинских физиков и инженеров, укрепляя существующие и создавая новые специализированные кафедры в технических ВУЗах.
3. Разработать соответствующие программы обучения, придав особое значение освоению теории и практики управления физико-техническим развитием медицины.
4. Организовать систему отбора, обучения и повышения квалификации высшего и среднего “командного” состава в медицине по физико-техническим вопросам: руководителей федерального и региональных министерств, департаментов здравоохранения, руководителей крупных медицинских центров и их заместителей, руководителей радиологических отделов, для чего создать специальный учебный центр.
5. Для компетентной организации физико-технического развития медицины в Минздравсоцразвития, в РАМН, в региональных министерствах и департаментах здравоохранения, в крупных медицинских центрах ввести должности заместителей первых руководителей по физико-техническим вопросам. На эти должности необходим особый отбор. Их должны занимать квалифицированные медицинские физики-системщики или специально подготовленные в физико-технических вопросах врачи, тоже системщики.
6. Возродить при крупных университетах медицинские факультеты с университетскими клиниками, как это сегодня уже делается в МГУ им. М.В. Ломоносова. Например, это целесообразно сделать в рамках создаваемого Федерального ядерного университета при МИФИ, где можно было бы хорошо готовить совместно по пересекающимся программам и медицинских физиков и врачей-радиологов.
7. Для выработки и реализации научно-технической политики в здравоохранении при Минздравсоцразвитии и при РАМН создать специализированные координационные советы по медицинской физике и инженерии.

8. Для развития научных физико-технических исследований в медицине при РАН и РАМН создать отделения или секции медицинской физики и инженерии.

9. Руководство физико-техническим развитием медицины возложить на РАМН совместно с РАН.

В первую очередь АМФР предлагает разработать концепцию системы управления физико-техническим развитием российской медицины, соответствующую программу обучения руководящих кадров и создать специальный учебный центр.

## Приложение 2

### О необходимости разработки системы научного планирования радиологических клиник

Планирование и проектирование – это совершенно разные вещи. Известно, что создание высокотехнологичных онкорadiологических клиник с медицинскими ускорителями, “гамма-найфами”, “кибер-найфами”, системами томотерапии, ПЭТ-центрами, центрами ядерной медицины, протонной, ионной, нейтронной терапии и т.п. из-за их сложности и наукоемкости, стремительного развития этих технологий и ежегодного появления новых все более сложных моделей оборудования невозможно без научного планирования и научного сопровождения. Однако у нас в этом деле преобладает административно-коммерческий, а не научный подход. Планирование отсутствует вообще.

Есть ли в стране человек, который, обладая соответствующей компетенцией и полномочиями, персонально за это отвечает?

Кто и в рамках каких узаконенных документов должен ответить на следующие вопросы?

Сколько нужно таких клиник? Какие задачи они должны решать – лечебные, научные, образовательные? Какими характеристиками они должны обладать и каким нормативным требованиям отвечать? Где и какой “мощности” они нужны? Сколько нужно в каждой конкретной клинике ускорителей и других аппаратов? Какие технологии в данной клинике должны быть освоены? Какие типы оборудования и с какими функциональными возможностями нужны? Какие должны быть организованы структурные подразделения? Сколько и каких

специалистов должно быть подготовлено? Как и где должен быть организован процесс подготовки кадров? Как должна быть организована система управления онкорadiологическим комплексом? Какие требования предъявляются к организации системы гарантии качества и безопасности? Сколько и каких помещений с учетом резервирования и развития требуется? Как должно быть размещено оборудование и организовано их сервисное обслуживание? Как должна быть спланирована динамика поэтапного долгосрочного развития комплекса? И т.д. и т.п.

Обычно на практике все начинается с лозунгов об актуальности, красивых рекламных планировок и непонятно откуда взятых цифр, и сразу проектируют без научно-обоснованной постановки задачи и научного планирования. При этом либо недооценивается, либо завышается стоимость объекта и работ, выбирается неправильная технология их реализации, закладываются деньги только на проект, строительство и оборудование, отчего зависит лишь 30 % успеха. Проектирование радиологических объектов часто осуществляют некомпетентные в данной области проектные организации, либо не имеющие соответствующей лицензии, либо купившие ее, что делается элементарно. Практически не планируются мероприятия и не закладываются средства на другие важные и более сложные дела – на научное планирование, подготовку квалифицированных кадров, освоение технологий, создание сервисной медико-физической службы и т.д., от чего зависит 70 % успеха последующего лечения больных (не считая чисто медицинских факторов). Самое главное, вообще не обсуждается, откуда возьмутся квалифицированные медицинские физики и радиологи при отсутствии системы их подготовки. В результате эти ключевые вопросы просто не решаются.

Не учитывается реальная динамика освоения оборудования и технологий. Обычно закупается и поставляется сразу все оборудование. Однако процесс установки и полного освоения каждого аппарата даже при наличии укомплектованности кадрами и достаточного уровня квалификации, очень сложен и длителен. Иногда он занимает 2–3 года. А т.к. к моменту поставки оборудования чаще всего подготовленных кадров не бывает, то значительная часть закупленной дорогостоящей техники обычно долго простаивает, морально и физически стареет, ожидая своей очереди. К тому мо-

менту, когда удастся (если вообще удастся) освоить все функциональные возможности со всеми опциями, этот аппарат пора списывать, заменяя на более современный.

В результате непродуманности и несбалансированности всех этапов работ, медицина получает практически “мертвые” объекты, простаивающие и очень неэффективно работающие “зоопарки” дорогостоящего оборудования в красивых корпусах. Огромные деньги фактически выбрасываются “на ветер” и разворовываются, очереди на лучевое лечение не уменьшаются, а качество лечения больных не повышается.

Создание таких объектов – это очень серьезное и сложное дело, требующее высочайшего профессионализма и научного системного подхода. Но оно превращается у нас в своего рода “парад” по установке “крутой” импортной техники и созданию “потемкинских деревень”. А “командуют парадом” некомпетентные в данной области чиновники вместе с продавцами дорогостоящего оборудования. При этом интересы больных подменяются интересами личной наживы. Этот процесс никак не регулируется и не контролируется.

Сегодня у нас нет соответствующих нормативов и правил, которые бы узаконили научно-обоснованные, весьма специфические технологии планирования и построения медицинских радиологических объектов. А при создании этих объектов используются технологии построения объектов совсем другого назначения (обычных медицинских, общегражданских, атомных энергетических), абсолютно не применимые в данном случае.

Что обычно происходит? Медицинский заказчик, который занимается лечением на устаревшем оборудовании и отстает в техническом развитии, чаще всего недостаточно ориентирован в самых последних достижениях и тенденциях развития. Сам он не занимается проектированием и созданием радиологических клиник, поэтому обращается к проектировщикам, которые сами не занимаются ни созданием, ни использованием данных технологий и, естественно, не могут начать работу без грамотной постановки задачи. Некомпетентны в этих вопросах, но пытаются захватить эту “нишу” некоторые чиновники и физики-ядерщики, которые занимаются ядерными, энергетическими и военными задачами. Но они по роду своего образования и своей деятельности, отсутствия соот-

ветствующего опыта совершенно не владеют медицинской спецификой данных технологий. Иногда заказчика “уговаривают” фирмы-поставщики оборудования, которые планируют объект однобоко под свои коммерческие интересы. Но ни заказчик, ни проектировщик, ни продавец оборудования не умеют научно-обоснованно поставить задачу с учетом обеспечения всех необходимых условий. А наиболее ориентированные в данной области, ведущие медицинские физики и радиологи ни к постановке задач, ни к активному участию в их решении либо не привлекаются, либо привлекаются в качестве “фигового листа” для прикрытия чьих-то личных интересов “факультативно” и эпизодически.

От грамотной постановки задачи зависит очень многое, поэтому необходимо узаконить на этапе предпроектной подготовки научное планирование, медико-технические требования (МТТ) на медицинский радиологический объект и медико-техническое задание (МТЗ) на его проектирование. Эти документы должны быть обязательны и стандартизованы. На их разработку должны предусматриваться соответствующие средства. Разрабатывать их должны специальные научные организации и ученые, постоянно (а не эпизодически) и профессионально занимающиеся на клинической базе (а не на стороне) развитием соответствующей теории, практическим созданием и использованием медицинских радиологических объектов, что должно быть подтверждено соответствующими публикациями. Наиболее близки к этой проблеме опытные специалисты, профессора в области медицинской физики и радиологии. Разработку этих документов можно поручить только тем специалистам, которые в соответствии с этими МТТ и МТЗ сами будут осуществлять научное сопровождение создания данного объекта, а не ограничат свое участие безответственными рекомендациями. Очень важно узаконить, сделать обязательным и обеспечивать финансированием последующее научное сопровождение процесса создания такого объекта с целью обеспечения гарантии качества и безопасности лечебно-диагностических технологий. Оно должно включать научное руководство и консультирование проектных работ, подготовку исходных данных на лечебные технологии и оборудование, разработку нестандартных программно-аппаратных систем, научно-

технический аудит планируемого оснащения, подготовку и повышение квалификации кадров (врачей-радиологов, медицинских физиков и инженеров), подготовку нормативно-правовой базы, научно-методическую поддержку освоения и эффективного использования лечебного оборудования и технологий, организацию системы управления радиологической клиникой и т.д.

Необходимо разработать и узаконить современный технологический стандарт по созданию и эксплуатации медицинских радиологических клиник. Должны быть разработаны критерии и методики оценки качества этих объектов для осуществления объективного контроля за их созданием и эксплуатацией.

Ассоциация медицинских физиков России (АМФР) и Институт медицинской физики и инженерии (ИМФИ), объединяющие ведущих специалистов-ученых медицинских физиков и радиологов уже около 15 лет, по собственной инициативе занимаются научным планированием и научным сопровождением создания и эксплуатации радиологических комплексов, разработкой соответствующих технологий, МТТ и МТЗ на радиологические корпуса. Нами именно по этой проблеме опубликовано более 50 научных трудов. Само проектирование затем осуществляется опытной специализированной проектной организацией – ГСПИ (Росатом).

Опыт показывает, что только активное и хорошо организованное участие ученых (медицинских физиков и радиологов) в процессе планирования и проектирования позволяет создавать эффективно работающие радиологические клинические системы. Без компетентных ученых проектировщики не в состоянии правильно спроектировать такую клинику. Только ученые-системщики могут координировать сложную технологическую цепочку по созданию радиологической клиники, обеспечивая стыковку различных этапов работы, различных специалистов и различные организации.

В связи с этим считаем необходимым организовать разработку и утверждение современного регламента научного планирования, проектирования и создания радиологических клиник. АМФР и ИМФИ, имеющие большой опыт в данной области, готовы активно участвовать в разработке такого регламента.

### Приложение 3 О необходимости развития в России медицинской физики

Медицина, несмотря на то, что сегодня она уже многого достигла и продолжает дальше развиваться, встречается со все более сложными проблемами, которые образуют труднопреодолимый для нее “барьер”. Некоторые занимающиеся этими проблемами ученые понимают, что этот “барьер” уже нельзя преодолеть без физики и физиков, опираясь только на традиционные медицинские подходы, на классический клинический менталитет, даже с помощью отдельных представителей точных наук, играющих пока еще вспомогательную роль. Только физики, “погруженные в медицину с головой”, постоянно и активно в ней работающие, помогут медицине сделать “революционный скачок” в ее развитии и преодолеть этот барьер.

Пока руководство нашей страны и здравоохранения, к сожалению, не понимают, что бесполезно решать медицинские проблемы XXI века, опираясь на идеологию и стратегию середины XX века. Давно пора выработать и реализовывать принципиально новую идеологию и стратегию атомной медицины.

В России сегодня практически нет социально значимой и бурно развивающейся в мире науки и специальности – медицинской физики.

Сфера деятельности медицинской физики намного шире, чем атомная медицина. Она включает в себя и использование в медицине неионизирующих излучений, и физику человека, и многое другое. Атомную медицину обслуживает, в основном, медицинская радиационная физика, которая составляет 80 % всей медицинской физики, поэтому мы просто будем использовать далее термин “медицинская физика”.

Медицинская физика – это самостоятельная специфическая наука на стыке физики и медицины, которая занимается изучением и созданием физических методов и средств терапевтического, диагностического и профилактического назначения. Это не просто сумма физики и медицины. Она решает более сложные задачи, чем обычная физика, т.к. имеет дело с самым сложным и “хрупким” живым объектом – человеческим организмом в условиях значительно больших ограничений, чем любая другая физика (ядерная физика, геофизика,

космическая физика и т.п.). Мы не можем позволить себе с человеком даже в лечебных целях манипуляции, которые возможны в исследованиях с любыми другими неживыми или биологическими объектами. При этом необходимо обеспечивать сочетание высокой точности, надежности, комфортности для пациентов, доступности для врачей, безопасности и гарантии качества лечения. Это влечет за собой постановку и решение принципиально новых для физики и для медицины более сложных теоретических и экспериментальных задач, а, следовательно, принципиально новых средств и методов.

Медицинская физика – это фундамент атомной медицины. Без нее у нас нет и не будет нормально работающих в клиниках укоротительных комплексов, аппаратов для прецизионного конформного облучения под компьютерным управлением в режиме реального времени, томотерапии, радиационных “ножей”, ядерной медицины, ПЭТ-центров, протонных, ионных и нейтронных терапевтических центров и т.д. Не будут развиваться, осваиваться и эффективно использоваться соответствующие технологии. А это оборудование и технологии только начало, видимая “надводная часть” огромного “айсберга возможностей”, которые физика может дать и в будущем даст медицине. Все это сегодня появляется на Западе (главным образом, в США), где медицинская физика в большом почете процветает и развивается. В последние десятилетия эти медико-физические технологии в развитых странах стремительно развивались, ежегодно наращивая мощности на 10–15 %, в то время как в России они находятся в застойном, эмбриональном состоянии, и этот показатель не превышает 0,5 %.

Врачи без медицинской физики не могут в клиниках эффективно использовать радиологическое оборудование, а разработчики его создавать. Медицинская физика – источник и фундамент медицинской радиологии, которая стремительно развивается, успешно дополняя хирургическую и лекарственную медицину. У нас же нет этого источника и фундамента.

Медицинской физикой нужно, в первую очередь, заниматься внутри медицины, и лишь, во вторую, в стороне от нее (например, в ядерных центрах). “Осчастливить” медицину физикой со стороны нельзя. В первую очередь, нужны физики, которые должны постоянно работать рядом с врачами, решая вместе с ними ежедневно практические и научные пробле-

мы лечения больных, а не “поучая” со стороны. Они должны для каждого больного осуществлять и развивать точные физико-математические расчеты и прецизионные измерения, без которых врач не может, например, подвести необходимую терапевтическую дозу облучения к опухоли, не поражая жизненно важные соседние органы.

К медицинской физике нельзя относиться как к чему-то вспомогательному и второстепенному. Современные мощности терапевтических и диагностических радиологических комплексов, все возрастающие потоки нуждающихся в физических измерениях и расчетах пациентов требуют наличия в клиниках мощных отделений медицинской физики по 30–40 и более квалифицированных сотрудников, а не поверхностно подготовленных одиночек.

В ближайшие годы ожидается появление новых “чудес”, которые вполне предсказуемы. Скорее всего, они опять появятся в США. Чиновники и коммерсанты, которые у нас решают судьбу вопроса, реагируют на уже свершившееся, используемое за рубежом и, естественно, с опозданием попавшее на наш рынок очередное медико-физическое “чудо”. Да и то они часто за “чудо” принимают на первый взгляд весьма эффективную, хорошо разрекламированную и активно лоббируемую, но недостаточно доработанную и апробированную систему. Некоторые отечественные специалисты мирового уровня по медицинской физике все появляющиеся сегодня новинки предвидели еще 30–40 лет назад, но им не предоставлялись возможности эти идеи развивать и доводить до внедрения. В руководстве страны, отечественной физики и здравоохранения эти специалисты (которых единицы) всерьез не воспринимались. Не было ни соответствующего института, ни финансирования. И сегодня этих возможностей нет. Поэтому мы и находимся в данной области “на задворках” научно-технического прогресса.

Наша очень отсталая медицинская радиология оснащается лишь за счет импортных закупок оборудования, которое из-за отсутствия квалифицированных медицинских физиков в клиниках потом либо простаивает, либо используется неэффективно. “Железо” можно просто купить, а “мозги” к нему надо очень долго и умело выращивать, а затем постоянно “подпитывать” и развивать. Без них “железо” и не работает, и само не создается.

Медицинская физика имеет очень перспективную, практически еще не освоенную фундаментальную составляющую. Научившись в будущем контролируемо управлять широким спектром физических излучений, она даст медицине гораздо более точные средства и методы диагностики и лечения, чем те, которые известны сегодня.

Если обратить взгляд в будущее, можно предвидеть революционные открытия в области фундаментальной медицинской физики человеческого организма, в развитии человеко-машинных живых систем, применяемых при создании и использовании медицинских центров, в развитии микро-, нано-, пико-, фемто- и атто-технологий медицинского назначения, в совершенствовании медицинского структурного и элементного анализа, в развитии средств и методов медицинской визуализации, в изучении биополей и взаимодействий, происходящих в живом организме.

Медицинская физика – это то недостающее звено в “цепочке” современных наук, которое в содружестве с другими существующими науками (медициной, биофизикой, биохимией, генетикой, ядерной физикой, радиобиологией, кибернетикой и т.д.), позволит решить многие мучающие человечество проблемы: лечение онкологических, сердечно-сосудистых, эндокринологических, нервных, психических, кожных, инфекционных, воспалительных и других заболеваний. Медицинская физика позволит визуализировать пространственные распределения всех химических макро- и микроэлементов в организме человека с целью диагностики заболеваний и решения наиболее сложных вопросов экологии, обеспечивать прицельную доставку лекарств непосредственно к патологическим очагам без побочного воздействия на нормальные окружающие ткани, осуществлять в режиме реального времени навигационное планирование хирургических операций, что позволит резко снизить число послеоперационных осложнений, стимулировать качественный скачок в развитии интервенционной радиологии, которая при минимальной инвазивности позволяет объединить в единый процесс диагностические исследования и лечебные воздействия и т.д.

Если на государственном уровне поддерживать отечественную медицинскую физику, то можно разгадать тайны мозга и создать искусственный разум, создать более совершенные искусственные органы и системы, без хирурги-

ческого вмешательства “сжигать” жир и “уничтожать” тромбы, удалять камни в почках, в желчном и мочевом пузыре, сращивать, наращивать и оживлять ткани, стимулировать и останавливать рост волос и костей, управлять психикой, решать проблемы стерилизации медицинских и пищевых продуктов, консервации живых организмов и даже продления жизни, управлять обменными процессами и регулировать вес человеческого тела. Возможно будет разгадать тайны экстрасенсорных способностей некоторых людей и даже ответить на вечный вопрос о существовании жизни после смерти. Эти, на первый взгляд, фантазии вполне могут превратиться в реальность, если дать возможность физикам серьезно заниматься исследованием человеческого организма и медициной. При этом, конечно, речь не идет о праве заниматься лечением вместо врачей.

В России медицинская физика, зародившись практически одновременно с зарождением атомной отрасли, так и осталась в “эмбриональном” состоянии. В то время как в ведущих мировых державах количество медицинских физиков увеличивалось ежегодно на 10–15 %, создавались все новые институты и отделы медицинской физики, она у нас без поддержки государства влачила и сегодня влачит жалкое существование. Если в США сегодня в клиниках работает более 6 тысяч медицинских физиков, в Англии – 2,5 тысячи, во Франции – 1,5 тысячи, то в России их всего 260, из которых квалифицированных не более 30. Если 10 лет назад мы по количеству медицинских физиков на 100 тыс. населения находились на 24-ом месте в мире, то сегодня мы уже откатились на 35-ое место. Это и является одной из главных причин нашего более чем 30-летнего практически безнадежного отставания в области медицинской физики и медицинской радиологии, и это отставание нарастает. Чтобы через 20 лет выйти на мировой уровень нам понадобится всего не менее 30 тыс. медицинских физиков, причем в клиниках – не менее 10 тысяч.

Медицинская физика в России – беспризорная наука. Российские медики ее плохо понимают, они вообще очень слабы в физике. Фундаментальные физики думают, что это никакая не самостоятельная наука, и этим достаточно заниматься попутно в научно-технических институтах ядерного и другого профиля. Руководители страны, чиновники и бизнесмены не видят от медицинской физики ни политической, ни экономической выгоды.

Правда, благодаря активной работе АМФР и поддержке некоторых авторитетных ученых в 2000 году была узаконена в Минвузе специальность “медицинская физика”, и в 2007 году в РФФИ появился специальный раздел “медицинская физика”.

Однако в системе здравоохранения, в первую очередь, в учреждениях онкологического и радиологического профиля нет такой очень нужной должности “медицинский физик”, и нет в ВАКе такой научной специальности, что препятствует процессу повышения квалификации данных специалистов и создания профессорско-преподавательского корпуса.

АМФР сегодня является единственной компетентной организацией, которая «кровно» заинтересована и в течение 15 лет активно занимается проблемой выживания и развития медицинской физики в России. Она учредила и регулярно с 1995 года издает журнал “Медицинская физика”, который в 2007 году был включен в перечень ВАКа, организует национальные и международные конференции и конгрессы, проводит курсы повышения квалификации и поддерживает развитие медицинской физики в ВУЗах, организует и реализует научные программы и проекты (см. сайт: [www.amphr.ru](http://www.amphr.ru)). Однако она не находит в этом необходимой государственной поддержки.

АМФР разработала перечень научно-технических проектов, необходимых для создания и развития отечественного радиологического оборудования и технологий (см. Приложение 8).

Из-за отсутствия государственных институтов медицинской физики АМФР вынуждена была создать пока по собственной инициативе как некоммерческое учреждение Институт медицинской физики и инженерии (ИМФИ), который смог на контрактной основе объединить для реализации ряда научных и образовательных проектов лучших специалистов из различных медицинских и научно-технических центров.

Но медицинская физика как любая серьезная наука, например, ядерная физика или медицина не может существовать и развиваться только на общественных инициативах и структурах, без серьезной государственной поддержки.

АМФР очередной раз настоятельно рекомендует руководству страны принять срочные меры по развитию в России медицинской физики, начав с разработки концепции и целевой программы ее развития, создания первого в

России нормального государственного Института медицинской физики и инженерии на базе одного из крупных медицинских онкорadiологических научных центров и выделения средств, необходимых для реализации конструктивных шагов по развитию этой науки.

АМФР и созданный ею Институт медицинской физики и инженерии готовы активно в этом участвовать, осуществляя научно-методическое руководство и координацию работ.

#### **Приложение 4** **О необходимости создания системы подготовки медицинских физиков**

Создаваемые сегодня в клиниках России (вдгонку опередившему нас на 30 лет Западу) радиологические комплексы с медицинскими ускорителями, "гамма-найфами" и "кибер-найфами", ПЭТ-центрами, центрами ядерной медицины, протонной, ионной и нейтронной терапии и т.д., какие бы хорошие ни были, без медицинских физиков практически работать не будут. На фоне больших вложений у нас реальный лечебный эффект не превышает 10 % от возможного, т.к. мы к использованию этих комплексов абсолютно не подготовлены. Вложения делаются лишь в корпуса и оборудование (да и то без компетентного научного подхода), а в «мозги», их подготовку, аттестацию и организацию их работы практически ничего не вкладывается. Нужны квалифицированные в данной области медицинские физики и врачебные кадры, и специальная "среда обитания" (нормативно-законодательная база, система управления, сервисная служба и т.д.), чего у нас нет.

Сколько нам потребуется медицинских радиологических физиков? Сегодня их у нас работает в клиниках лучевой терапии всего 260, в то время как необходимо по международным нормативам на уже имеющееся оборудование и технологии 1500. Через 20 лет у нас их только в лучевой терапии понадобится более 7 тыс. Если дополнительно учитывать ядерную медицину, лучевую диагностику, применение неионизирующих излучений в клинической и экспериментальной медицине, увеличение нормативов в связи с существенным усложнением оборудования и технологий, а также потребность в медицинских радиологических физиках и инженерах в немедицинских (научных, образовательных, производственных и коммерческих) структурах, обслуживающих меди-

цину, у нас таких специалистов понадобится около 30 тысяч. Следовательно, нужна система ежегодной подготовки уже сегодня – 600, а в перспективе – 2 тысяч таких специалистов. Из них треть должна готовиться для клинической работы. Причем их подготовка наиболее трудоемка, ответственна и длительна.

Речь идет, главным образом, о практической подготовке медицинских физиков для клиник, способных осуществлять расчеты и измерения, необходимые врачам ежедневно для лечения каждого отдельного пациента, и сервисное обслуживание радиологических комплексов. Это очень ответственная работа, от которой зависит здоровье и жизнь пациентов. Этим не могут заниматься физики вне клиники, работающие, например, в университетах и ядерных научных центрах, не имеющих в своем распоряжении хорошо развитых и адаптированных для учебных целей онкорadiологических клиник. Там можно готовить только разработчиков оборудования и радиофармпрепаратов.

Создавать такую систему подготовки и готовить таких медицинских физиков для клиник могут только специалисты, не только владеющие широкими и глубокими физико-математическими и медицинскими знаниями, но и имеющие не менее чем 10–15-летний клинический опыт по совместному лечению с врачами тысяч больных с различными заболеваниями на самой современной аппаратуре. А таких специалистов в России не более 30 человек, и почти все они уже пожилого возраста. В основном они работают в ведущих онкорadiологических учреждениях Москвы и Санкт-Петербурга, и лишь половина из них расположена к педагогической деятельности, т.е. мы испытываем огромный дефицит педагогических кадров, и начинать надо с их подготовки.

Чтобы подготовить квалифицированного медицинского физика для обслуживания технологий и оборудования лучевой терапии и ядерной медицины 2–3 уровня сложности, после ВУЗа необходимо 5–6 лет, а для обслуживания 4–5 уровня сложности – 8–10 лет, что значительно дольше, чем требуется на строительство и оснащение центра. И это при отлаженной системе подготовки и готовых учебных центрах. Но у нас этого нет, и государство от этой проблемы самоустранилось. Минздравсоцразвития и Минобрнауки этим даже не начали заниматься, несмотря на многочисленные (в течение последних 15 лет) рекомендации и предложения специалистов (десятки резолюций и писем). У нас даже нет в

медицинских учреждениях должности «медицинский физик», хотя АМФР уже давно направила для оформления ее все необходимые документы в Минздравсоцразвития и постоянно «беспокоит» чиновников.

У нас нет и еще долго (лет 10) не будет конкурентоспособного отечественного оборудования. А пока, чтобы хорошо лечить, мы вынуждены покупать импортное. Оборудование то мы можем купить, а как быть с квалифицированными «мозгами» радиологических физиков и радиологов? Мы что и их будем покупать за рубежом? Кстати, и там медицинских физиков не хватает.

Конечно, мы должны для подготовки медицинских физиков использовать и зарубежные учебные центры, и в отдельных случаях привлекать иностранных профессоров для чтения лекций, и направлять молодых специалистов на стажировку или на тренинг по закупочным контрактам. Но главный «стержень» в системе подготовки должен быть свой.

В России еще пока сохранилась небольшая группа высококвалифицированных и опытных медицинских физиков, ученых и практиков, (в основном, пожилого возраста), работающих в различных медицинских, образовательных и научно-технических учреждениях. Они объединены под флагом организованного Ассоциацией медицинских физиков России некоммерческого учреждения «Института медицинской физики и инженерии» (ИМФИ) и пока сохраняют в стране научную школу «медицинской радиологической физики». Сегодня только этот Институт (за неимением соответствующей государственной структуры) способен разработать и предложить Правительству пригодную в российских условиях оптимальную систему подготовки, повышения квалификации и сохранения медицинских физиков и инженеров для высокотехнологичных радиологических клиник. Это должна быть система последовательных этапов непрерывного образования, начиная с базовой подготовки и завершая подготовкой профессорско-преподавательского состава, высококвалифицированных специалистов для решения самых сложных практических и научных задач.

Недавно искусственно созданные кафедры в некоторых ВУЗах практически бесполезны и никак не вписываются в такую систему. Из-за отсутствия у них клинических баз, специального оборудования, преподавательского корпуса и средств они не в состоянии ни гото-

вить таких специалистов, ни разрабатывать систему их подготовки. Их самих еще надо «ставить на ноги» и учить «уму-разуму». В результате клиники получают некавалифицированных специалистов, которых еще приходится самим обучать многие годы. Такое бессистемное обучение мало продуктивно. Большая часть выпускников из-за нищенской зарплаты в клиниках вообще уходит в коммерцию. Попытки создания какого-нибудь учебного центра не на базе ведущей клиники, а где-нибудь в стороне ни к чему хорошему не приведут.

В ВУЗовской подготовке медицинских физиков нам надо учиться не только у США и других развитых стран, но и даже у Польши и Латвии, которые в данной области за последние 8–10 лет практически с нуля поднялись на европейский уровень. Там созданы хорошие учебные центры на базе онкологических клиник совместно с университетами. Нашим гораздо более сильным ученым – медицинским физикам остается только завидовать.

АМФР с ИМФИ по собственной инициативе много лет занимаются подготовкой таких кадров посредством краткосрочных курсов на базе РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН совместно с рядом других ведущих онкологических и радиологических центров и с международными организациями – МАГАТЭ, ВОЗ, ESTRO, IOMP, иногда используя для этого лучших иностранных специалистов и лучшие зарубежные центры. Таким образом, мы знаем, что и как надо делать, но мы не имеем ни технических, ни финансовых возможностей для серьезной подготовки требуемого числа радиологических физиков.

Необходимо разрабатывать учебные курсы, учебники и учебные пособия, готовить преподавателей, создавать учебные лаборатории, специальное учебное оборудование и т.д. Это достаточно длительная, сложная и недешевая работа. И она должна выполняться специалистами, компетентными в данной области.

Оценим размер необходимых вложений в подготовку медицинских физиков, основываясь на опыте развитых стран. Стоимость базовой подготовки одного специалиста в течение двух последних курсов физико-технического ВУЗа составит порядка 1 млн. рублей (т.е., по 0,5 млн. руб. ежегодно). Последипломная подготовка одного медицинского физика только для лучевой терапии в течение 1 года стоит 1 млн. руб. Таким образом, чтобы подготовить 7000 специалистов для обслуживания технологий 3–5-го уровней сложности в течение 20 лет,

потребуется вложить около 50 млрд. руб., т.е., в среднем, по 2,5 млрд. руб. в год. И это – только для лучевой терапии, где медицинские физики наиболее востребованы и подготовка которых наиболее трудоемка и дорога. Если учесть необходимость подготовки медицинских физиков для других областей медицины, научно-технических учреждений, университетов и производств, а также необходимость начальных вложений в создание соответствующей учебной инфраструктуры, то общая сумма вложений составит не менее 150 млрд. руб., т.е. в среднем по 7,5 млрд. руб. в год.

Нами предпринимались попытки получения государственной поддержки этой деятельности через конкурсы Роснауки и Рособразования, через Минздравсоцразвития. Но в этих ведомствах необходимой поддержки наши предложения не получили. Более того, они “спихивают” эту проблему друг на друга и непонятно, какое ведомство отвечает за подготовку специалистов на стыке физики и медицины.

В связи с этим необходимо Минобрнауке, Минздравсоцразвитию и РАМН совместно определиться в этом вопросе и организовать систему подготовки и сохранения квалифицированных медицинских радиологических физиков и инженеров, начиная с разработки соответствующей концепции, программы развития и создания первого в России специализированного учебно-научного центра на базе ГУ РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН. Это надо было делать “вчера”, чтобы успеть подготовить эти кадры к моменту оснащения и запуска создаваемых медицинских центров.

АМФР и ИМФИ готовы совместно с РОНЦ и другими ведущими онкорadiологическими центрами и университетами взяться за выполнение этой работы.

## **Приложение 5 О необходимости создания и регулярного обновления нормативно-правовой базы медицинской радиологии**

За последние 30 лет наша медицинская радиология безнадежно отстала не только из-за очень плохого технического, технологического и кадрового обеспечения, но и из-за отсутствия адекватного нормативно-правового сопровождения. Если плохое оснащение медицинских центров и отсутствие отечественных производств

можно объяснить недостаточным в этот период финансированием здравоохранения, то чем объяснить полное отсутствие необходимых бумажных нормативно-правовых документов?

Необходимые нормативные документы по подразделениям лучевой терапии, ядерной медицины и лучевой диагностики либо вообще отсутствуют, либо безнадежно устарели, что сильно тормозит развитие этих высокотехнологичных областей медицины в России и создает большие проблемы для лечебно-диагностической работы клиник. Так, например, до сих пор действует пресловутый приказ № 1004 Минздрава СССР от 1977 года об отделениях лучевой терапии, ориентированный на технологии и оборудование более чем 30-летней давности. Ни бывший Минздрав, ни нынешний Минздравсоцразвития никак не реагирует на многочисленные резолюции конгрессов и конференций, предложения, письма и разработанные специалистами проекты нового документа. Причина – давний и неизлечимый паралич власти, некомпетентность руководства отечественным здравоохранением в этих вопросах.

Существующие де-факто в онкологических и радиологических клиниках медицинские физики и лучевые терапевты отсутствуют де-юре. Следовательно, их профессиональная деятельность плохо организована, что неизбежно снижает качество лучевого лечения онкологических заболеваний. По организации медико-физического обеспечения и необходимых сегодня отделений медицинской физики никаких нормативных документов не было и нет.

В документах, регламентирующих льготы за вредность, сотрудникам, работающим в отделениях лучевой терапии, несправедливо дискриминируются сотрудники, обслуживающие ускорители по сравнению с теми, кто работает на гамма-аппаратах с  $^{60}\text{Co}$ . Любому специалисту известно, что ускорительная секция – это фактически рентгеновская трубка только интенсивность и энергия излучения на выходе более чем в 100 раз выше, а при энергиях более 18 МэВ появляется дополнительно нейтронная компонента. Таким образом, потенциальная радиационная опасность для сотрудников, работающих на ускорителях, существенно выше, чем для персонала, обслуживающего рентгеновские или гамма-терапевтические ( $^{60}\text{Co}$ ) аппараты, а предусмотренные льготы, наоборот, меньше. Нонсенс!

Это приводит к тому, что персонал, в частности, для получения льготной пенсии не

заинтересован работать на более современной, более качественной и более экологически чистой ускорительной технике, что препятствует обновлению радиотерапевтического оборудования, вредит больным, персоналу и окружающей среде. А Минздравсоцразвития и другие ответственные ведомства, несмотря на многочисленные предложения и жалобы с мест в течение многих лет, даже не думают обновить соответствующие документы.

Другой, более свежий пример. четыре года назад появились, основанные на большом экспериментальном опыте, документы Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) и Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) по обеспечению радиационной безопасности при радионуклидной терапии с открытыми источниками ( $^{131}\text{I}$ ). Они убедительно обосновывают в связи с достаточно большим разбавлением жидких радиоактивных отходов нецелесообразность в большинстве случаев использования станций спецочистки в таких отделениях. Однако никакие наши государственные ведомства не отреагировали на это и не внесли соответствующие изменения в нормативные документы.

В результате в клиниках продолжается проектирование, и значит будет вестись строительство и оснащение этих станций, что серьезно усложняет, удорожает и сдерживает внедрение очень эффективных технологий лечения многих эндокринологических и онкологических заболеваний.

Без наведения порядка в нормативно-правовой сфере нельзя обеспечить ни эффективность использования быстро развивающихся высоких радиологических технологий и дорогостоящего оборудования, ни высокого качества лечения. Вообще должна быть создана система регулярного (не реже чем раз в 3 года) обновления нормативно-правовой базы в данной области.

При этом в Минздравсоцразвития должны быть разработаны соответствующие положения о службе, подразделениях, оснащении, штатном расписании, должностях, изданы приказы, методические указания, рекомендации и СанПины. Должны быть разработаны положения об Условиях и охране труда, а к пенсионному законодательству – соответствующие “подзаконные акты” о льготах. Необходимы методические указания по планированию, проектированию, оснащению, сервисному обеспечению радиологических корпусов и т.д.

Вообще, надо усовершенствовать систему нормативно-правового обеспечения, делегируя некоторые полномочия в данной области из федерального на региональный уровень.

Необходимо организовать и профинансировать эту работу. Ассоциация медицинских физиков России (АМФР) и Институт медицинской физики и инженерии (ИМФИ) готовы принять активное участие в ее организации и реализации.

## **Приложение 6**

### **О необходимости создания системы научно-технического аудита, контроля и гарантии качества**

Низкая научно-техническая культура нашей медицины вообще и ее руководителей, в частности, их малая осведомленность и наивная доверчивость в сочетании с желанием некоторых крупно заработать, отсутствие квалифицированных кадров медицинских физиков и службы медико-физического сервиса, а также адекватной системы управления очень сложными радиологическими комплексами уже приводит и приведет к еще большим бесполезным затратам и трагическим последствиям для миллионов больных. Совершенно очевидно, что без системы контроля качества нет и не может быть организована эффективная медицинская помощь.

Сколько средств сегодня вложено и сколько из них реально работает? Так, по оценкам Ассоциации медицинских физиков России (АМФР), используются лишь 10 % возможностей закупленного радиологического оборудования. А что на это скажет Минздравсоцразвития, которое фактически занимается лишь бесконтрольной раздачей денег?

Сегодня наш Минздравсоцразвития не знает, сколько из высокотехнологичных радиологических комплексов реально работают и как они работают, как они используются и в новых, и в старых радиологических отделениях. А как можно чем-то руководить, ничего об этом не зная и не имея обратной связи?

И узнать об этом неоткуда, т.к. нет соответствующей системы контроля и аудита, нет такой государственной службы. За неимением этого обычно просто направляется запрос в какое-либо подчиненное министерству головное медицинское учреждение (онкологическое или радиологическое), которое не занимается про-

фессионально научно-техническим аудитом и контролем качества, не имеет соответствующих специалистов, не разрабатывало и не имеет необходимых критериев и методик. В результате ответ на такой запрос получается формальный и поверхностный с точностью “плюс-минус километр”.

Необходимо организовать разработку критериев и методик оценки качества, наладить на их основе систему научно-технического аудита и контроля качества, подготовить специалистов, разработать соответствующую нормативно-правовую базу. Конечно, можно создать такую государственную службу. Но можно, как это делается в некоторых высоко развитых странах, предоставлять эту функцию независимым общественным или некоммерческим профессиональным организациям. Так в России этим давно, правда, по собственной инициативе применительно к физико-техническому состоянию лучевой терапии и ядерной медицины занимается АМФР с Институтом медицинской физики и инженерии (ИМФИ). Нами совместно с ведущими онкорadiологическими и радиологическими центрами разработана стратегия и концепция физико-технического развития медицинской радиологии в России и в рамках ее многие конкретные вопросы. В том числе, есть заделы по разработке критериев и методов экспертной оценки радиологических систем. На эту тему имеется ряд публикаций, делаются доклады на конференциях и конгрессах. Но руководство российского здравоохранения пока к этому вопросу интереса не проявляет, на эту информацию никак не реагирует и соответствующие работы не финансирует. Следовательно, критерии и методы оценки качества не дорабатываются, не внедряются и не используются.

Необходимо проработать системуощрений за высокое качество услуг и наказаний за низкое качество.

АМФР и ИМФИ готовы по заданию Правительства совместно с ведущими онкологическими и радиологическими центрами подготовить концепцию системы научно-технического аудита и контроля качества в медицинской радиологии. Мы готовы также по примеру развитых стран разработать применительно к российским условиям программы гарантии качества лучевой терапии, ядерной медицины и лучевой диагностики и содействовать их реализации в российских медицинских учреждениях.

## **Приложение 7**

### **О необходимости создания единой сервисной медико-физической службы**

Хороший медико-физический и физико-технический сервис является главным условием стабильной и эффективной лечебной работы радиологических отделений и радиологического оборудования. Отсутствие его в наших радиологических клиниках – основная причина очень низкой эффективности использования в них сложного радиологического оборудования, огромных связанных с этим экономических потерь и низкого качества лечения.

Медико-физический сервис радиологических технологий в клиниках обеспечивают медицинские физики, которые осуществляют физико-математические расчеты и измерения на больных, контроль радиационных параметров оборудования, компьютерное сопровождение и обработку изображений, гарантию качества лучевого лечения и радионуклидной диагностики, радиационную безопасность и т.д. Таких специалистов в России очень мало, и их в “готовом виде” не выпускает ни один ВУЗ, т.к. нет ни нормальных, имеющих все необходимое кафедр медицинской физики, ни системы их подготовки, ни квалифицированного преподавательского корпуса. Хотя формально, вроде бы, ряд таких кафедр в стране имеется. Клиники фактически сами бессистемно пытаются их готовить из “полуфабриката” с базовым физико-математическим образованием.

Особое значение имеет централизованная поверка клинических дозиметров и ТЛД-тестирование пучков излучения радиотерапевтических аппаратов, без чего невозможно качественное и безопасное использование радиации. Первое осуществляется в трех учреждениях, причем только в одном из них это делается на хорошем уровне “в содружестве” с МАГАТЭ. В России необходимо иметь минимум 7 таких поверочных лабораторий. Второе вообще осуществляется уже много лет только Ассоциацией медицинских физиков России (АМФР) на общественных началах в содружестве с МАГАТЭ. Регулярное тестирование показывает, что состояние лучевых аппаратов в России катастрофическое. Оно в 2 раза хуже, чем в других развивающихся странах. Соответствующие поверочные и тестирующие лаборатории должны быть составной частью медико-физической службы.

Физико-технический сервис осуществляют в тесном контакте с медицинскими физиками инженеры по радиологическому оборудованию (ускорители, гамма-аппараты, гамма-камеры, компьютерные томографы и т.д.). Они отвечают за работоспособность этих радиационных аппаратов, контролируют их технические характеристики, осуществляют профилактику, плановый и внеплановый ремонт. Это особые радиологические инженеры, которых практически не готовит ни один ВУЗ. Наиболее близких специалистов готовят ускорительные кафедры МИФИ и Физфака МГУ, но их еще надо основательно дообучать и адаптировать под медицинскую специфику.

Таким образом, мы испытываем очень острый дефицит специалистов по медико-физическому и техническому сервису. Спрос на них удовлетворяется не более чем на 10 %, и лишь единичные онкорadiологические клиники (5 %) получают удовлетворительное сервисное обслуживание. Поэтому ничего удивительного нет в том, что почти все, например, замечательное ускорительное оборудование высокой сложности либо не работает, либо работает плохо.

Для того, чтобы подготовить необходимое число таких специалистов (сегодня их нужно около 1500), обеспечить ими все радиологические клиники и организовать там соответствующие сервисные структуры до достижения положительного результата после принятия политического решения, выделения необходимых средств и организации системы подготовки кадров потребуется не менее 10 лет.

Очевидно, что для частичного снятия «напряжения» в условиях острого дефицита специалистов параллельно с эволюционным развитием собственных сервисных структур в клиниках (что займет очень много времени) надо срочно создавать при ряде ведущих онкорadiологических учреждений медико-физические сервисные центры (коллективного пользования). Они должны включать в себя отделы медико-физического, технического и компьютерного сервиса и обслуживать, в первую очередь, отделы лучевой терапии (которых у нас 140) и ядерной медицины (которых у нас 200). Через 20 лет этих отделов будет в 3 раза больше.

В условиях дефицита тракторов и механизаторов в период коллективизации СССР имел положительный исторический опыт создания МТС, которые вахтовым методом обслуживали не имеющие ни техники, ни специали-

стов колхозы. Похоже, сейчас надо применять такой же «прием». Альтернативы этому решению нет.

Наибольшее число нуждающихся в таком сервисном обслуживании радиологических отделов находится в европейской части РФ. Кроме того, они расположены относительно компактно, значительно ближе от наиболее развитых онкорadiологических центров с хорошими транспортными связями.

Поэтому лучше всего начать с создания двух «пилотных» центров в Москве (на базе ГУ РОНЦ им.Н.Н. Блохина РАМН) и в Санкт-Петербурге (на базе ФГУ РНЦРХТ), где имеются наиболее сильные подразделения медицинских физиков и радиологических инженеров по оборудованию. На базе этих учреждений также имеется система подготовки и повышения квалификации специалистов, что необходимо для укомплектования таких сервисных центров квалифицированными кадрами. И, вообще, лучше всего, если сервисные, учебные и научные медико-физические центры будут совмещены, т.к. это позволит более рационально использовать ограниченные кадровые, технические и клинические возможности и рационально координировать их деятельность.

В дальнейшем по мере подготовки кадров и других условий с помощью двух «пилотных» головных центров в Москве и Санкт-Петербурге можно будет создать еще ряд таких сервисных (или учебно-сервисных) центров в регионах (например, в Екатеринбурге, Новосибирске, Челябинске, Иркутске, Самаре), где имеется определенная активность в этом вопросе.

Создание системы сервисных центров исключает необходимость гарантийного и сложного сервиса, который обычно осуществляют фирмы-поставщики и производители оборудования. Это также не исключает необходимости одновременного укрепления самостоятельных сервисных групп в каждой клинике, которые должны осуществлять оперативный контроль за состоянием оборудования и несложный ремонт. Сервисные центры имеют свою «нишу» в технологической сервисной цепочке. Главная их задача будет оказание помощи клиникам, которые не имеют сегодня и еще долго не будут иметь собственных квалифицированных и достаточно мощных сервисных групп.

В связи с вышеизложенным предлагается создать единую сервисную медико-физическую и физико-техническую службу. АМФР и ИМФИ

готовы по заданию Правительства и Минздравсоцразвития взять на себя разработку ее концепции и заняться ее организацией.

## Приложение 8

### Краткий перечень первоочередных научно-технических проектов

Для создания и развития отечественного радиологического оборудования и технологий в рамках МАП необходима федеральная научно-техническая программа (НТП). Предлагается следующий перечень проектов для такой программы, разработанный АМФР с участием ведущих специалистов онкологических, радиологических и научно-технических центров России.

Главными задачами Программы должны являться:

- I. Разработка научно обоснованной системы планирования, создания и эксплуатации высокотехнологичных клинических радиологических (терапевтических и диагностических) комплексов в онкологических и радиологических учреждениях России и системы экспериментальных медицинских радиологических комплексов при ядерных центрах (т.е. научно-внедренческих медико-физических "полигонов").
- II. Разработка, освоение производства и внедрение в клиническую практику самого современного сложного радиационного диагностического и терапевтического оборудования, а также создание условий для эффективного его использования в клинике.
- III. Разработка и внедрение в клиническую практику ряда принципиально новых радиационно-физических средств и методов диагностики и лечения онкологических и других тяжелых заболеваний.
- IV. Создание научно-практических, образовательных и сервисных структур

Для реализации этой Программы необходим научно-деловой альянс ученых-физиков, медицинских физиков, врачей, разработчиков оборудования, радиобиологов, биофизиков, ведущих онкологических, радиологических и научно-технических центров в области высоких медико-физических технологий.

Руководить этой Программой должны ученые, т.е. РАМН и РАН, а не чиновники министерств и ведомств или бизнесмены.

Предлагаемый перечень проектов, естественно, не охватывает все актуальные задачи

в области атомной медицины и медицинской физики.

В рамках Программы должны осуществляться следующие проекты:

- I. Проекты планирования, проектирования, создания и эксплуатации онкорadiологических комплексов** (теоретические основы, критерии оценки, методы оптимизации, математические модели функционирования, разработка МТТ, ТЗ, проектной и нормативной документации, технологии построения, оснащения, эксплуатации и управления)
1. Комплекс конформной дистанционной и контактной лучевой терапии с радиационной хирургией.
  2. Госпитальный центр протонной и ионной лучевой терапии.
  3. Клинический центр нейтронной (нейтронно-соударной и нейтронно-захватной) терапии.
  4. Комплекс физической модификации лучевого и лекарственного лечения (лазерная терапия и диагностика, гипертермия, гипотермия, гипоксия, магнитотерапия и т.д.).
  5. Центр позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ-центр).
  6. Центр ядерной медицины (радионуклидной диагностики и терапии).
  7. Комплекс диагностической и интервенционной радиологии (рентген, РКТ, МРТ, УЗИ и т.д.).
  8. Центр радиационной стерилизации медицинских средств и обеззараживания отходов.
  9. Сервисный медико-физический центр.
  10. Учебный и научно-методический медико-физический центр.
  11. Компьютерный радиологический центр и информационно-аналитический радиологический центр.
  12. Отдел медико-технологического менеджмента.
  13. Научно-внедренческий медико-физический центр.
  14. Отдел радиационной и экологической безопасности.
  15. Исследовательский экспериментальный медицинский комплекс на базе ядерно-физического центра.

## II. Актуальные проекты по созданию отечественного сложного радиационного диагностического и терапевтического оборудования

16. Линейный ускоритель электронов на 20 МэВ (с многолепестковым коллиматором и с системами портальной визуализации, модуляции интенсивности, визуального управления облучением и стереотаксиса).
17. Линейный ускоритель электронов на 6 МэВ (с многолепестковым коллиматором и с системами портальной визуализации, модуляции интенсивности, визуального управления облучением и стереотаксиса).
18. Микротрон для лучевой терапии на 10 МэВ (с многолепестковым коллиматором и с системами портальной визуализации, модуляции интенсивности, визуального управления облучением и стереотаксиса).
19. Циклический ускоритель для протонной и ионной лучевой терапии с системой гантри и другим необходимым оборудованием.
20. Протонный (ионный) роботизированный "скальпель".
21. Ускоритель для нейтронно-соударной терапии.
22. Малогабаритная установка (мини-реактор) для нейтронно-захватной терапии.
23. Радиационный роботизированный фотонный скальпель (типа "кибер-нож").
24. Универсальный компьютеризированный рентгенотерапевтический аппарат для стереотаксической близкофокусной и глубокой рентгенотерапии (типа X-наиф).
25. Аппаратный комплекс для брахитерапии (внутриполостной и внутритканевой,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ).
26. Аппаратный комплекс для гамма-нейтронной брахитерапии с  $^{252}\text{Cf}$ .
27. Аппаратный комплекс для брахитерапии с капсулами  $^{125}\text{I}$  под контролем УЗИ и РКТ.
28. Рентгеновский симулятор-томограф (и томограф-симулятор).
29. Позитронный эмиссионный томограф (ПЭТ).
30. Однофотонный эмиссионный компьютерный томограф (ОФЭКТ).
31. Магнитно-резонансные томографы (МРТ) с различной напряженностью магнитного поля.
32. Мультидетекторный спиральный рентгеновский компьютерный томограф (РКТ)
33. Комбинированные радиационно-диагностические (ОФЭКТ/РКТ, ПЭТ/РКТ) системы.

34. Циклотроны и радиохимические лаборатории для производства диагностических и терапевтических радионуклидов и РФП.
35. Комбинированные радиационные терапевтические системы (гамма-нейтронные и др.)
36. Комплекс оборудования для физической модификации и реабилитации (гипертермии, гипотермии, магнитотерапии, лазерной терапии и т.д.).
37. Комплекс оборудования для радионуклидной терапии открытыми источниками.
38. Различные цифровые системы для общей и ангиографической рентгеновской диагностики.
39. Системы для интервенционной радиологии.
40. Различные системы для УЗИ.
41. Аппаратура для радионуклидной ин-витро диагностики.
42. Ускорительные комплексы для медицинской стерилизации и обеззараживания отходов.

## III. Некоторые актуальные научные технологические проекты

### а) Радиационная медицинская физика

43. Трехмерное планирование конформной дистанционной лучевой терапии с многолепестковыми коллиматорами и модуляцией интенсивности.
44. Трехмерное радиобиологическое планирование дистанционной лучевой терапии.
45. Оптимизация трехмерного планирования дистанционной лучевой терапии.
46. Индивидуальный радионуклидный диагностический контроль терапевтического действия ионизирующего излучения (система оперативной обратной связи).
47. Универсальная контрольно-измерительная система для обеспечения гарантии качества дистанционной лучевой терапии.
48. Детектор для одновременного измерения поглощенной дозы и качества терапевтического излучения.
49. Дозиметрия узких терапевтических пучков ионизирующих излучений.
50. Лучевая терапия в продольно-поперечном магнитном поле.
51. Радиомодифицирующее и лечебное действие слабого вихревого магнитного поля.
52. Детектирующий модуль на основе кремниевого фото диода для ядерной медицины.

53. Система дозиметрического обеспечения радионуклидной терапии с открытыми источниками.
  54. Система индивидуального дозиметрического планирования радионуклидной терапии с открытыми источниками.
  55. Аппаратно-программная система для ТЛД-дозиметрии.
  56. Комбинированная магнитно-радионуклидная терапия.
  57. Гарантия качества фотонной и электронной лучевой терапии.
  58. Гарантия качества протонной и ионной лучевой терапии.
  59. Гарантия качества и клиническая дозиметрия нейтронной лучевой терапии.
  60. Спектрометр для контроля качества нейтронной лучевой терапии.
  61. Аппаратно-программный комплекс для сочетанного воздействия на опухоль СВЧ и ионизирующих излучений.
  62. Программное обеспечение быстрого и высокоточного расчета доз в дистанционной лучевой терапии методом Монте-Карло.
  63. Применение нейронных сетей для планирования лучевого лечения.
  64. Информационная система компьютерного обеспечения лучевой терапии онкологических больных.
  65. Трехмерное радиобиологическое планирование контактной лучевой терапии.
  66. Система программно-аппаратного обеспечения контроля параметров МРТ-диагностики.
  67. Контроль параметров изображения мультидетекторных спиральных РКТ.
  68. Методы планирования, проектирования и системного оснащения онкорadiологических центров.
  69. Критерии и методы оценки качества онкорadiологических систем.
  70. Системы иммобилизации пациентов при терапевтическом облучении.
  71. Физико-технические методы и средства предлучевой топометрической подготовки.
  72. Система методов и средств физической модификации лучевого и лекарственного лечения.
  73. Системы утилизации жидких радиоактивных отходов при радионуклидной терапии.
  74. Система медико-физического обеспечения эффективного клинического использования сложных радиационных терапевтических и диагностических комплексов.
  75. Спектрометрический метод определения пространственного распределения радионуклидов.
  76. Методы математической обработки и интерпретации диагностических изображений.
  77. Методы автоматизированного распознавания образов в диагностической радиологии.
  78. Радиофармпрепараты для радионуклидной диагностики с использованием ОФЭКТ.
  79. Радиофармпрепараты, меченные ультракороткоживущими радионуклидами для ПЭТ.
  80. Радиофармпрепараты для радионуклидной терапии открытыми источниками.
  81. Системы иммобилизации пациентов в лучевой диагностике.
  82. Системы формирования пучков облучения в лучевой терапии.
  83. Фантомы для медико-физических экспериментальных исследований характеристик радиодиагностической аппаратуры.
  84. Фантомы для медико-физических экспериментальных исследований характеристик радиотерапевтической аппаратуры.
- б) Клинические методики с использованием физико-технических технологий**
85. Методики радионуклидной ин-виво диагностики различных заболеваний с использованием ОФЭКТ.
  86. Методики радионуклидной ин-витро диагностики.
  87. Методики ПЭТ-диагностики различных заболеваний.
  88. Методики радионуклидной терапии различных заболеваний с использованием открытых источников.
  89. Методики лучевой диагностики различных заболеваний с использованием цифровой рентгеновской техники.
  90. Методики лучевой диагностики с использованием РКТ и МРТ.
  91. Комплексные (сочетанные) клинические методики с использованием различных комбинаций диагностических средств.
  92. Методики интервенционной радиологии.
  93. Методики дистанционной конформной фотонной и электронной лучевой терапии с MLC.
  94. Методики дистанционной фотонной лучевой терапии с IMRT.
  95. Методики дистанционной фотонной лучевой терапии с IGRT.

96. Методики стереотаксической радиохирургии.
97. Методики предлучевой топометрической подготовки.
98. Методики модификации лучевой терапии с помощью локальной гипертермии.
99. Методики модификации лучевой терапии с помощью гипотермии.
100. Методики модификации лучевой терапии с помощью лазерной терапии.
101. Методики модификации лучевой терапии с помощью магнитотерапии.
102. Экспериментальные исследования и клинические методики протонной лучевой терапии.
103. Экспериментальные исследования и клинические методики нейтронно-соударной лучевой терапии.
104. Экспериментальные исследования и клинические методики нейтронно-захватной лучевой терапии.

#### **в) Образование**

105. Система университетского образования, последиplomного образования и повышения квалификации медицинских физиков.
106. Разработка и издание учебников, учебных пособий, лабораторных практикумов по различным разделам медицинской физики и медицинской радиологии.
107. Разработка специальных учебных аппаратно-программных комплексов и тренажеров по медицинской радиологической физике.
108. Система подготовки и повышения квалификации лучевых терапевтов.
109. Система подготовки и повышения квалификации радиационных технологов.
110. Система подготовки и повышения квалификации врачей-радиологов для ядерной медицины.
111. Система подготовки и повышения квалификации лучевых диагностов.
112. Система подготовки и повышения квалификации преподавателей по медицинской физике и инженерии.
113. Система подготовки и повышения квалификации преподавателей по диагностической и терапевтической радиологии.
114. Система подготовки и повышения квалификации руководителей здравоохранения разного уровня в области физико-технического развития медицины.

#### **г) Нормативно-правовая база**

115. Система нормативно-правовых документов по дистанционной лучевой терапии с генерирующими источниками.
116. Система нормативно-правовых документов по радионуклидной диагностике.
117. Система нормативно-правовых документов по радионуклидной терапии с открытыми источниками.
118. Система нормативно-правовых документов по позитронно-эмиссионной томографии.
119. Система нормативно-правовых документов по дистанционной лучевой терапии с закрытыми радионуклидными источниками.
120. Система нормативно-правовых документов по радионуклидной брахитерапии.
121. Система нормативно-правовых документов по лучевой диагностике.

#### **IV. Создание научно-практических, образовательных и сервисных структур**

122. Создание специальных научных и образовательных центров, институтов и кафедр в области радиационной медицинской физики и инженерии.
123. Создание специальных сервисных фирм и центров.
124. Создание системы поверочных дозиметрических лабораторий.
125. Создание системы оценки, контроля и гарантии качества и соответствующих структур.
126. Создание медицинских радиологических "центров компетенции", строго реализующих программу гарантии качества и конформности лучевого лечения.
127. Создание крупных, средних и малых научно-производственных компаний, современных специализированных предприятий по производству радиологического оборудования.
128. Создание фирм по продаже и внедрению радиологического оборудования.
129. Создание сертификационных и лицензионных центров, научно-технических аудиторских и консалтинговых фирм.
130. Организация всей технологической цепочки взаимодействия вышеперечисленных структур.