

# МЕДИКО-ФИЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

*В.А. Костылев*

*АМФР, Институт медицинской физики и инженерии, Москва*

## **Введение**

Сегодня медицина в своем распоряжении имеет уже достаточно большой выбор медико-физических технологий и оборудования как для терапии, так и для диагностики заболеваний.

Так, в терапии используется широкий спектр ионизирующих излучений: рентгеновское, фотоны, электроны, протоны и т.д. При этом применяются различные гамма-аппараты, ускорители, реакторы, нейтронные генераторы, радионуклиды и т.д. Для диагностики, планирования лечения и контроля результатов лечения широко используются различные средства визуализации: рентген, УЗИ, РКТ, МРТ, ОФЭКТ, ПЭТ и др. Для лечебного воздействия и как физические модификаторы используются различные источники оптического излучения, ультразвук, применяется гипертермия, гипотермия, магнитные поля.

Наиболее широко распространены эти технологии и оборудование в высокоразвитых странах, особенно в США, Германии, Швеции, Японии и др. Бурное развитие этих технологий, их широкое распространение и эффективное использование в клиниках этих стран базируется на мощном фундаменте медицинской физики и хорошо организованном медико-физическом обслуживании. Однако Россия, несмотря на свой несомненно высокий уровень науки и образования, сильно отстает в данных областях и по времени (лет на 30–40), и по количеству самых перспективных медико-физических комплексов (в сотни и даже тысячи раз) в клиниках.

Сегодня уже накоплен большой объем научно-технических знаний и достижений. Однако наука вырвалась далеко вперед, а ее

практическое применение у нас в клиниках сильно отстает. Настало время более эффективного, комбинированного, системного применения имеющихся технологий и аппаратов.

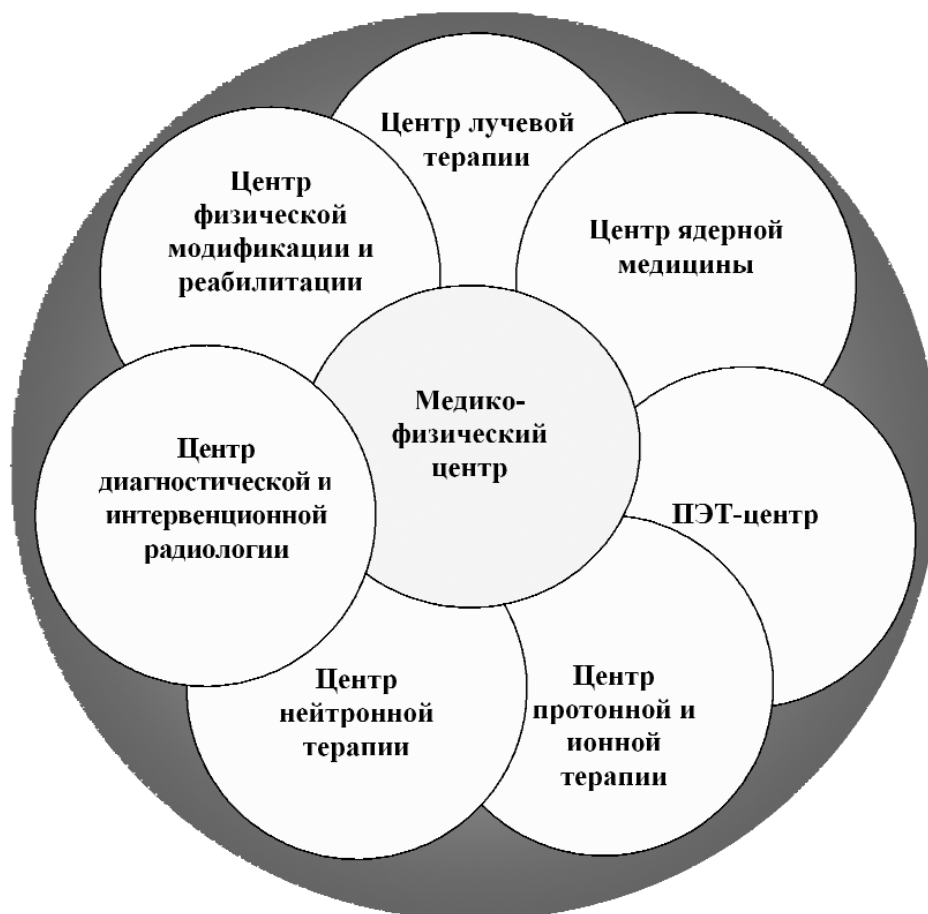
Появление сложных медико-физических лечебных и диагностических технологий и оборудования наряду с проектированием и оснащением соответствующих клинических центров ставит очень важную проблему их эффективного использования.

Это касается в первую очередь клинических центров конформной лучевой терапии, протонной и нейтронной терапии, центров ядерной медицины и ПЭТ-центров, центров физической модификации.

Специфика этих комплексов заключается в том, что они не могут эффективно функционировать в клинике без компетентной и хорошо организованной медико-физической службы, укомплектованной высококвалифицированными медицинскими физиками и инженерами (рис. 1).

При этом необходимы научное планирование и проектирование, системное оснащение с заблаговременной подготовкой команды (а не единиц) высококвалифицированных кадров и сервисных медико-физических и технических служб, организация системы адекватного финансирования для сохранения и стабильной работы этих служб, организация единой системы функционирования и взаимодействия этих центров и служб.

Должны быть организованы компетентный аудит и консультирование, информационная поддержка, система диспетчеризации потоков пациентов, статистический учет и анализ результатов диагностики и лечения, онко-радиологический регистр, контроль наличия и



**Рис. 1.** Система радиологических клинических центров [1, 2]

состояния оборудования, технологий и специалистов и т.д.

Структура и общая схема взаимодействия онкорadiологической и медико-физической служб представлена на рис. 2. Здесь приведена иерархия различных категорий онкорadiологических учреждений и медико-физической службы, обеспечивающей их физико-техническую поддержку.

### **Задачи медико-физической службы в клиниках.**

Общими задачами такой службы в клиниках являются [3]:

1. Физико-техническое обеспечение лучевой терапии, лучевой диагностики, ядерной медицины, лазерной медицины и других областей медицины, использующих физические излучения, медико-физические технологии и аппаратуру.
2. Обеспечение высокого уровня медико-физического обслуживания, предоставляемого в лечебном учреждении.
3. Ответственность за стандартизацию и калибровку медико-физического оборудования, за точность и безопасность физических методов, используемых в повседневной клинической практике, в тесном сотрудничестве с медицинским персоналом.
4. Проведение и организация научных исследований по развитию и внедрению новых медико-физических технологий и аппаратов.
5. Организация и проведение обучения по прикладной физике, медико-физическим технологиям и технике врачей, инженеров, медицинских сестер, младшего медико-технического персонала, студентов (физиков и врачей) и технических работников.
6. Административная работа по организации медико-физического обслуживания и технического оснащения.



**Рис. 2.** Территориально-отраслевая структура онкорadiологической и медико-физической служб

7. Ведение необходимой медико-физической и технической документации.
8. Участие совместно с медицинским персоналом в планировании, организации и проведении лечебно-диагностического процесса.
9. Ответственность (совместно с медицинским персоналом) за диагностику и лечение больных, за безопасность проводимых процедур.
10. Контроль и гарантия качества медико-физических диагностических и лечебных технологий.
11. Калибровка и метрологическая поверка дозиметрической и радиометрической аппаратуры, эксплуатируемой в учрежде-

ниях сети государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

12. Физико-математическая экспертиза и разработка проектов помещений для размещения медико-физической аппаратуры.

В каждой из медико-физических областей эти задачи приобретают более конкретное содержание. Так, например, в лучевой терапии это:

1. Выбор оптимального по радиационно-физическим параметрам источника облучения и типа облучения.
2. Составление общего плана лучевой терапии, выбор режима фракционирования по

- радиобиологическим критериям, в том числе и по оптимизационным математическим моделям.
3. Проведение и компьютерная обработка результатов предлучевой топометрии с использованием методов фотоплочной и цифровой рентгенографии, а также рентгеновской, магнитно-резонансной и ультразвуковой компьютерной томографии.
  4. Расчет пространственного распределения поглощенных доз в теле больного с помощью компьютерных систем дозиметрического планирования, в том числе для дистанционного, контактного и сочетанного методов облучения.
  5. Дозиметрическое планирование дистанционной и контактной лучевой терапии.
  6. Многопараметрическая оптимизация планов лучевого лечения с использованием конформных дозных полей.
  7. Абсолютная и относительная клиническая дозиметрия, измерение поглощенных доз на пациенте и в поле пучка.
  8. Контроль точности реализации дозиметрического плана с помощью средств и методов дозиметрии *in vivo* и визуализации дозового распределения в облучаемых анатомических структурах.
  9. Дозиметрическое планирование радионуклидной терапии при терапевтическом использовании радиофармпрепаратов, в том числе с помощью компьютерных расчетов, фантомных и *in vivo* измерений пространственного распределения активности в теле больного.
  10. Организация и выполнение мероприятий по обеспечению радиационной безопасности больного, в том числе снижению радиационного риска поражения тканей и органов, не затронутых патологическим процессом.
  11. Разработка и выполнение программ гарантии качества облучения, в том числе по метрологическому контролю.
  12. Оснащение отделений лучевой терапии современной радиационно-физической аппаратурой и вспомогательным оборудованием, в том числе участие в монтаже и приемо-сдаточных испытаниях радиационно-терапевтических установок.
  13. Физико-математическое обеспечение проектирования помещений для радиационно-терапевтических установок.
  14. Калибровка радиационно-физических параметров пучка излучения и проведение фантомных измерений пространственного распределения поглощенных доз.

15. Внедрение в лечебную практику новых методов лучевой терапии.
16. Организация и проведение мероприятий по иммобилизации больного при топометрии и облучении.

Применительно к лучевой диагностике, ядерной медицине и при использовании неионизирующих излучений задачи медико-физической службы приводятся также в работе [3].

### **Об эффективности использования радиационных терапевтических комплексов**

Мониторинг технического состояния отделений лучевой терапии показывает, что относительно простое оборудование находится в рабочем состоянии 90 % времени, средней сложности – 70 %, а ускорительные 20-МэВные комплексы 30 %. А если учитывать не только рабочее состояние, но и степень использования функциональных возможностей, то в последнем случае эффективность использования составляет лишь 10 % [1].

Основными причинами этого являются плохое (неадекватное) финансовое обеспечение эксплуатации, дефицит медицинских физиков соответствующей квалификации и плохо организованный сервис.

Сегодня государство вкладывает немалые средства в закупку сложных терапевтических диагностических комплексов, а затем фактически бросает их на призыв судьбы.

В то время как материальные потери при использовании медико-физических технологий (по оценке Американского колледжа клинической инженерии) в США составляет 13–17 %, а в развивающихся странах 85–92 %, то в России (по оценке АМФР) они в 1,5 раза больше, чем в развивающихся странах.

Так у нас в лучевой терапии (оснащенной пока преимущественно относительно несложной техникой) положение с качеством пучков и дозиметрической аппаратурой намного хуже, чем в развивающихся странах. Тестирование облучателей, проведенное МАГАТЭ и АМФР в России с помощью ТЛД-дозиметрии, показало, что у нас почти в 2 раза больше неудовлетворительных результатов, чем в развивающихся странах. Причинами этого являются: оснащение устаревшим оборудованием (в некоторых клиниках работают на списанных гамма-терапевтических аппаратах), низкая квалификация медицинских физиков и несоответствующая международным стандартам поверочная лаборатория в РНЦРР.

Т.к. “КПД” резко снижается с повышением сложности оборудования, то можно себе представить, что нас ожидает в будущем с протонными, нейтронными и ПЭТ-центрами, если мы не повысим медико-физическую культуру, не создадим соответствующие службы в клиниках и не отработаем их, например, на ускорительных комплексах конформной лучевой терапии.

У нас сегодня есть выбор оборудования. Т.е. имеются “кирпичи”, но из них надо строить надежные и удобные “дома”. Вот этого как раз мы и не умеем – не умеем создавать, а затем эффективно эксплуатировать сложные медико-физические комплексы непосредственно в медицинских центрах.

Сегодня 94 % онкологических учреждений в первую очередь по кадровому обеспечению очень далеки от «созревания» для освоения и эффективной эксплуатациикупаемых сложных ускорительных комплексов с мультифоллиметрами, модуляцией интенсивности и 3-мерным планированием. Даже ведущие онкологические учреждения еще не достигли необходимого “уровня зрелости”.

## **Различные группы медицинских физиков, их функции и положение в системе медико-физического обеспечения**

Для медико-физического обеспечения сложных радиационных терапевтических и диагностических комплексов медицинские физики сегодня должны:

1. Продолжить усовершенствование существующих и разработку новых медико-физических технологий и аппаратов.
2. Организовывать и обеспечивать процесс внедрения новых технологий и аппаратов в клиники (коммерциализация проектов, медико-технологический менеджмент)
3. Обеспечивать стабильное и качественное медико-физическое обслуживание оборудования и технологий в клиниках.
4. Готовить высококвалифицированные кадры медицинских физиков и инженеров.

Те медицинские физики, которые в научно-технических учреждениях занимаются разработками, не должны самоустраиваться от задач, связанных с внедрением и последующим эффективным использованием их научной продукции. Конечно, главное их занятие это НИОКР, но без их инициативы и заинтересованного участия во внедрении и клиниче-

ском использовании этой продукции она останется “на полке”. Что чаще всего и происходит. Это не в интересах разработчиков, т.к. получается, что они работают “вхолостую”.

Медицинские физики, работающие на коммерческих фирмах и занимающиеся главным образом продажей импортного или отечественного оборудования, должны заботиться о том, чтобы это оборудование эффективно использовалось в клиниках. А если заранее ясно, что в клинике нет для этого условий? А фирма все равно ставит свою аппаратуру в эту клинику и зарабатывает на этом. Как это квалифицировать? Некомпетентность, не порядочность, обман или что-то иное? Специалисты, занимающиеся такой работой, должны чувствовать себя весьма неуютно или, по крайней мере, испытывать чувство морального неудовлетворения.

Главной задачей медицинских физиков, работающих непосредственно в лечебных учреждениях (клинических физиков), является медико-физическое обеспечение эффективной эксплуатации сложных терапевтических и диагностических комплексов и технологий. На них лежит большая ответственность (совместная с врачами) за результаты лечения и точность диагноза. Но они не смогут успешно справляться со своей главной задачей, если не будут участвовать в разработках и внедрении новых технологий и оборудования, а также в процессе подготовки и повышения квалификации кадров. Для того чтобы клинические физики могли решать свои задачи, в клинике должны быть созданы соответствующие условия, в том числе достойный статус и зарплата, хорошее оборудование, возможность участия в научных разработках и возможность профессионального роста. И что не менее важно, их профессиональная деятельность должна быть хорошо организована.

Кадры медицинских физиков для решения выше перечисленных задач сегодня в большом дефиците. Они сами по себе не появятся и “с неба не свалятся”. Их надо готовить, а это тоже очень сложная, тяжелая и не дешевая работа. А у нас нет для этого ни «педагогического корпуса», ни учебников, ни других необходимых средств, и нет самой системы их подготовки. Те медицинские физики, которые заняты в образовательной сфере, тоже не должны быть оторваны от науки и практики. Они должны принимать участие в разработках, внедрении и использовании медико-физической аппаратуры и технологий, в противном случае им нечем будет “поделиться” с учениками.

Таким образом, мы имеем 4 группы медицинских физиков, каждая из которых выполняет свою очень важную функцию, в общем деле – медико-физическом обеспечении сложных радиационных терапевтических и диагностических комплексов.

Между этими группами должна быть налажена тесная взаимосвязь, по отдельности они нежизнеспособны (как органы одного организма) и не могут успешно выполнять свои функции. Каждая из этих групп специалистов должна по уровню квалификации и организованности соответствовать уровню сложности решаемых ею задач. Ничего этого у нас сегодня нет, чем и объясняется очень низкий “КПД” сложных ускорительных комплексов.

В каком же положении находится сегодня каждая из этих групп медицинских физиков?

*Разработчики отечественного медико-физического оборудования* получают слишком слабую финансовую поддержку от государства. Олигархи тоже пока не заинтересованы вкладывать сюда средства, т.к. неизвестно, когда и будет ли вообще от этих вложений прибыль. Госбюджет уже не обеспечивает клиники средствами на закупку нового оборудования, а страховая медицина еще не заработала, т.е. механизма, который стимулировал бы создание хорошей медицинской техники в нашем государстве, нет. Ни президент, ни правительство созданием такого механизма не занимаются. И, похоже, заниматься не собираются. Если же, несмотря на мизерное финансирование, нашим разработчикам удастся создать что-либо приличное, у них на “коммерческую раскрутку” и сервисную поддержку не хватает ни компетенции, ни сил, ни средств. Торговым фирмам торговать отечественным оборудованием тоже невыгодно. Слишком много “головной боли” и мало толку. Коммерциализация наших разработок разбивается о мощную конкуренцию импортных аналогов (они, конечно, выигрывают в качестве) и коррупцию чиновников. А сервисное обслуживание организовывать тоже не выгодно, т.к. у клиник денег на нормальную оплату сервисных услуг нет.

Таким образом, мы имеем тупиковую ситуацию у наших разработчиков. Полностью отсутствуют механизмы, которые могли бы стимулировать отечественное производство, внедрение и сервисное обслуживание. Без этих механизмов отечественного производства, которое ослабевает на глазах, через несколько лет не станет, и мы полностью сядем на импортную “иглу”. Наши производства гибнут на фоне возрастающих потребностей и заку-

пок, которые, естественно, удовлетворяются за счет импорта. Мы потеряем наши научные школы в данной области и специалистов. По некоторым самым скоромным оценкам, через несколько лет это приведет к необходимости дополнительно тратить более миллиарда долларов ежегодно. Сегодня же для поддержки и развития отечественных производств сложных медико-физических комплексов требуется ежегодно всего лишь несколько десятков миллионов долларов.

*Медицинские физики, занимающиеся продажей ускорителей, гамма-камер, ПЭТ-центров и т.п.* находятся в гораздо более благоприятной ситуации, т.к. они в основном сегодня продают импортные системы. Их зарплата заложена в стоимости оборудования и услуг. Гибель отечественных производств сегодня им ничем не угрожает, даже наоборот, возрастут продажи импорта, а, следовательно, и их заработки.

Такое “привилегированное положение” отделяет эту группу медицинских физиков от других. Ведь “сытый голодного не разумеет”.

Однако эти специалисты заинтересованы в связях с клиническими физиками, которые используют их “товар” и с преподавателями, которые готовят для них новые кадры. Кроме того, они и сами приходят в торговлю из этих клиник и учебных заведений. Следовательно, они должны содействовать развитию и укреплению эксплуатационной и образовательной функций единой медико-физической службы, органической и необходимой частью которой они являются.

Вообще-то более дальновидные физики-бизнесмены понимают, что торговля, а, стало быть и они, только выиграли бы, если бы на рынке присутствовала конкурентоспособная российская техника, на продаже которой тоже можно было бы хорошо заработать.

*Клинические физики*, на которых лежит главная ответственность за медико-физическое обеспечение сложных радиационных терапевтических и диагностических комплексов непосредственно в клиниках, находятся в самом бедственном и бесправном положении. Именно это является основной причиной низкой эффективности клинического использования таких комплексов.

У них нет официального статуса в медицине и поэтому они вынуждены “стыдливо” занимать в клиниках разные другие должности. В ВАКе нет такой научной специальности, и повышать квалификацию им приходится, защищая диссертации по смежным наукам.

Это, конечно, создает неблагоприятный моральный климат, отрицательно сказывается на качестве лечения и тормозит развитие высоких медико-физических технологий.

У нас очень плохо обстоит дело с подготовкой клинических физиков. На эту работу чаще приходят некомпетентные в данной области инженеры со стороны, или, как правило, очень “сырые”, поверхностно подготовленные выпускники недавно образованных кафедр медицинской физики. Да и эти идут в клинику очень неохотно.

Ситуация усугубляется низкими зарплатами. В результате, даже если в клинике удается подготовить высококлассного специалиста, он чаще всего уходит в другую сферу деятельности. Будучи универсалом (хорошим физиком, математиком, программистом, компьютерщиком и свободно владея английским языком) такой специалист легко находит себе гораздо более высокооплачиваемую работу в бизнесе, на фирме или в банковской сфере. А клиника остается без ценных кадров и без необходимого медико-физического обеспечения.

Для того чтобы привлечь и сохранить высококвалифицированных физиков в клинике, существует только два механизма:

1. Тесное взаимодействие клинических физиков на финансовой основе с разработчиками отечественного оборудования, медико-техническими коммерческими фирмами и участие в образовательной деятельности. При нормальной организации это вполне можно совмещать с основной работой в клинике.
2. Наличие в обязательном порядке в бюджете клиники соответствующих средств, специально выделяемых на медико-физическое обслуживание сложных и дорогостоящих комплексов при их закупке. Эти средства должны, в первую очередь, использоваться для повышения зарплаты высококвалифицированным кадрам в клинике и для оплаты сторонних сервисных услуг.

*Медицинские физики, работающие в образовательной сфере, практически не имеют возможностей для выполнения своих задач. А им предстоит для обеспечения потребностей (в соответствии с международными нормативами) готовить ежегодно 300 специалистов, чтобы в течение 10–15 лет воспитать 4,5 тыс. медицинских физиков. Эти цифры вытекают из нынешних потребностей и из прогнозов развития и насыщения высокими медико-физическими технологиями российских клиник.*

Самым слабым местом является подготовка специалистов в области клинической физики, которые могли бы, например, самостоятельно осуществлять дозиметрическое планирование и клиническую дозиметрию при конформной лучевой терапии онкологических больных с мультилифколлиматором и модуляцией интенсивности. А для этого медицинский физик должен не только знать, что это такое (о чем ему рассказывают на кафедре), но и пройти хорошую клиническую практику и медико-физическую школу в ведущих онкологических клиниках под руководством опытных клинических физиков.

Это требует особой организации и создания специальных образовательных баз учебных медико-физических центров в этих клиниках.

По идее в этом должны быть заинтересованы все: и физики-разработчики, и физики-бизнесмены, и клинические физики, и руководители медицинских центров. Но как создать эту систему и обеспечить механизмы ее эффективного функционирования?

Разработать такую систему и привлечь необходимые компетентные кадры может АМФР и созданный ею Институт медицинской физики и инженерии (ИМФИ), но реализовать ее можно только при политической и финансовой поддержке правительства.

### **Медико-физические центры для физико-технического обслуживания системы клинических радиологических центров**

Основной задачей медико-физической службы является решение широкого спектра сервисных, образовательных, научных, внедренческих и других физико-технических проблем онкорadiологии. Эта служба должна включать в себя соответствующую систему центров.

**Сервисный медико-технический и медико-физический центр.** Без такого центра невозможно обеспечить эффективное и надежное функционирование системы суперсложных ядерно-физических комплексов для лучевой терапии, ядерной медицины и лучевой диагностики. Его задачи:

1. Обеспечение работоспособности оборудования, профилактический и плановый контроль за его состоянием и ремонт, устранение аварийных ситуаций.

2. Дозиметрический и радиометрический контроль и измерение радиационных характеристик аппаратуры, клиническая дозиметрия, дозиметрическое планирование, фантомные измерения.
3. Организация и Контроль за системой гарантии качества клинических процедур лучевой терапии, ядерной медицины и лучевой диагностики.
4. Другое физико-техническое обеспечение всех радиологических клинических центров.

Необходимость единства сервисного центра обусловлена следующим:

1. Все радиологическое оборудование и технологии имеют много общего и объединяются в единую СИСТЕМУ.
2. Кадры медицинских физиков и клинических инженеров готовятся по общим учебным программам и имеют одинаковое базовое образование.
3. Задачи, решаемые этими специалистами, имеют много общего.
4. Все сервисные мероприятия должны быть очень тесно связаны и согласованы между собой.
5. Обеспечивается взаимоподстраховка и взаимозаменяемость медицинских радиационных физиков и клинических инженеров.

**Информационно-компьютерный радиологический центр.** Современные высокотехнологичные радиологические центры, и, тем более, система центров, уже на этапе проектирования должны иметь все необходимое для обеспечения эффективного управления, опираясь на высокотехнологичные, зарекомендовавшие себя стратегии организации современной науки и медицины.

Такой стратегией может стать CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support), принятой в настоящее время в качестве международного стандарта. Это – идеология, пропагандирующая коллективный стиль работы, современные методы управления информацией и создание информационной инфраструктуры поддержки всего цикла технологий объекта. Основа CALS – системный подход к поддержке жизненного цикла продукта.

CALS-технологии предлагают сегодня наиболее эффективный способ информационной интеграции, в основе которой лежит набор интегрированных информационных моделей – самого жизненного цикла и выполняемых в его ходе бизнес-процессов, изделия, производственной и эксплуатационной среды и пр. Возможность совместного использования инфор-

мации обеспечивается применением компьютерных сетей и стандартизацией форматов данных, обеспечивающей их корректную интерпретацию. CALS-технологии определяют формат представления в электронном виде результатов решения прикладных задач, независимо от источников их происхождения.

На основе данной идеологии возможно создание информационно-компьютерного радиологического центра с системой компьютерного сопровождения, на современной основе решающего задачи управления, информационного сопровождения радиационных и нелучевых технологий диагностики и лечения, обработки и хранения всех видов информации, деловой связи внутри и между онкологическими и радиологическими учреждениями, с внешним миром, медицинского и медико-физического консультирования различных региональных онкологических учреждений. Центр на протяжении всего жизненного цикла системы высокотехнологичных радиологических центров осуществляет полную информационно-компьютерную поддержку ее компьютерных технологий: создание, внедрение, адаптация, модификация, обучение и т.п.

В состав радиологических центров, помимо чисто медицинских подразделений, входят самостоятельные медико-физические, управленческие, технико-вспомогательные и другие структуры, необходимые для полноценного функционирования, предполагающего совместную работу высококвалифицированных специалистов различного профиля.

Концепция системы компьютерного сопровождения создается на основе и с учетом выполняемых радиологическим центром задач. В наиболее общем виде это:

- ✓ медицинский, технический, управленческий и др. документооборот;
- ✓ информационное сопровождение всех технологических этапов;
- ✓ ввод, обработка, хранение всей информации о пациентах;
- ✓ обеспечение системы принятия решений для руководителей с использованием экспертной системы и постоянно обновляемой базой знаний;
- ✓ обеспечение специалистов: врачей, инженеров, служащих всей необходимой им информацией: оперативной, архивной, справочно-методической, консультационной и др.;
- ✓ обеспечение контроля и управления качеством диагностики и лечения;
- ✓ обеспечение научных исследований;



- ✓ обеспечение консультационной поддержкой периферийных учреждений;
- ✓ обеспечение технического и медико-физического сервиса;
- ✓ обеспечение процессов обучения и повышения квалификации медицинских, медико-физических, технических и управленческих кадров.

Для обеспечения информационной поддержки принятия решений в управлении радиологическим центром и всей системы центров необходима Экспертная система. Она предназначена для эффективного управления, принятия своевременных и правильных решений руководителями радиологического центра и его подразделений, позволяет на основе информационных и математических моделей формировать варианты решений и оценивать их эффективность.

Таким образом, Экспертная система является неотъемлемой частью системы компьютерного сопровождения радиологического центра и служит для комплексного анализа ситуации на данном уровне. По результатам анализа осуществляется выработка концепций, рекомендаций, варианты решений.

В состав Экспертной системы входят:

- ✓ постоянно обновляемые базы данных, включающие в себя необходимую информацию;
- ✓ система моделей оценки качества для эффективной выработки рекомендаций по составу оборудования, техническому и технологическому оснащению и организации лечебного процесса, соответствующего оптимальному варианту диагностической поддержки, предлучевой подготовки больного, клинической дозиметрии и измерений радиационных характеристик аппаратов, дозиметрического планирования, облучения больных, контроля и гарантии качества лечебных процедур.

Базы данных включают в себя:

- ✓ законодательно-нормативные, научно-технические, лечебно-методические и др. документы, связанные с проблемами радиологии, проектирования, оснащения и эксплуатации Радиологических Центров;
- ✓ информацию по отечественной и зарубежной аппаратуре с их технико-экономическими характеристиками;
- ✓ информацию по отечественным и зарубежным учреждениям соответствующего профиля;
- ✓ а также другую оперативную и архивную информацию.

Система моделей и критериев обеспечи-

вает оценку качества процессов управления и лечения в зависимости от основных их составляющих: методы, методики лечения; реализация технологий процесса лечения; планирование, оснащение Центра аппаратурой; кадровый состав, его квалификация и т.д.

Создание Информационно-компьютерного центра с Системой компьютерного сопровождения, охватывающей и объединяющей всю Систему радиологических центров и весь технологический процесс, позволит стратегически верно планировать, тактически оптимально управлять и максимально эффективно добиваться конечного результата – обеспечения качественного лечения онкобольных.

**Учебный и научно-методический центр.** Такой центр необходим для подготовки физиков, инженеров и врачей, а также научно-методических и нормативных материалов. Без него невозможно успешное функционирование систем, дальнейшее тиражирование онкорadiологических центров и их эффективное использование.

Необходимые предпосылки для создания этого Центра имеются, например, на базе РОНЦ:

1. РОНЦ активно занимается подготовкой кадров (онкологов и радиологов), имея на своей базе ряд кафедр медицинских учебных вузов и РМАПО.
2. На базе РОНЦ с помощью международных организаций (МАГАТЭ, ESTRO и др.) организована система регулярного проведения учебных курсов.
3. МИФИ, МГУ и другие вузы на базе РОНЦ ведут практическую подготовку медицинских физиков и инженеров (курсовые и дипломные работы, преддипломная практика).
4. На базе РОНЦ совместно с АМФР создан и активно функционирует Институт медицинской физики и инженерии (ИМФИ), объединивший основной научный и педагогический кадровый потенциал России в области медицинской радиационной физики и инженерии.

**Научно-внедренческий медико-физический коммерческий центр.** Этот центр должен заниматься научным и внедренческим менеджментом, маркетинговыми исследованиями, научными разработками по развитию онкорadiологических центров и отечественного радиологического оборудования и технологий, используя клинические «полигоны» для создания и испытаний такого оборудования и таких центров.

Эту работу сегодня ведет имеющийся на базе РОНЦ Институт медицинской физики и инженерии, объединяющий всех ведущих ученых – медицинских физиков России. Требуется придание ему соответствующего государственного статуса, необходимых помещений и оснащения.

Его задачи:

1. Постановка задач на разработку нового отечественного радиологического оборудования и технологий и участие в этих разработках.
2. Технические и клинические испытания нового радиологического оборудования и технологий.
3. Научное планирование, проектирование, системное оснащение и организация эффективного использования радиологических центров
4. Внедрение нового оборудования и технологий, тиражирование суперсовременных радиологических центров.
5. Разработка и организация новых научно-технических проектов и программ, менеджмент и маркетинговые исследования в данной области.

**Центр радиационной и экологической безопасности.** Более высокий уровень сложности, более высокая концентрация и масштабы радиационной техники и технологий при создании системы центров обуславливает целесообразность и необходимость организации специализированной единой системы радиационной и экологической безопасности.

Этот центр должен обеспечивать постоянный мониторинг радиационной обстановки в помещениях, обеспечивать контроль за системой экологической безопасности (утилизации радиоактивных отходов, спецвентиляции и т.д.), осуществлять регулярный индивидуальный контроль радиационной нагрузки на персонал и пациентов, проводить профилактику и поддерживать возможность ликвидации аварийных ситуаций, обучать персонал нормам и правилам радиационной и экологической безопасности.

**Структура медико-физического обслуживания.** На рис. 3 представлена предлагаемая схема медико-физического обслуживания онкорadiологии.

При этом первый уровень (МФ–1) этого обслуживания обеспечивает головное и наиболее мощное медико-физическое учреждение, которое должно обеспечивать физико-техническую поддержку центральных и ряда крупных онкологических учреждений (выполняющих

роль головных в федеральных округах), решая наиболее сложные задачи. Это обязывает такое учреждение обладать наиболее квалифицированными кадрами и самыми новыми и сложными методами. Это же учреждение должно курировать развитие самых передовых технологий и оборудования на базе ядерно-физических центров и обеспечивать “стыковку” новых разработок с ведущими клиниками, организуя процесс клинических испытаний, внедрения и последующего их тиражирования. Роль головного медико-физического учреждения может играть Институт медицинской физики и инженерии, расположенный на базе самого крупного центрального онкологического учреждения, который должен обладать наиболее полным набором высокотехнологичных радиологических центров (МЕГАКОМПЛЕКС).

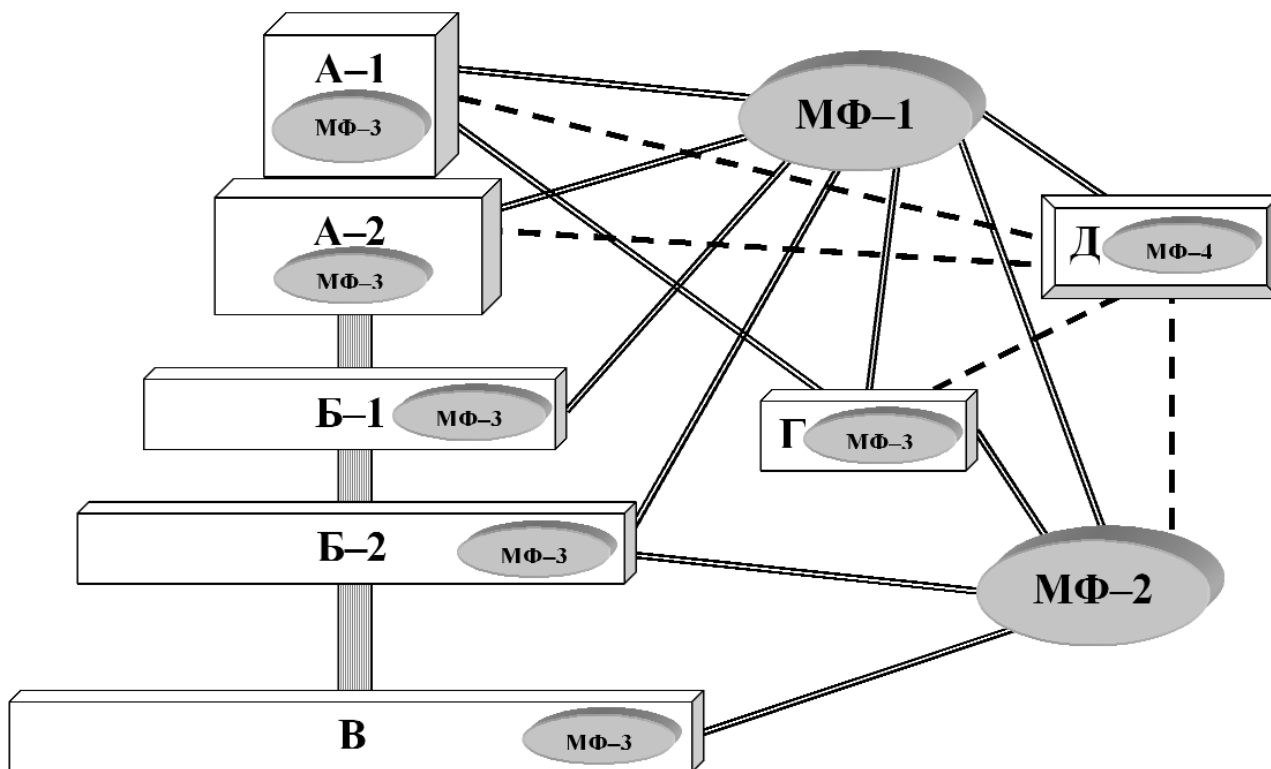
Второй уровень медико-физического обслуживания (МФ–2) должны осуществлять окружные (и региональные) центры медицинской физики, которые под научным руководством головного учреждения (МФ–1) должны обеспечивать физико-техническую поддержку других онкорadiологических клиник (крупных, а также средних и малых региональных онкорadiологических учреждений) и неонкологических клиник, в своем округе (или регионе) имеющих онкологические и радиологические подразделения.

Кроме этого, в каждом онкорadiологическом учреждении и ядерно-физических центрах должны функционировать отделения (отделы, кафедры) медицинской физики (МФ–3, МФ–4), которые решают собственные задачи этих учреждений по обеспечению лечебно-диагностического (например, клиническая дозиметрия, дозиметрическое планирование, гарантия качества, радиационная безопасность, измерение и обработка результатов диагностики и т.п.), научного и образовательного процессов.

## **Организационно-экономические вопросы**

Возникает вопрос: кто и на какие средства должен организовывать работу различных групп медицинских физиков и координировать их взаимодействие, решать широкий спектр выше перечисленных актуальных задач?

Кто должен разрабатывать методы планирования и построения сложных радиационных терапевтических и диагностических



**Рис. 3.** Схема медико-физического обслуживания радиологии:  
 А-Б-В – специализированная онкологическая служба;  
 А-1 – головное центральное онкорadiологическое учреждение;  
 А-2 – центральные онкорadiологические учреждения;  
 Б-1 – головные окружные онкорadiологические учреждения;  
 Б-2 – крупные региональные онкорadiологические учреждения;  
 В – средние и малые региональные онкорadiологические учреждения;  
 Г – радиологические и онкологические подразделения в неонкологических учреждениях;  
 Д – исследовательские ядерно-физические центры;  
 МФ – медико-физическая служба;  
 МФ-1 – 1-й уровень, головной институт медицинской физики и инженерии;  
 МФ-2 – 2-й уровень, окружные и региональные центры медицинской физики;  
 МФ-3 – 3-й уровень, отделы и отделения медицинской физики в медицинских учреждениях;  
 МФ-4 – 4-й уровень, отделы медицинской физики в ядерно-физических центрах.

систем, методы управления ими? И кто будет затем на практике реализовывать эти задачи?

Этим должны заниматься **медицинские физики-системщики**, которых пока еще нет, но которые уже нужны.

Может, все это будет решаться само собой? Конечно, нет. Сегодня на общественных началах этим занимается и выполняет функции штаба медико-физической службы АМФР, которая вынуждена была взять на себя эти задачи из-за того, что государство этим совершенно не занимается. Это можно рассматривать как временную меру, но дальше это несерьезно. То, что делает в этом направлении

Ассоциация, следует рассматривать как серьезный задел для дальнейшего развития на государственной основе.

Необходимо создавать единую государственную медико-физическую службу и обеспечивать ее функционирование. Управление такой службой на федеральном уровне и координацию работ должен осуществлять специальный межотраслевой медико-физический центр. Он должен выполнять головные функции, обеспечивать научно-методическое руководство и управление всей системой и находиться на базе крупного медицинского научного центра.

Кроме этого, должен быть создан ряд межрегиональных медико-физических центров (например, по административным округам), каждый из которых будет курировать сеть крупных медицинских учреждений (институтов, онкодиспансеров, областных больниц, диагностических центров и т.п.), имеющих сложные радиационные терапевтические и диагностические комплексы. В каждом округе реально может быть 10–20 таких медицинских учреждений, в которых должны быть свои собственные подразделения медицинской физики, выполняющие конкретные сервисные функции.

Такая схема позволит обеспечить эффективное медико-физическое обслуживание во всех заинтересованных в этом клиниках. Конечно, развитие такой системы должно осуществляться постепенно и поэтапно с учетом необходимости и возможности.

При создании в клиниках сложных медико-физических комплексов, в их ежегодный бюджет должны закладываться дополнительные средства в размере, равном 10–15 % от их продажной стоимости (так делается в развитых странах). Эти средства идут на технический и медико-физический сервис, зарплату высококвалифицированным кадрам и др. Это позволит сохранить ценные кадры, обеспечить постоянное повышение их квалификации и содержать соответствующую медико-физическую службу, а, следовательно, обеспечить условия для эффективного использования таких комплексов.

Вообще затраты на подготовку, повышение квалификации и сохранение высококвалифицированных кадров, создание и поддержание системы медико-физического обеспечения значительно меньше затрат на закупку оборудования, но без них это оборудование становится практически бесполезным.

На начальном этапе для создания такого федерального медико-физического центра и придания импульса к построению всей системы медико-физического обеспечения должно быть выделено целевое госбюджетное финансирование. Затем этот центр и межрегиональные центры смогут существовать и развиваться в основном за счет хозяйственного обслуживания медицинских центров (оснащаемых сложными системами), которые, в свою очередь, должны иметь на это специальные средства из федерального и местного бюджета за счет медицинского страхования, платных услуг и т.п.

Разумной альтернативы созданию медико-физической службы нет. В противном случае лучше остановить процесс приобретения сложных радиационных терапевтических и диагностических комплексов, т.к. без системы медико-физического обеспечения это приводит лишь к огромным и бесполезным тратам государственных средств и большой головной боли при отсутствии ожидаемого терапевтического эффекта.

## Список литературы

1. Давыдов М.И., Долгушин Б.И., Костылев В.А. О создании в России системы высокотехнологичных онкорadiологических центров, // Мед. физика, 2006, № 2(30).
2. Костылев В.А. Обоснование и пути реализации Медицинского Атомного Проекта (МАП). // Мед. физика, 2006, № 4(32).
3. Костылев В.А. Медико-физическая служба. Задачи и вопросы организации. – М.: АМФР-Пресс, 2001.

2005 г.