

РОНЦ РАМН



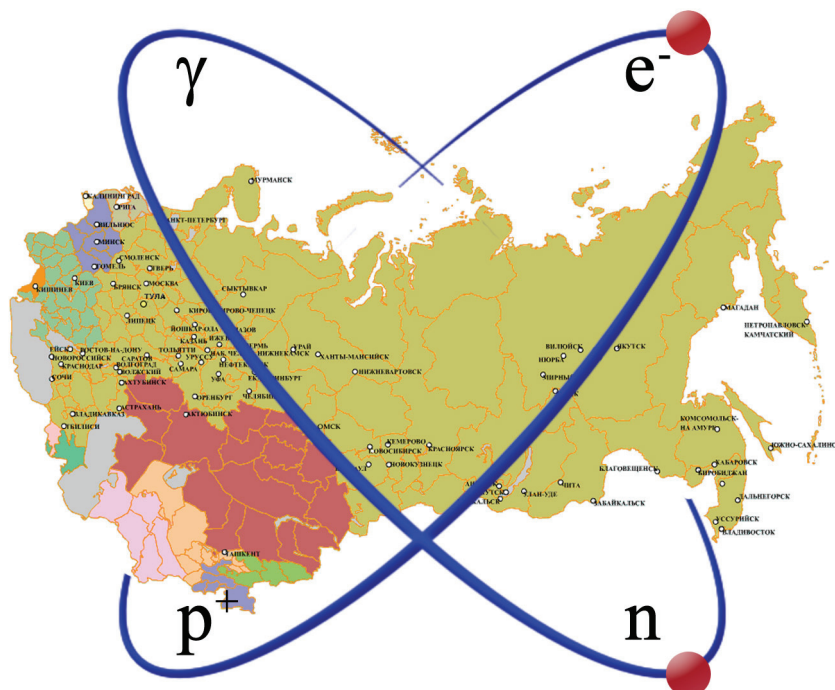
НИИЯУ МИФИ



РОСАТОМ



АМФР



**УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР**  
**Ассоциации медицинских физиков России**  
**на базе Российского онкологического научного центра**  
**им. Н.Н.Блохина РАМН**



Москва 2011 г.

При поддержке МАГАТЭ, Росатома, НИЯУ МИФИ и  
Радиационно-онкологического сообщества (РОС)

**УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР**  
**Ассоциации медицинских физиков России**  
**на базе РОНЦ им. Н.Н.Блохина РАМН**

**Последипломное образование**  
**медицинских физиков,**  
**радиотерапевтов и радиохирургов**  
**в области радиационной медицинской физики**

- ❖ **Повышение квалификации**
- ❖ **Обучение начинающих специалистов**
- ❖ **Обучение врачей-радиотерапевтов и радиохирургов основам радиационной медицинской физики**
- ❖ **Тренинг**
- ❖ **Обмен опытом**
- ❖ **Подготовка преподавателей**
- ❖ **Обучение управленцев федерального и регионального уровней**

***Сегодня в России и СНГ***  
***только в учебном центре АМФР***  
***ведется последипломная подготовка***  
***в области радиационной медицинской физики***  
***по международным стандартам***  
***и на высоком профессиональном уровне***



## **Заключение экспертной миссии МАГАТЭ о деятельности Учебного центра АМФР (апрель 2011 г.)**

В экспертном заключении МАГАТЭ отмечено следующее:

- Учебный центр АМФР на базе РОНЦ хорошо подготовлен для осуществления образовательной деятельности в форме проведения регулярных курсов.
- Преподавательский состав подтвердил свою компетенцию.
- Большинство преподавательского состава – молодые и хорошо тренированные медицинские физики, которые прошли обучение на различных международных курсах (МАГАТЭ, ESTRO и др.).
- Лекции компетентны и хорошо подготовлены для слушателей, имеющих опыт работы в клинике.
- Практические занятия хорошо организованы. Для практических занятий используется самое современное оборудование.
- Лекционные аудитории, которые вмещают 25 слушателей, удобны для проведения занятий.
- Хорошо оборудованный компьютерный класс, состоящий из 9 рабочих станций, идеально подходит для практических занятий по планированию лучевого лечения.
- Достаточно большие каньоны обеспечивают легкий доступ к ускорительным комплексам и позволяют разместить группу слушателей до 10 человек.

## Содержание

Содержание.....	4
1. Предисловие .....	5
2. Обоснование .....	5
3. Радиологическая база РОНЦ.....	8
4. Оборудование в РОНЦ РАМН:.....	10
5. Учебные базы по специальным технологиям. Основное оборудование и технологии.....	13
6. Организационная структура учебного центра.....	14
7. Преподавательский корпус .....	15
8. Общие требования к подготовке медицинских физиков .....	15
8.1. Требования к базовой университетской подготовке на примере НИЯУ МИФИ.....	15
8.1.1. Основные требования к содержанию образовательной программы университетской подготовки физика к последующему обучению по специальности 014000 медицинская физика .....	15
8.1.2. Программа базового обучения по специальности «Медицинская физика» в НИЯУ МИФИ .....	17
8.2. Программа последипломного образования в Учебном центре АМФР.....	24
8.3. Развитие модульного принципа в учебном центре АМФР .....	29
9. Основные учебные пособия на русском языке: .....	32
10. Дополнительные услуги .....	34
<i>Приложения</i> .....	35
Концепция модернизации радиационной онкологии в России .....	35
Радиационно-онкологическое сообщество .....	38
АМФР – ИМФИ.....	40

## 1. Предисловие

Современная радиационная онкология и ядерная медицина играют сегодня очень важную роль в диагностике и лечении многих тяжелых заболеваний, таких как онкологические, сердечнососудистые, эндокринологические и другие. Однако в странах бывшего СССР из-за длительного периода застоя и финансирования здравоохранения по остаточному принципу, а также затянувшегося периода экономических проблем и реформ лучевая терапия и ядерная медицина находятся в катастрофически отсталом состоянии. В некоторых из этих стран начали предприниматься активные меры по модернизации данных отраслей здравоохранения, что выражается, главным образом, в закупке очень сложного высокотехнологичного оборудования и строительстве новых радиологических центров. При этом основной проблемой является не техническое переоснащение, а кадровое обеспечение, т.е. подготовка высококвалифицированных медицинских физиков, лучевых терапевтов и ядерных медиков. Россия и другие страны СНГ испытывают большой дефицит таких специалистов, что практически приводит к дискредитации и провалу модернизации атомной медицины.

## 2. Обоснование

В России и других странах СНГ имеется около 250 отделений лучевой терапии (из них 140 – в России), в которых работает всего 360 медицинских физиков (из них 250 – в России) и 1800 лучевых терапевтов (из которых 1200 – в России). При этом 90% радиотерапевтического оборудования морально и физически устарело, давно исчерпало свой ресурс и требует замены. Квалификация большинства специалистов находится на очень низком уровне, а их количество в 5–6 раз меньше необходимого. В этих условиях просто невозможно обеспечивать радиационную безопасность, необходимую защиту пациентов и персонала и обеспечивать удовлетворительное качество лучевого лечения. Это создает высокую степень радиотерапевтических рисков и высокую вероятность радиационных аварий (например, переоблучение или недооблучение, радиационное поражение здоровых органов и тканей), приводящих нередко к тяжелым осложнениям и к летальному исходу. Предпринимаемые сегодня меры со стороны правительств этих стран и помощь МАГАТЭ недостаточны.

Уже около 45 лет на базе радиологической клиники Российского Онкологического Научного Центра (РОНЦ) им. Н.Н.Блохина РАМН ведется практическая подготовка по медицинской физике студентов МИФИ различных кафедр, дополняющая их базовое обучение. За эти годы такую специализированную практику прошли более 200 студентов, выполняя соответствующие курсовые и дипломные работы. Некоторые из выпускников оставались работать в РОНЦ, защищали кандидатские и докторские диссертации. Именно они составили ядро сложившейся здесь лучшей в СССР, а теперь на Евразийском пространстве научно-практической школы по медицинской радиационной физике. Не случайно, именно здесь почти

20 лет назад зародилась и располагает свой активно работающий «штаб» Ассоциация медицинских физиков России.

Ассоциация Медицинских Физиков России (АМФР) на радиологической клинической базе РОНЦ уже 15 лет регулярно (последние 10 лет – дважды в год) организует курсы повышения квалификации медицинских физиков и врачей для лучевой терапии и ядерной медицины. Проведено уже 26 курсов, которые рассматриваются не как альтернатива курсам Европейского общества терапевтических радиологов и онкологов (ESTRO), а как их необходимое дополнение, т.к. большая часть специалистов из русскоговорящих стран не владеет английским языком, являющимся рабочим языком курсов ESTRO, и не имеет возможности попасть на них.

Потребности в подготовке и повышении квалификации медицинских физиков, лучевых терапевтов и ядерных медиков в странах СНГ в связи с активизацией модернизации и развития лучевой терапии и ядерной медицины резко возросли. Курсы ESTRO уже не в состоянии сегодня и тем более не смогут в дальнейшем удовлетворить эти потребности.

Курсы, организованные АМФР на базе РОНЦ, проводятся по примеру недельных курсов ESTRO, но они более длительные (в течение 2-х недель – 72 часа или в течение 4-х недель – 144 часа), что позволяет в рамках одного курса проработать материал более глубоко, и повышать квалификацию по более широкому спектру разделов радиационной онкологии и ядерной медицины, более системно охватывая всю технологическую цепочку, а не отдельные ее звенья.

АМФР регулярно проводит мониторинг и поэтому владеет более точной информацией, чем ESTRO обо всех радиотерапевтических центрах, их оснащении и специалистах в странах СНГ, перспективах и процессе развития, поэтому может учитывать индивидуальную специфику каждого специалиста и каждого региона.

Поскольку подавляющая часть русскоговорящих специалистов, даже опытные, имеют очень слабый базовый образовательный фундамент и работают в медицинских учреждениях на очень устаревшем оборудовании, то информация, которую они получают на курсах ESTRO (например, о 3-D планировании, IMRT, IGRT, стереотаксическом облучении), не может быть ими усвоена и применена на практике. АМФР формирует состав слушателей и программу обучения с учетом этого, хотя, конечно, дозировано дается информация и о самых высоких технологиях. Учебные программы каждый раз перед новыми курсами обновляются в соответствии с пожеланиями слушателей, их предполагаемым составом, появлением и внедрением в клиниках региона новых технологий.

Курсы АМФР проводятся в Москве непосредственно на клинической базе отдела радиационной онкологии РОНЦ им. Н.Н.Блохина РАМН, хорошо оснащенного и имеющего лучшие в СНГ научные и педагогические кадры. Это позволяет гораздо больше времени

уделять практическим занятиям в клинических условиях. Некоторые занятия проводятся в Центральной клинической больнице с поликлиникой Управления делами Президента Российской Федерации (ЦКБ УДП РФ), НИИ нейрохирургии им. Н.Н.Бурденко, где имеется опыт использования ряда специальных технологий.

Базовая подготовка по радиационной физике и радиационной безопасности осуществляется совместно с НИЯУ МИФИ, где имеется лучшая в России и в СНГ научно-образовательная школа в данной области знаний.

Набор слушателей каждого курса обычно не превышает 30 человек: и физиков и врачей, и начинающих и более опытных. Часть лекций читается для всех, а другая часть и практические занятия проводятся по 4-м отдельным группам численностью 6–8 человек. Конечно, такая организация курсов создает большие трудности и дополнительные расходы, однако она позволяет лучше учитывать при обучении индивидуальные особенности и интересы слушателей.

Ориентировочная потребность ежегодной подготовки на курсах АМФР с учетом всех стран СНГ сегодня составляет порядка 100 чел. в год, причем лишь около половины из них приходится на Россию.

Преподавательский корпус курсов АМФР состоит из 50 ученых, докторов и кандидатов наук, высококвалифицированных и опытных медицинских физиков и врачей. Они в разное время прошли неоднократное обучение на курсах ESTRO, стажировку в ведущих клиниках Европы и США, тренинг на учебных курсах фирм Вариан, Сименс, Электа, Нуклетрон и других. Они много лет занимаются практической лечебной, научной и педагогической деятельностью в РОНЦ и в других ведущих медицинских, образовательных и научно-технических центрах Москвы, Обнинска и С.-Петербурга. 60% преподавателей – это сотрудники РОНЦ.

В рамках программы курсов проводятся семинары различных фирм-производителей радиологического оборудования, являющихся спонсорами курсов.

По завершении курсов устраиваются экзамены и выдаются соответствующие сертификаты и удостоверения государственного образца. Слушатели обеспечиваются полными лекционными материалами на диске и набором учебных пособий.

Ни в одной из стран СНГ и нив одной другой организации России нет такой команды специалистов-преподавательского корпуса, учебно-методических материалов и такой школы подготовки по медицинской физике, лучевой терапии и ядерной медицине.

**Курсы АМФР имеют ряд экономических преимуществ:**

- а) Для большей части слушателей Москва существенно ближе, чем места проведения курсов ESTRO, что снижает транспортные расходы.

- б) Гостиница для проживания слушателей «Дом ученых» расположена в РОНЦ. Нет необходимости трансфера от гостиницы до места проведения курсов, что экономит транспортные расходы.
- в) Нет необходимости в синхронном переводе, т.к. преподаватели и слушатели говорят на одном (русском) языке.

### 3. Радиологическая база РОНЦ

РОНЦ имеет стационар на 1000 коек. В состав РОНЦ входят:

- 2 клинических института – Научно-исследовательский институт клинической онкологии (**НИИКО**) (для взрослых больных) и Научно-исследовательский институт детской онкологии и гематологии (**НИИДОиГ**).
- 2 экспериментальных института – Научно-исследовательский институт канцерогенеза (**НИИК**) и Научно-исследовательский институт экспериментальной диагностики и терапии опухолей (**НИИЭДиТО**).

Клиническая база РОНЦ состоит из 50 отделений хирургического, химиотерапевтического, радиологического, диагностического и др. профиля.

#### **Радиологические отделы РОНЦ в составе НИИКО:**

*Отдел лучевой диагностики и рентгенохирургических методов диагностики и лечения.* В состав отдела входят следующие отделения: рентгенодиагностики, ультразвуковой диагностики, изотопной диагностики, рентгенохирургических методов диагностики и лечения, рентгеноэндоскопическое.

*Отдел радиационной онкологии:* отделение дистанционной лучевой терапии, отделение лучевой топометрии и клинической дозиметрии (**медицинская физика**), отделение радиохирургии (брахитерапия).

**в составе НИИЭДиТО:** *Отдел радиобиологии, Лаборатория радиоизотопных методов исследования, Лаборатория лазерных методов диагностики и лечения опухолей*

#### **Группа радиационной безопасности**

#### **Аудитории, используемые для курсов:**

- 1) конференц-зал клиники на 250 мест (рис. 1);
- 2) компьютерный класс на 10 рабочих мест (рис. 2, 3);
- 3) аудитория лучевой диагностики на 20 мест (рис. 4);
- 4) аудитория медицинской физики на 30 мест (рис. 5);



Рис.1



- 5) аудитория дистанционной лучевой терапии на 30 мест (рис. 6);
- 6) аудитория ядерной медицины на 50 мест (рис. 7);
- 7) аудитория брахитерапии на 20 мест.



Рис.2



Рис. 3



Рис.4



Рис.5



Рис.6



Рис.7

## 4. Оборудование в РОНЦ РАМН:



### 1) линейные ускорители:

*старый парк:*

- Philips SL-75/5, 6 MV
- 2 units of SL-75/5 MT (Russian version of Philips SL-75/5), 6 MV

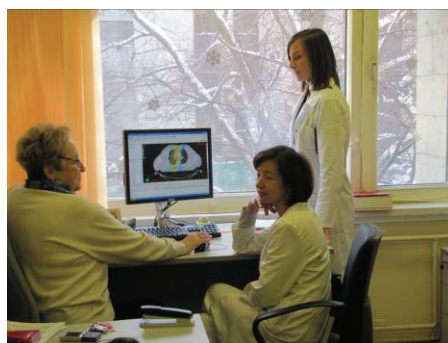
*новый парк:*

- Clinac 600 CD, 6 MV + stereotactical system with cone collimators by BrainLab
- 3 units of Clinac iX (6,18 MV + 4,6,9,12,15,18 MeV)

### 2) гамма-аппарат Рокус-АМ (Co-60)

### 3) системы дозиметрического планирования:

- Eclipse (5 license)
- iPlan (2 license)



### 4) клиническая дозиметрия

*PTW:*

- MP3 water phantom-detectors (Farmer, Advanced Markus, Semiflex 31013, diodes)
- electrometers (Unidose, Tandem)
- Octavius Phantom + array 729

*Sun Nuclear:*

- ArcCheck



- MapCheck

*Standart Imaging:*

- Exradin ion micro chambers
- Lucy 3D QA Phantom
- IMRT dose verification Phantom
- QA Beam Checker
- Electrometer Supermax

5) **оборудование для брахитерапии:**

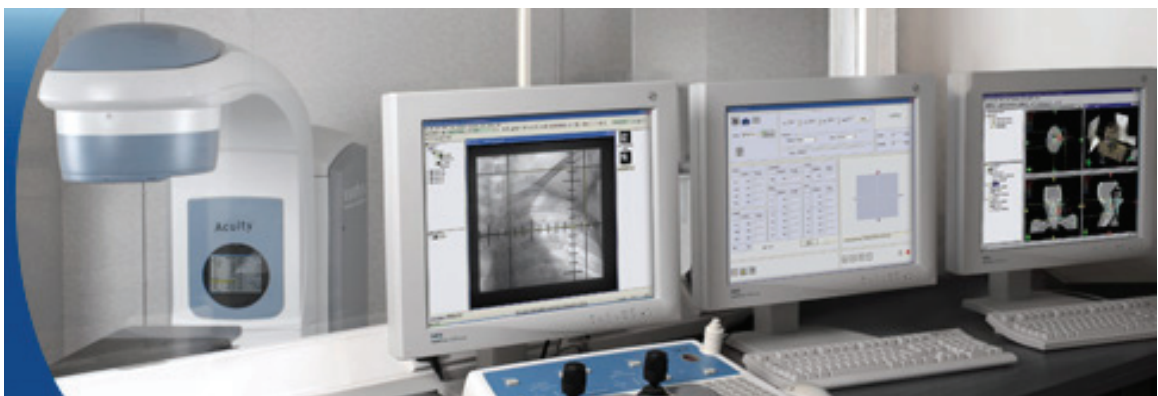
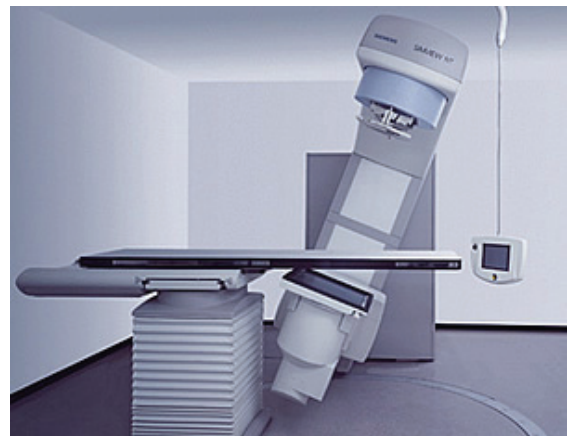
- MicroSelectron (Nucletron)
- MicroSelectron Classic (Nucletron)
- GammaMed Plus (Varian)
- Ионизационная камера колодецкого типа для измерения активности источника



6) **гипертермия, гипоксия, лазерная терапия**

7) **топометрия (симуляторы, КТ, МРТ)**

- симулятор Sim View NT
- симулятор Aquity
- GE CT Lightspeed RT 16
- Signa Ovation 0,35T GE Healthcare



## 8) Лучевая диагностика

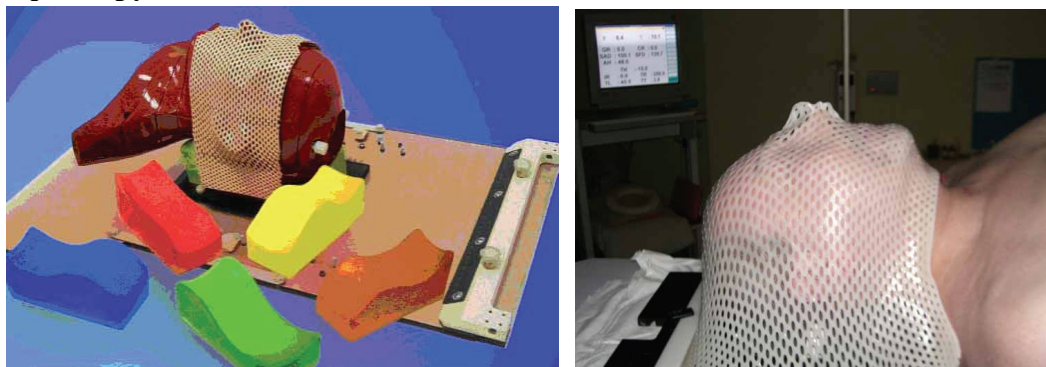
- компьютерные томографы – 4 шт.  
Siemens SOMATOM Sensation 64, 40, 6, 4
- магниторезонансные томографы:  
Siemens Avanta 1.5T  
GE Signa 1,0 T
- цифровые рентгенографические системы – 30шт.
- ультразвуковое оборудование – 15 шт.



## 9) ОФЭКТ/КТ, строится ПЭТ-центр



## 10) фиксирующие



## 11) системы компьютерного сопровождения

# 5. Учебные базы по специальным технологиям. Основное оборудование и технологии

- **НИИ нейрохирургии им. Н.Н.Бурденко:**
  - гамма-наиф
  - кибер-наиф
  - Новалис
  - ускоритель «Примус» (Siemens)



- **ЦКБ УДП РФ**
  - Clinac 2100 (Varian)
  - ПЭТ-центр
- **МРНЦ (Обнинск)**
  - радионуклидная терапия
  - нейтронная терапия
- **ИТЭФ, ОИЯИ (Дубна), ИЯИ (Троицк)**
- **протонная терапия**

## 6. Организационная структура учебного центра

**Дирекция и секретариат:** Научный руководитель, Директор, Администратор, Секретарь

**Научно-методический Совет (НМС)** занимается разработкой и утверждением учебных программ, вопросами аттестации преподавателей и слушателей, организует внутренний аудит и т.д. В состав НМС входят: председатель, зам. председателя и члены Совета – руководители направлений.



Костылев В.А.  
научный руководитель,  
председатель НМС



Наркевич Б.Я.  
зам. председателя НМС



Ткачев С.И.



Корсунский В.Н.



Блинов Н.Н.



Хорошков В.С.



Климанов В.А.



Ширяев С.В.



Матякин Г.Г.



Матусевич Е.С.



Голанов А.В.



Юрьева Т.В.

## 7. Преподавательский корпус

Состоит из 50 преподавателей-высококвалифицированных и опытных медицинских физиков, радиационных онкологов, специалистов по ядерной медицине и лучевой диагностике, из которых 29 профессоров и докторов наук и 9 кандидатов наук из ведущих научных и медицинских центров России (60% из них работают в РОНЦ).

Они много лет занимаются лечебной, научной и педагогической деятельностью в РОНЦ и в других ведущих медицинских, образовательных и научно-технических центрах России.

Практически все в разное время прошли неоднократное обучение на курсах ESTRO, стажировку в клиниках Европы и США, тренинг на учебных курсах фирм Вариан, Сименс, Электа, Нуклетрон и других.

**Практикуется также приглашение иностранных профессоров для чтения лекций**

## 8. Общие требования к подготовке медицинских физиков

Курсы повышения квалификации рассчитаны на специалистов, получивших соответствующее базовое образование и имеющих некоторый опыт работы в радиологической клинике. Далее для информации приведены оптимальные программы базового университетского и последипломного обучения.

### 8.1. Требования к базовой университетской подготовке на примере НИЯУ МИФИ



#### 8.1.1. Основные требования к содержанию образовательной программы университетской подготовки физика к последующему обучению по специальности 014000 медицинская физика

Наименование дисциплин и их основные разделы	Всего часов
<b><u>Общие математические и естественнонаучные дисциплины</u></b>	<b><u>3440</u></b>
<b>Общая физика</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Механика</li><li>– Молекулярная физика</li><li>– Электричество и магнетизм</li><li>– Оптика</li><li>– Физика атомов и атомных явлений</li><li>– Физика атомного ядра и частиц</li></ul>	1000

<b>Общий физический практикум</b>	650
<b>Математика</b> – Математический анализ – Аналитическая геометрия – Линейная алгебра – Векторный и тензорный анализ – Теория функций комплексного переменного – Дифференциальные уравнения – Интегральные уравнения и вариационное исчисление – Теория вероятностей и математическая статистика	1150
<b>Информатика</b> – Программирование – Вычислительная физика – Численные методы и математическое моделирование	200
<b>Химия</b>	70
<b>Экология</b>	70
<b><u>Общепрофессиональные дисциплины</u></b>	<u>1310</u>
<b>Теоретическая физика</b> – Механика – Основы механики сплошных сред – Электродинамика – Электродинамика сплошных сред – Квантовая теория. – Физика конденсированного состояния – Термодинамика – Статистическая физика – Физическая кинетика	870
<b>Методы математической физики</b> – Линейные и нелинейные уравнения физики	240
<b><u>Дисциплины специализации</u></b> – Биология, анатомия и физиология человека – Медицинская биохимия – Биофизика неионизирующих излучений – Основы интроскопии – Радиационная физика – Медицинская электроника и измерительные преобразователи	<u>1532</u>
<b><u>Спецпрактикум</u></b>	



## 8.1.2. Программа базового обучения по специальности «Медицинская физика» в НИЯУ МИФИ

### 1. Фундаментальные основы медицинской физики

#### 1.1. Общие знания

- Основы законодательства РФ о здравоохранении.
- Основные нормативные документы по организации, проведению и регламентации лучевой терапии и лучевой диагностики.
- Общие вопросы организации медико-физической службы в учреждениях здравоохранения. Медицинская физика и деонтология.
- История медицинской физики.

#### 1.2. Общая биология

- Клетка, ткани, органы, физиологические системы – общие представления о структуре и функции.
- Гомеостаз – структурно-функциональная организация живого организма.
- Регуляторные системы организма.
- Компенсаторно-приспособительные процессы. Адаптация.

#### 1.3. Основы биофизики

- Биополимеры, их свойства и роль в клетке. Аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, углеводы.
- Методы исследований в биофизике: ядерно-физические, оптические, рентгеноструктурный, ЭПР, вискозиметрический, седиментационный.
- Физика ферментов и белков. Кинетика реакций. Биосинтез белка.
- Физика нуклеиновых кислот. ДНК – основная чувствительная структура клетки.
- Физика мембран и нервного импульса. Активный и пассивный транспорт веществ через мембраны.
- Физико-химические основы воздействия на клетки внешних физических факторов.

#### 1.4. Основы радиобиологии

- Первичные процессы поглощения излучения в биологических объектах. Репарация и восстановление повреждений. Связь ЛПЭ и ОБЭ.
- Теория мишени. Радиобиологические модели.
- Действие излучения на организм. Стохастические и детерминированные эффекты. Качество излучения.
- Эффективная и эквивалентная доза. Концепция радиационного риска.

#### 1.5. Клиническая радиобиология

- Радиобиологические основы лучевой терапии. Особенности лучевой реакции опухолевых и нормальных клеток. Тканевая гипоксия и кислородный эффект.
- Эффекты фракционированного облучения. Пострадиационное восстановление, клеточная репопуляция.
- Толерантные уровни облучения тканей. Концепция номинальной стандартной дозы (НСД) и ее варианты (ВДФ и др.). Линейно-квадратическая модель зависимости доза – эффект.

- Радиомодификаторы в лучевой терапии. Гипербарическая оксигенация, электроноакцепторные соединения. Гипергликемия. Гипертермия. Гипооксирадиотерапия. Полирадиомодификация.
- Индивидуальное прогнозирование эффективности лучевой терапии.

### **1.6. Основы медицины**

- Анатомия организма человека. Основные органы и ткани.
- Физиология организма человека. Основные физиологические системы.
- Основы онкологии. Роль физических и эндогенных факторов в канцерогенезе. Эпидемиология опухолей.
- Основы патогенеза опухолей различных локализаций. Основные методы лечения онкологических больных.
- Основы патологической анатомии и физиологии неонкологических заболеваний сердечно-сосудистой системы, головного мозга, легких и желудочно-кишечного тракта.

### **1.7. Радиационная физика**

- Строение атома и ядра. Радиоактивный распад. Схемы распада радионуклидов. Ионизирующие и неионизирующие излучения.
- Источники ионизирующих излучений. Рентгеновские трубки, радионуклиды, генераторы, ускорители, ядерные реакторы.
- Взаимодействие фотонов с веществом. Фотоэффект, комптоновское и когерентное рассеяние, эффект образования электронно-позитронных пар.
- Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Многократное рассеяние, ионизация, возбуждение, радиационные потери энергии.
- Взаимодействие нейтронов с веществом. Поля смешанного излучения.
- Методы и средства детектирования ионизирующих излучений. Ионизационные, газоразрядные, сцинтилляционные, фотографические и полупроводниковые детекторы.
- Дозиметрия ионизирующих излучений. Керма, поглощенная доза. Экспозиционная доза. Электронное равновесие.
- Ионизационные дозиметры. Теория Брегга – Грея. Нормальные и наперстковые ионизационные камеры. Конденсаторные камеры. Газоразрядные счетчики.
- Сцинтилляционные дозиметры. Термолюминесцентные дозиметры.
- Полупроводниковые, фотографические и химические дозиметры.
- Дозиметрия нейтронов. Ядерно-трековые дозиметры.
- Дозиметрия инкорпорированных радионуклидов.

## **2. Лучевая терапия**

### **2.1. Физико-технические средства и технологии лучевой терапии**

- Гамма-терапевтические аппараты. Дистанционное и контактное облучение. Рентгенотерапия
- Терапевтические линейные ускорители. Пучки быстрых электронов и тормозного излучения.
- Нейтронно-соударная и нейтронно-захватная терапия на ускорителях и ядерных реакторах.
- Терапия пучками протонов, легких и тяжелых ионов, отрицательно заряженных пи-мезонов.

## **2.2. Формирование терапевтических дозных полей.**

- Формирование дозных полей при дистанционном облучении. Статические и динамические методы. Клиновидные фильтры, блоки, решетки.
- Пространственно-временная модуляция интенсивности пучков излучения. Многолепестковые коллиматоры фотонных пучков.
- Формирование дозных полей при внутритканевом и внутриволостном облучении. Технология последовательного введения источников.
- Формирование дозных полей протонов и нейтронов. Контактное облучение нейтронами и фотонами от калифорния-252.

## **2.3. Клиническая дозиметрия**

- Метрологическое обеспечение клинического применения пучков излучения и радионуклидных источников.
- Средства и технологии калибровки пучков фотонного излучения.
- Средства и технологии калибровки электронных пучков ускорителя.
- Калибровка радионуклидных источников для контактного облучения.
- Средства и методы фантомных измерений пространственного распределения дозы. Дозиметрия *in vivo*.

## **2.4. Дозиметрическое планирование облучения**

- Топометрическое обеспечение планирования. Рентгеновская компьютерная томография, магнитно-резонансная визуализация, ультразвуковая топометрия.
- Симуляция облучения. Рентгеновские симуляторы. Компьютерные томографы-симуляторы.
- Дозные распределения и методы их вычисления. Глубинное распределение дозы. Отношения ткань – воздух, рассеяние – воздух, ткань – фантом, ткань – максимум, рассеяние – максимум.
- Трехмерное планирование. Изодозное картирование. Клиновидные фильтры, формирующие блоки. Комбинация радиационных полей.
- Теоретические основы дозиметрического планирования. Аналитические методы, решение уравнений переноса излучения, метод Монте-Карло-моделирования. Дозовая функция тонкого луча. Суперпозиция дозных полей.
- Планирование дистанционного облучения пучками электронов.
- Планирование контактного облучения радионуклидными источниками.
- Стандартные компьютеризированные системы дозиметрического планирования. Структура, функциональные возможности и технология применения.

## **2.5. Гарантия качества лучевой терапии**

- Основные принципы, цели, методы и программы гарантии качества.
  - Приемо-сдаточные испытания радиационно-терапевтических установок и систем дозиметрического планирования.
  - Средства и технологии контроля параметров установок и режимов дистанционного облучения пучками фотонов.
  - Средства и технологии контроля параметров гамма-терапевтических аппаратов для контактного облучения.
  - Контроль качества симуляторов и систем дозиметрического планирования.
3. Ядерная медицина

## **3.1. Физические принципы ядерной медицины**

- Систематика радионуклидной диагностики и радионуклидной терапии.
- Основные принципы *in vivo* исследований.
- Основные принципы *in vitro* исследований.
- Основные принципы радионуклидной терапии.

### 3.2. Радиофармпрепараты

- Классификация и выбор радиофармпрепаратов для *in vivo* исследований
- Выбор радионуклидов для диагностических радиофармпрепаратов.
- Технеций-99m – основной радионуклид для *in vivo* исследований.
- Выбор радионуклидов для *in vitro* исследований.
- Выбор радионуклидов для радионуклидной терапии.

### 3.3. Радиодиагностическая аппаратура

- Гамма-камера. Коллиматоры. Основные физико-технические и визуализирующие характеристики гамма-камеры.
- Однофотонные эмиссионные компьютерные томографы. Гибридные томографы.
- Позитронные эмиссионные томографы. Комбинированные томографы для мультимодальной визуализации.
- Клинические радиометры для *in vivo* и *in vitro* исследований. Интраоперационная радиометрия.

### 3.4. Программно-алгоритмическое сопровождение

- Формирование скintiграфических изображений. Реконструкция томографических изображений. Алгоритмы обратного проецирования и итерационные. Мультимодальная визуализация.
- Преобразование изображений. Сегментация и цифровая фильтрация изображений. Введение методических поправок, в т.ч. на ослабление и рассеяние излучения.
- Обработка результатов динамических исследований. Математическое моделирование транспорта радиофармпрепаратов. Параметрическая визуализация.
- Интерпретация изображений. Автоматическое распознавание изображений с использованием искусственных нейронных сетей. ROC-анализ. Алгоритмы принятия диагностического решения.

### 3.5. Гарантия качества ядерной медицины

- Контроль качества радиофармпрепаратов.
- Средства и технологии контроля качества визуализирующей радиодиагностической аппаратуры.
- Средства и технологии контроля качества радиометрической аппаратуры.
- Контроль качества программного обеспечения.

### 3.6. Радионуклидная терапия

- Дозиметрическое планирование радионуклидной терапии.
- Контроль очаговых и органных поглощенных доз внутреннего облучения. Расчетные и инструментальные методы контроля.

## 4. Рентгенодиагностика

### 4.1. Физические принципы рентгенодиагностики

- Формирование рентгеновских изображений.
- Физические характеристики систем рентгеновизуализации: контраст, пространственное разрешение, отношение сигнал /шум, доза облучения.

### 4.2. Рентгеновские излучатели

- Рентгеновские трубки.
- Спектры рентгеновского излучения.

#### **4.3. Приемники рентгеновских изображений**

- Рентгеновская фотопленка.
- Системы «усиливающий экран – фотопленка».
- Усилители рентгеновских изображений
- Системы цифровой визуализации. Сканирующие линейки. Фотостимулируемые люминофоры. Полупроводниковые матрицы.

#### **4.4. Технологии и средства рентгенодиагностики**

- Визуализация общего назначения.
- Специальные технологии: флюорография, маммография, стоматологическая рентгенография.
- Остеоденситометрия.
- Интервенционная рентгенология. Ангиография. Внутрисосудистое облучение под рентгенологическим контролем.

#### **4.5. Рентгеновская компьютерная томография (КТ)**

- Основные принципы КТ. Формирование КТ - изображений.
- Компьютерные томографы. Основные физико-технические характеристики.
- Программно-алгоритмическое обеспечение. Преобразование Радона. Двумерная фильтрация. Фурье – реконструкция. Алгоритмы обратного проецирования и итерационной реконструкции.
- Виртуальная эндоскопия. Планирование операций и навигационный контроль.

#### **4.6. Гарантия качества рентгенодиагностики**

- Метрологическое обеспечение программ гарантии качества.
- Средства и технологии контроля качества рентгеновских излучателей.
- Средства и технологии контроля качества приемников рентгеновских изображений.

### **5. Применение неионизирующих излучений и полей в медицине**

#### **5.1. Физические основы биологического действия**

- Основные физические характеристики неионизирующих излучений. Взаимодействие излучений с веществом: перенос, поглощение и трансформация энергии.
- Взаимодействие оптических излучений с веществом. Основные закономерности фотохимии и фотобиологии.
- Взаимодействие инфракрасного излучения и ультразвука с веществом.
- Постоянные и импульсные магнитные поля. Физические эффекты.
- Электромагнитные поля. ВЧ-, СВЧ- и КВЧ-излучения.
- Дозиметрия и метрология неионизирующих излучений.

#### **5.2. Лазерное излучение**

- Средства генерации и регистрации лазерного излучения.
- Биологические эффекты воздействия лазерного излучения.
- Диагностическое применение лазеров. Оптическая томография.
- Профилактическое лазерное облучение. Применение в лучевой терапии.
- Терапевтическое применение лазеров. Фотодинамическая терапия.
- Хирургическое применение лазеров.

### **5.3. Термография и радиотермометрия**

- Средства регистрации инфракрасного и дециметрового излучения.
- Статистическая и динамическая термография.
- Термометрия внутренних органов.

### **5.4. Магнитные поля**

- Биологические эффекты воздействия магнитных полей.
- Магнитно-резонансная томография. Регистрация МР-сигналов. Импульсные последовательности. Формирование МРТ-изображений.
- Магнитно-резонансная спектроскопия. Исследования *in vivo* и *in vitro*.
- Магнитные поля биологических объектов. Средства и методы регистрации. Защита от помех при измерениях.
- Лечебное воздействие магнитных полей. Аппаратура и технологии магнитотерапии.

### **5.5. Ультразвуковые излучения**

- Средства и технологии генерации акустических полей. Формирование акустических пучков.
- Средства и технологии регистрации ультразвука. Пьезоэлектрические преобразователи. Детекторы смещения. УЗ-спектроскопия.
- Ультразвуковая эхография. Допплерография. Ультразвуковая компьютерная томография.
- Ультразвуковая и ударно-волновая литотрипсия.

### **5.6. Электронный парамагнитный резонанс**

- Физические основы эффекта ЭПР.
- Средства и технологии ЭПР-спектроскопии. Метод спиновых меток.
- ЭПР-методы в медицине и биологии.
- ЭПР-дозиметрия ионизирующего излучения.

## **6. Радиационная безопасность в медицине**

### **6.1. Общие знания**

- Физические основы регламентации радиационных воздействий на пациентов, персонал, население и окружающую среду. Принцип ALARA.
- Основные международные и национальные нормативные документы по обеспечению радиационной безопасности при медицинском применении источников излучений.
- Принципы и программы радиационного контроля в медицинских учреждениях.

### **6.2. Радиационная безопасность лучевой терапии**

- Принципы и методики расчета радиационной защиты установок для лучевой терапии. Физические основы проектирования радиологических корпусов.
- Организация технологических этапов процесса лучевой терапии. Основные меры по обеспечению радиационной безопасности персонала.
  - Обеспечение радиационной безопасности пациентов при дистанционном и контактном облучении.

### **6.3. Радиационная безопасность в ядерной медицине**

- Физические основы проектирования корпусов и помещений для подразделений радионуклидной диагностики и радионуклидной терапии. Особенности проектирования центров позитронной эмиссионной томографии.

- Физические мероприятия по снижению уровней наружного и внутреннего профессионального облучения персонала. Организация диагностического процесса, менеджмент радиоактивных отходов.
- Радиационная защита пациентов. MIRД-формализм в дозиметрии внутреннего облучения от радиофармпрепаратов.
- Принципы и технологии радиационной защиты населения и окружающей среды при использовании диагностических и терапевтических радиофармпрепаратов.

#### ***6.4. Радиационная безопасность в рентгенодиагностике***

- Расчеты радиационной защиты кабинетов рентгенодиагностики и рентгенотерапии.
- Физические и организационные мероприятия по обеспечению радиационной безопасности пациентов. Расчетные и экспериментальные методы определения доз облучения на фантомах и при *in vivo* измерениях.
- Радиационная защита персонала. Особенности обеспечения радиационной безопасности в интервенционной радиологии.

#### ***6.5. Радиационная безопасность при использовании неионизирующих излучений***

- Нормирование воздействия лазерного излучения, ультразвука, магнитных и электрических полей на человека.
- Защита пациентов и персонала от воздействия неионизирующих излучений.

### **7. Организационно-экономические аспекты**

- Научное планирование и проектирование радиологических центров
- Системное оснащение радиологических объектов
- Информационное и компьютерное обеспечение
- Кадровое обеспечение
- Нормативно-правовое обеспечение
- Аудит и гарантия качества

## 8.2. Программа последипломного образования в Учебном центре АМФР

За 15 лет деятельности проведено 25 курсов повышения квалификации по следующей тематике:

- Линейные ускорители в дистанционной лучевой терапии
- Современные методики планирования лучевой терапии
- Современные методы и аппаратура для конформной лучевой терапии. Радиационная безопасность и гарантия качества
- Планирование дистанционной лучевой терапии и клиническая дозиметрия
- Медико-физические и клинические аспекты лучевой терапии. Радиационная безопасность
- Подготовительный базовый курс обучения для медицинских физиков и врачей-радиологов
- Современные методы и аппаратура конформной лучевой терапии
- Медико-физические и клинические аспекты лучевой терапии, лучевой диагностики и ядерной медицины

### Примеры программ курсов АМФР

**Программа подготовительного базового курса обучения (совместно с НИЯУ МИФИ) для медицинских физиков и врачей-радиологов, не получивших базового медико-физического образования**

#### Тема занятия

1. Вводное занятие. Цели и задачи курса
2. Система непрерывного образования для медицинских физиков
3. Стратегия развития атомной медицины
4. Основы ядерной и радиационной физики
5. Элементарные частицы и виды ионизирующих излучений
6. Источники ионизирующих излучений
7. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом
8. Методы и средства детектирования ионизирующих излучений
9. Основы дозиметрии ионизирующих излучений
10. Методы и алгоритмы расчета дозовых распределений для планирования лучевой терапии
11. Основы радиобиологии
12. Основы защиты от ионизирующих излучений
13. Принципы работы ускорителей, гамма-аппаратов и другой радиотерапевтической техники
14. Физические принципы ядерной медицины
15. Принципы работы оборудования, технологий и радиофармпрепараты для ядерной медицины
16. Принципы работы аппаратуры для лучевой диагностики и топометрии
17. Основы информатики
18. Основы радиационной безопасности
19. Тестирование. Подведение итогов. Вручение удостоверений

**Программа курса тематического усовершенствования (144 часа) по теме: «Медико-физические и клинические аспекты лучевой терапии. Радиационная безопасность»**

#### Тема занятия

1. Вводное занятие. Задачи и программа цикла тематического усовершенствования



2. Концепция развития медицинских ядерно-физических технологий. Стратегия модернизации радиотерапевтических отделений.
3. Медико-физическое обеспечение лучевой терапии
4. Радиобиологические основы лучевой терапии
5. Методы лучевой визуализации в онкологии
6. Отдел лучевой диагностики РОНЦ. Технологии и оснащение
7. УЗИ в онкологии
8. МРТ в онкологии
9. Радионуклидная диагностика, ОФЭКТ
10. Физико-технические основы ядерной медицины
11. Обеспечение радиационной безопасности в онкорadiологии. Ознакомление с работой отделения радионуклидной диагностики
12. Позитронно-эмиссионная томография. ПЭТ-центры
13. Стандарт DICOM для обмена медицинскими изображениями. Расширение DICOM RT
14. Рентгенотерапия: медико-физические аспекты. Математические модели оценки вероятности возникновения лучевых осложнений
15. Нормативные документы. От 2D до 3D планирования. МКРЕ50/62
16. Практические занятия на 2D и 3D системах планирования
17. Практические занятия по методам получения медицинских изображений
18. Практические занятия по определению объема облучения. Получение данных о пациенте
19. КТ-сканирование и симуляторы для планирования лучевой терапии
20. Специализированные процедуры получения изображения
21. Топометрические исследования. Практические занятия.
22. Подготовка больного к облучению
23. Современные алгоритмы расчета дозовых распределений для систем дозиметрического планирования
24. Планирование облучения и технология модуляции интенсивности лучевой терапии (IMRT)
25. Технология IGRT
26. Фиксирующие устройства в лучевой терапии онкологических больных. Практические занятия.
27. Индивидуальная количественная оценка результатов лечения. Дозиметрическое и технологическое обеспечение тотального облучения тела человека
28. ТЛД-тестирование. Методы и аппаратура. Практические занятия
29. О работе отдела радиационной онкологии. Принципы и проблемы химиолучевой терапии
30. Современные принципы лучевой терапии злокачественных опухолей грудной клетки (молочная железа)
31. Клинически значимые различия 3-мерного и 2-мерного планирования дистанционной лучевой терапии рака мочевого пузыря
32. Современные принципы лучевой терапии злокачественных опухолей орофарингиальной зоны и гортани
33. Современная стратегия комбинированного лечения ходжкинских и неходжкинских лимфом
34. Лучевая терапия опухолей опорно-двигательного аппарата
35. Основы клинической дозиметрии. Некоторые практические применения
36. Технологии и аппаратура дозиметрического обеспечения лучевой терапии. Практические занятия
37. Использование концепции номинальной стандартной дозы и ее модификации в лучевой терапии злокачественных опухолей. Примеры практических задач по ВДФ
38. Практические занятия
  - а) Калибровка мониторных ионизационных камер ускорителя электронов
  - б) Относительная дозиметрия с использованием анализатора дозного поля
39. Практические занятия

- а) Формирование полей облучения
- б) Выбор индивидуальных дозиметрических планов облучения
- 40. О работе отделения радиохирургии РОНЦ. Внутритканевая лучевая терапия
- 41. Лучевая терапия злокачественных опухолей эндометрии, тела матки, влагалища
- 42. Лучевая терапия рака шейки матки
- 43. Топометрическая подготовка и дозиметрическое планирование онкологических больных для проведения брахитерапии
- 44. Брахитерапия рака предстательной железы
- 45. Протоки, пищевод
- 46. Прямая кишка
- 47. Интраоперационное облучение опухолей поджелудочной железы
- 48. Гипертермия и полирадиомодификация в лучевой терапии новообразований
- 49. Современные принципы лучевой терапии рака пищевода
- 50. Предлучевая подготовка, планирование и проведение лучевой терапии при раке легких
- 51. Практические занятия на 2D и 3D системах планирования для 1-ой группы локализаций
- 52. Практические занятия на 2D и 3D системах планирования для 2-ой группы локализаций
- 53. Физические основы протонной терапии
- 54. Опыт применения протонной терапии РОНЦ
- 55. Опыт применения протонной терапии РНЦРР
- 56. Современные тенденции развития оборудования для дистанционной лучевой терапии
- 57. Методы и оснащение современной дистанционной стереотаксической радиотерапии и дистанционной стереотаксической радиохирургии. Стереотаксическая радиохирургия и стереотаксическая радиотерапия на аппарате NOVALIS
- 58. Система дозно-анатомического планирования для дистанционной стереотаксической радиохирургии «BrainScan»
- 59. Практические занятия по стереотаксической радиохирургии
- 60. Стандартные и нестандартные исследования дозозависимых характеристик имплантов
- 61. Специфика технологии лучевого лечения с использованием ускорителей на примере рака простаты
- 62. Основные компоненты ЛУЭ. Устройство головки ЛУЭ
- 63. Выбор ускорителя. Составление спецификации
- 64. Основные неисправности и сервисное обслуживание ЛУЭ
- 65. Сущность и содержание Федеральных законов РФ «Об использовании атомной энергии», «О радиационной безопасности населения», «Об охране окружающей среды». Структура, функции и задачи органов государственного регулирования и надзора за радиационной безопасностью  
Обзор федеральных норм и правил в области использования атомной энергии, применяемых в народном хозяйстве (для лечебных учреждений). Лицензирование деятельности в области использования атомной энергии
- 66. Порядок получения персоналом разрешений Ростехнадзора на право ведения работ в области использования атомной энергии. Порядок получения лицензий и разрешений Ростехнадзора на право работы с радиоактивными источниками. Перечень необходимых организационно - распорядительных документов для руководства безопасной эксплуатацией радиационных источников их сущность и содержание
- 67. Требования и порядок ведения работ по руководству безопасной эксплуатацией радиационных источников. Требования к безопасности при эксплуатации радиационных источников, по производственному контролю за радиационной безопасностью, учету и контролю радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, физической защитой. Перечень необходимых организационно - распорядительных документов для руководства безопасной эксплуатацией радиационных источников их сущность и содержание. Ответственность организаций и должностных лиц за нарушение законодательства в области использования атомной энергии

68. Основные документы по радиационной безопасности, учету и контролю радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, физической защите радиационных источников. Их сущность, содержание, примеры разработки документов для лечебных учреждений. Продление назначенного срока эксплуатации радиационных источников. Требования к транспортированию радиационных источников  
Требования и порядок ведения документации по радиационной безопасности, учету и контролю радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, физической защите.
69. Инструкция по радиационной безопасности для лечебных учреждений. Инструкция по действиям персонала в аварийных ситуациях. Отчет по обоснованию безопасности радиационных источников для лечебных учреждений. Программа обеспечения качества радиационной безопасности в лечебном учреждении. Отчётность предприятий о состоянии радиационной безопасности перед Ростехнадзором
70. Тестирование. Подведение итогов. Вручение удостоверений

**Программа курса повышения квалификации (72 часа) по теме: «Линейные ускорители в дистанционной лучевой терапии»**

**Тема занятия**

1. Вводное занятие. Цели и задачи курса
2. О медико-физическом обеспечении современных радиотерапевтических комплексов
3. Определение объема облучения. Получение данных о пациенте
4. КТ-сканирование и симуляторы для планирования лучевой терапии
5. Специализированные процедуры получения изображения
6. Топометрические исследования
7. Подготовка больного к облучению
8. Специфика технологии лучевого лечения с использованием ускорителей на примере рака простаты
9. Нормативные документы по медицинской физике и ускорителям. Ознакомление с литературой
10. Международный аудит с помощью ТЛД. МАГАТЭ-ВОЗ
11. От 2D к 3D планированию
12. Системы планирования: 2D, 3D. Программа гарантии качества
13. Обоснование необходимости применения ускорителей электронов в лучевой терапии онкологических больных. Стабильность работы, достоинства и недостатки обширного парка ускорителей электронов в РОНЦ им. Н.Н.Блохина РАМН
14. Технологии и аппаратура дозиметрического обеспечения лучевой терапии. Практические занятия
15. Фиксирующие устройства и иммобилизация пациентов в лучевой терапии
16. Система планирования ROCS, XiO. Практические занятия
17. Пучки фотонов, их характеристики, получение данных для системы планирования
18. Пучки электронов, их характеристики, получение данных для системы планирования. Абсолютная и относительная дозиметрия по TRS-398
19. Программа гарантии качества для ЛУЭ. Объекты тестирования. Практические занятия
20. Облучение нестандартными полями: фигурные поля, компенсаторы, клинья, асимметричные коллиматоры, МЛК. Практические занятия
21. Новые технологии: IMRT и IGRT. Проблемы гарантии качества IMRT
22. Безопасность пациентов и персонала при работе на ЛУЭ
23. Клинические основы дозиметрического планирования
24. Клинически значимые различия 3-мерного и 2-мерного планирования дистанционной лучевой терапии рака мочевого пузыря на ЛУЭ
25. Методики облучения опухолей молочной железы на ЛУЭ
26. Возможности стереотаксического облучения на ЛУЭ

27. Основные компоненты ЛУЭ. Устройство головки ЛУЭ
28. Основные неисправности и сервисное обслуживание ЛУЭ
29. Выбор ускорителя. Составление спецификации
30. Особенности конструкций современных медицинских ускорителей
31. Особенности эксплуатации ЛУЭ. Преимущества и недостатки ЛУЭ
32. Посещение радиологического отделения в Лечебно-Реабилитационном центре Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию РФ
33. Возможности современных систем дозиметрического планирования на примере системы «Эклипс» пр-ва «Вариан Медикал Системс». Практические занятия
34. Комплексное обеспечение точности измерений при радиационном контроле ускорителей электронов. Дозиметрическое и технологическое обеспечение тотального облучения тела человека фотонным излучением с максимальной энергией в спектре 6 МВ
35. Тестирование. Подведение итогов. Вручение удостоверений

**Программа курса повышения квалификации (72 часа) по теме: «Планирование дистанционной лучевой терапии и клиническая дозиметрия»**

**Тема занятия**

1. Вводное занятие. Цели и задачи курса
2. Стратегия физико-технического развития медицинской радиологии в России. Медико-физическое обеспечение лучевой терапии
3. Организация служб дозиметрического планирования и клинической дозиметрии
4. Средства и методы получения медицинских изображений
5. Организация работы и оснащение отделения лучевой топометрии и клинической дозиметрии
6. Комплексный подход к обеспечению индивидуальной дистанционной лучевой терапии
7. Современные алгоритмы расчета дозовых распределений для систем дозиметрического планирования
8. Системы планирования: 2D, 3D. Практические занятия
9. Планирование облучения и технология модуляции интенсивности лучевой терапии (IMRT)
10. Технология IGRT
11. Стандарт DICOM для обмена медицинскими изображениями. Расширение DICOM-RT
12. Выбор индивидуальных дозиметрических планов облучения. Практические занятия
13. Иммобилизация пациентов. Количественное обоснование необходимости применения фиксирующих устройств в лучевой терапии
14. Современное оборудование для планирования дистанционной лучевой терапии и клинической дозиметрии
15. Принципы клинического планирования лучевой терапии. Планирование облучения опухолей простаты
16. Клинические аспекты планирования лучевой терапии рака молочной железы
17. Клинические аспекты планирования лучевой терапии рака шейки матки
18. Предлучевая подготовка, планирование и проведение лучевой терапии при раке легких
19. Клинические аспекты планирования лучевой терапии при опухолях головы и шеи
20. Комплексное обеспечение точности измерений при радиационном контроле радиотерапевтической техники.
21. Предлучевая подготовка, планирование и проведение дистанционной лучевой терапии больным инвазивным раком мочевого пузыря
22. Использование концепции номинальной стандартной дозы и ее модификации в лучевой терапии злокачественных опухолей (НСД и ВДФ)

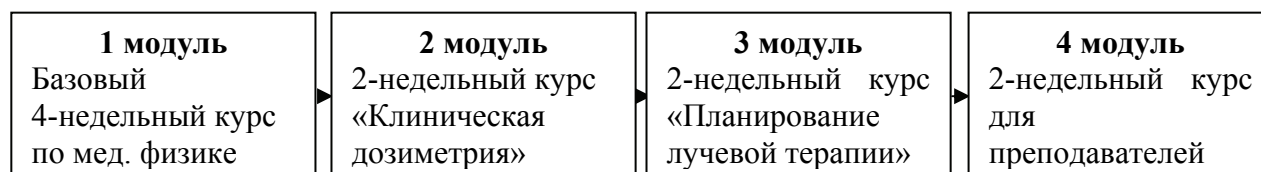
23. Дозиметрическое и технологическое обеспечение тотального облучения тела человека
24. Презентация системы планирования «Эклипс» фирмы VARIAN
25. Технологии и аппаратура дозиметрического обеспечения лучевой терапии. Клинические дозиметры, анализаторы дозного поля и фантомы. Выбор равновесных колпачков для абсолютной дозиметрии
26. Практические занятия
  - а) Калибровка мониторных ионизационных камер ускорителя электронов/
  - б) Выбор индивидуальных дозиметрических планов облучения
27. Практические занятия
  - а) Относительная дозиметрия с использованием анализатора дозного поля
  - б) Формирование полей облучения
  - в) Выбор индивидуальных дозиметрических планов облучения
28. ТЛД-тестирование. Методы и аппаратура. Практические занятия
29. Стандартные и нестандартные исследования дозозависимых характеристик имплантов
30. Опыт дозиметрического обеспечения дистанционной лучевой терапии в РОНЦ им. Н.Н.Блохина РАМН
31. Линейно-квадратичная модель в расчетах изоэффективных доз и в оценке лучевых реакций и осложнений при лучевой терапии
32. Радиационная безопасность в лучевой терапии
33. Тестирование. Подведение итогов. Вручение удостоверений

### 8.3. Развитие модульного принципа в учебном центре АМФР

Планируется развитие курсов АМФР, а именно организация образовательной технологической цепочки – ежегодного цикла, состоящего из 4-х учебных курсов (модулей):

- 1 базовый модуль – четырехнедельный курс по обучению медицинских физиков и лучевых терапевтов по расширенной тематике «Медико-физические и клинические аспекты лучевой терапии»
- 3 последующих модуля – двухнедельные курсы:
  - ✓ 2-ой модуль – двухнедельный курс посвящен углубленному обучению медицинских физиков по тематике «Клиническая дозиметрия»
  - ✓ 3-ой модуль – двухнедельный курс – углубленному обучению медицинских физиков и лучевых терапевтов по тематике «Планирование лучевой терапии»
  - ✓ 4-ый модуль – двухнедельный курс – обучение преподавателей и управленцев

Планируется организовать обучение каждого специалиста на всех 4-х курсах ежегодного цикла. При этом каждый последующий курс дополняет и углубляет профессиональные знания и навыки, полученные на предыдущих курсах. Схема обучения может быть представлена следующим образом:



Планируется также (в отличие от курсов ESTRO) аттестация обучающихся не только по результатам каждого отдельного курса, но и по итогам всего годового цикла обучения. При этом не исключается возможность частичного обучения по выбору в рамках одного, двух или трех модулей.

При этом по сравнению с предыдущей системой подготовки тематика базового четырехнедельного курса (1-ый модуль) сохраняется. Тематика по клинической дозиметрии и планированию в более углубленном варианте представляется в рамках 2-ух двухнедельных курсов (2-ой и 3-ий модули) и добавляется новый двухнедельный курс для преподавателей и управленцев (4-ый модуль). Соответствующие программы 2-го, 3-го и 4 модулей приводятся ниже.

### **Двухнедельный курс (72 часа) «Клиническая дозиметрия»**

1. Физические принципы дозиметрии излучений. Детекторы
2. Технологии и аппаратура дозиметрического обеспечения лучевой терапии.
3. Клинические дозиметры, анализаторы дозного поля и фантомы.  
Выбор равновесных колпачков для абсолютной дозиметрии
4. Комплексное обеспечение точности измерений при радиационном контроле радиотерапевтической техники.
5. Концепция гарантии качества
6. Радиационная безопасность в лучевой терапии
7. Международные и отечественные протоколы по абсолютной дозиметрии
8. Дозиметрия малых и нестандартных полей
9. Относительная дозиметрия. Характеристика относительных распределений
10. Предтерапевтическая проверка планов
11. In-vivo дозиметрия
12. Съёмка дозиметрических данных для систем планирования. Конфигурирование алгоритмов
13. Процедуры регулярной дозиметрической проверки ускорителей
14. Презентация системы планирования
15. Практические занятия
  - а) Калибровка мониторных ионизационных камер ускорителя электронов/
  - б) Относительная дозиметрия с использованием анализатора дозного поля
  - в) Предтерапевтическая проверка планов облучения
  - г) Выбор индивидуальных дозиметрических планов облучения
16. ТЛД-тестирование. Методы и аппаратура. Практические занятия
17. Стандартные и нестандартные исследования дозозависимых характеристик имплантов
18. Опыт дозиметрического обеспечения дистанционной лучевой терапии в РОНЦ им.Н.Н.Блохина РАМН
19. Дозиметрическое и технологическое обеспечение тотального облучения тела человека

### **Двухнедельный курс (72 часа) «Планирование лучевой терапии»**

1. Медико-физическое обеспечение лучевой терапии
2. Организация служб дозиметрического планирования
3. Средства и методы получения медицинских изображений
4. Организация работы и оснащение отдела лучевой терапии

5. Комплексный подход к обеспечению индивидуальной дистанционной лучевой терапии
6. Современные алгоритмы расчета дозовых распределений для систем дозиметрического планирования
7. Системы планирования: 2D, 3D.
8. Планирование облучения и технология модуляции интенсивности лучевой терапии (IMRT)
9. Технология IGRT
10. Стандарт DICOM для обмена медицинскими изображениями. Расширение DICOM-RT
11. Выбор индивидуальных дозиметрических планов облучения.
12. Иммобилизация пациентов. Количественное обоснование необходимости применения фиксирующих устройств в лучевой терапии
13. Современное оборудование для планирования дистанционной лучевой терапии и клинической дозиметрии
14. Принципы клинического планирования лучевой терапии. Планирование облучения опухолей простаты
15. Клинические аспекты планирования лучевой терапии рака молочной железы
16. Клинические аспекты планирования лучевой терапии рака шейки матки
17. Предлучевая подготовка, планирование и проведение лучевой терапии при раке легких.
18. Предлучевая подготовка, планирование и проведение дистанционной лучевой терапии больным инвазивным раком мочевого пузыря
19. Клинические аспекты планирования лучевой терапии при опухолях головы и шеи
20. Практические занятия
  - а) Формирование полей облучения
  - б) Выбор индивидуальных дозиметрических планов облучения
  - в) Планирование локализации: предстательная железа
  - г) Планирование локализации: молочная железа
  - д) Планирование локализации: голова, шея

#### **Двухнедельный курс (72 часа) по обучению преподавателей и управленцев**

1. Стратегия модернизации и развития радиологической медицины
2. Научное планирование, проектирование и сопровождение создания радиотерапевтических центров и центров ядерной медицины
3. Оборудование для лучевой терапии
4. Оборудование и технологии для ядерной медицины
5. Техника и технологии лучевой диагностики
6. Принципы работы ускорительных комплексов
7. Радиотерапевтические технологии
8. Принципы предлучевой топометрической подготовки
9. Принципы, технологии и аппаратура для клинической дозиметрии
10. Принципы, технологии и системы дозиметрического планирования
11. Гарантия качества лучевого лечения
12. Радиационная безопасность. Защита пациентов и персонала при лучевой терапии
13. ТЛД-аудит радиотерапевтических пучков
14. Нормативно-законодательная база лучевой терапии и медицинской физики
15. Роль и задачи медицинского физика
16. Система подготовки и повышения квалификации медицинского физика
17. Образовательные программы по медицинской физике
18. Система аттестации специалистов по медицинской физике
19. Тестирование. Подведение итогов. Вручение удостоверений

## 9. Основные учебные пособия на русском языке:

### *Библиотечка медицинского физика:*

- Б.Я. Наркевич, В.А. Костылев «Физические основы ядерной медицины», АМФ-Пресс. Москва, 2001.
- В.А. Костылев «Медико-физическая деонтология», АМФ-Пресс. Москва, 2001.
- В.А. Костылев «Что такое медицинская физика?» Основные понятия, АМФ-Пресс. Москва, 2001.
- В.А. Костылев «Медико-физическая служба» Задачи и вопросы организации, АМФ-Пресс. Москва, 2001.
- В.А. Костылев «Медико-технологический менеджмент в учреждениях здравоохранения и клиническая инженерия» Методическое пособие для администраторов здравоохранения и клинических инженеров, АМФ-Пресс. Москва, 2001.
- В.А. Костылев, А.П. Черняев, Н.А. Антипина «Ионизирующие излучения в терапии», АМФ-Пресс. Москва, 2001.
- Н.Н. Блинов, Б.Я. Наркевич, В.А. Костылев «Физические основы рентгенодиагностики», АМФ-Пресс. Москва, 2002.
- В.А. Костылев «О радиологических и медико-физических центрах», АМФ-Пресс. Москва, 2002.
- Г.В. Голдобенко, В.А. Костылев «Проблемы радиационной онкологии», АМФ-Пресс, Москва, 2002.
- Ю.Л. Рыбаков, В.А. Костылев «Физические основы применения магнитных полей в медицине», АМФ-Пресс, Москва, 2004.
- В.А. Костылев «Особенности «национальной научно-технической политики» в лучевой терапии», АМФ-Пресс, Москва, 2004.
- А.В. Хмелев, С.В. Ширяев, В.А. Костылев «Позитронная эмиссионная томография», АМФ-Пресс, Москва, 2004.

### *Основные учебные и методические пособия:*

- Н.Н. Блинов «Основы рентгенодиагностической техники», М.: Медицина, 2002.
- Е.В. Кижаяев, Ф.Ф. Муфазалов, Н.Г. Бахмутский «Лазерное и магнитное сопровождение лучевой терапии», Москва, 2003.
- И.Г. Тарутин «Радиационная защита при медицинском облучении», Минск, «Высшейшая школа», 2005.
- В.К. Сахаров «Радиоэкология», Санкт-Петербург, Москва, Краснодар, 2006.
- Т.Г. Ратнер, Н.А. Лютова «Клиническая дозиметрия. Теоретические основы и практическое применение», Издательство «Весть», Москва, 2006.
- В.А. Климанов, Т.А. Крылова «Дозиметрическое планирование лучевой терапии» Часть 1. Дистанционная лучевая терапия пучками тормозного и гамма-излучения», Москва, 2007.
- В.А. Климанов, Т.А. Крылова «Дозиметрическое планирование лучевой терапии» Часть 2. Дистанционная лучевая терапия пучками заряженных частиц и нейтронов. Брахитерапия и радионуклидная терапия», Москва 2008.



- В.А. Климанов, Т.А. Крылова «Дозиметрическое планирование лучевой терапии» Часть 3. Лучевая терапия пучками с модулированной интенсивностью. Оптимизация облучения», Москва 2008.
- Т.Г.Ратнер, В.Г.Сахаровская «Иммобилизация пациента во время лучевой терапии. Теоретические основы и практическое применение», Издательство «Весть», Москва, 2008
- В.А. Костылев, Б.Я. Наркевич «Медицинская физика», М.:Медицина, 2008.
- В.А. Костылев «Модернизация и создание радиотерапевтических центров. Научное планирование и научное сопровождение», АМФ-Пресс, Москва, 2010.
- В.А. Костылев «Медицинская атомная стратегия», АМФ-Пресс, Москва, 2010.
- У.Я. Маргулис, Ю.И. Брегадзе, К.Н. Нурлыбаев «Радиационная безопасность. Принципы и средства ее обеспечения», Москва 2010.
- Серия учебных курсов №25 «План обучения и подготовки РТ-специалистов (радиологов-техников), МАГАТЭ, Вена, 2007
- Всесторонние аудиты практики лучевой терапии: средство для повышения качества. Группа обеспечения качества в радиационной онкологии (КВАТРО), МАГАТЭ, Вена, 2008
- Контроль качества в лучевой терапии и лучевой диагностике, Сборник нормативных документов, Минск, «Полипринт», 2009
- Переводы международных документов:
  - **МКРЕ-50.** Назначение, протоколирование и отчетность по фотонной лучевой терапии. Изд. МКРЕ.
  - **TG-40.** Гарантия качества в радиационной онкологии. Доклад рабочей группы №.40 Комитета по лучевой терапии Американской Ассоциации Медицинских Физиков
  - **TG-43.** Дозиметрия источников, используемых для внутритканевой лучевой терапии: рекомендации рабочей группы №.43 Комитета по лучевой терапии Американской Ассоциации Медицинских Физиков
  - **TG-45.** Рекомендации по работе с ускорителями электронов в лучевой терапии. Доклад рабочей группы №45 Комитета по лучевой терапии Американской Ассоциации Медицинских физиков
  - **TG-53.** Гарантия качества планирования лучевого лечения. Доклад рабочей группы N.53 Комитета по лучевой терапии Американской Ассоциации Медицинских Физиков
  - **TG-56.** Практические рекомендации по применению физики в контактной лучевой терапии - Доклад группы № 56 Комитета по лучевой терапии
  - **TG-63.** Дозиметрические проблемы лучевой терапии у больных с протезами тазобедренного сустава. Доклад рабочей группы № 63 Комитета по лучевой терапии ААРМ.
  - **TG-142.** Гарантия качества медицинских линейных ускорителей электронов. Доклад рабочей группы №142 Комитета по лучевой терапии ААРМ.
  - **Report of the IMRT subcommittee of AAPM radiation therapy committee.** Guidance document on delivery, treatment planning and clinical implementation of IMRT.
  - «Европейские рекомендации по гарантии качества лучевой терапии», Буклет 7

### ***Методические указания***

- МУ 2.6.1.024-09 Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при лучевой терапии пучками протонов и ионов небольших масс», Москва 2009
- МУ 2.6.1.1892-04 Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности

### ***Используются российские журналы:***

«Медицинская физика», «Медицинская радиология», «Медицинская техника» и т.д.

## **10. Дополнительные услуги**

Слушателям предоставляются следующие услуги, кроме планового обучения:

- дополнительная возможность индивидуальных практических занятий с ведущими специалистами по определенной тематике;
- получение дополнительных консультаций по различным вопросам;
- электронный диск с лекциями;
- доступ к библиотеке АМФР;
- удостоверение государственного образца о повышении квалификации;
- сертификат АМФР-ИМФИ;
- возможность приобретения около 50 различных книг, научно-методических и учебных материалов и пособий.

**Добро пожаловать в наш учебный центр!**



## Концепция модернизации радиационной онкологии в России

<sup>1</sup>В.А.Костылев, <sup>2</sup>С.В.Канаев, <sup>3</sup>Г.Г.Матякин, <sup>4</sup>Ю.С.Мардынский, <sup>5</sup>Г.А.Паньшин, <sup>6</sup>С.И.Ткачев

<sup>1</sup> Ассоциация медицинских физиков России, Институт медицинской физики и инженерии

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт онкологии им. Н.Н.Петрова

<sup>3</sup> Центральная клиническая больница Управления делами Президента РФ

<sup>4</sup> Медицинский радиологический научный центр

<sup>5</sup> Российский научный центр рентгенорадиологии

<sup>6</sup> Российский онкологический научный центр им. Н.Н.Блохина РАМН

### Что мы имеем?

Сегодня в России из 140 отделений лучевой терапии 75% имеют очень низкий уровень оснащения, который не способен обеспечить качественное лечение и лишь 5% способны обеспечивать хорошее качество лучевого лечения. Число имеющихся в России медицинских ускорителей в 10 раз, а медицинских физиков в 6 раз меньше необходимого сегодня. Лишь 15% медицинских учреждений имеют адекватную по квалификации существующему у них техническому оснащению медико-физическую службу, и лишь 5 учреждений (т.е. 3%) имеют такую службу, отвечающую высоким мировым требованиям.

В табл. 1 приведены цифры, характеризующие степень нашего отставания.

Лучевую терапию получают лишь 30% онкологических больных вместо нуждающихся в ней 70%. Причем адекватную лучевую терапию получают не более 10% из них, т.е. те, которые лечатся в 5 лучших отделениях лучевой терапии (или которым не показаны сложные технологии облучения). Это составляет лишь 3% всех онкологических больных.

**Таблица 1. Количественные показатели на 1 млн. населения на сегодняшний день**

	Россия	США	Европа (в среднем)
Ускорители	0,7	14	5
Радиотерапевтические центры	1	8	2,5
Медицинские физики и дозиметристы	2	33	10
Радиационные онкологи и лучевые терапевты	8	49	11

Погрешность подведения лечебной дозы часто достигает 30% вместо допустимой 5%.

Только из-за плохой лучевой терапии и радиохирургии Россия ежегодно дополнительно теряет около 50 тыс. человеческих жизней (более 300 на каждый миллион населения), которые могли бы быть спасены средствами радиационной онкологии.

### Мировые тенденции

Идет стремительное развитие и усложнение радиотерапевтической и радиохирургической техники и технологий, которое обеспечивает существенное повышение качества лучевого лечения. Это неизбежно приводит к резкому уменьшению пропускной способности аппаратов, а значит к соответствующему увеличению их необходимого количества, числа радиотерапевтических центров и медицинских физиков.

При этом резко повышаются требования к уровню квалификации специалистов, организации систем безопасности и гарантии качества лучевого лечения.

### Что делается?

Сегодня руководством РФ предпринимаются активные, но бессистемные шаги по модернизации здравоохранения, в частности, радиационной онкологии. Однако такая модернизация сегодня не приносит ожидаемого положительного эффекта, а эффективность использования выделяемых средств не превышает 10%. Количественные показатели оснащения не растут, новое гиперсложное оборудование ставится вместо простого старого в неподготовленные клиники

Связано это с серьезной недооценкой нашего катастрофического отставания в области атомной медицины, недостаточной компетенцией чиновников, отсутствием научно-обоснованной программы развития, компетентного научного руководства и сопровождения, с отсутствием в стране правовой основы и других необходимых базовых условий (т.е. «среды обитания») для развития данной области. Самое главное, отсутствуют квалифицированные медицинские физики и радиологи, и нет системы их подготовки в стране.

Ликвидировать наше отставание, достигнуть существенного прогресса и догнать развитие страны по качеству радиационной терапии невозможно без активного участия в процессе модернизации ведущих ученых, специалистов и компаний, без мобилизации и консолидации усилий всех работающих в этой области

профессионалов. Это врачи, физики, инженеры, разработчики, производители и продавцы радиологического оборудования, проектировщики и строители, организаторы здравоохранения.

Для их консолидации и мобилизации на решение задач модернизации и развития радиационной онкологии по общественной инициативе создан и начал активную деятельность Радиационно-Онкологический Союз (РОС).

### Что надо делать?

Для ликвидации нашего более чем 30-летнего отставания от высокоразвитых стран в данной области потребуется не менее 20 лет и **специальная Программа ускоренного развития**, в рамках которой должны быть предприняты следующие меры.

- ❖ создать «точки роста» лучевой терапии (техническая модернизация ряда ведущих онкологических учреждений, организация при них учебно-научных центров, создание научно-производственных центров по выпуску отечественного оборудования);
- ❖ предпринять «меры скорой помощи» по системной и планомерной модернизации существующих отделений лучевой терапии;
- ❖ создать не менее 500 новых радиотерапевтических центров с высоким уровнем оснащения и кадрового обеспечения;
- ❖ осуществлять модернизацию существующих и создание новых РТЦ, не ориентируясь на сегодняшний день, а обязательно с учетом прогнозирования развития не менее, чем на 20 лет вперед и резервирования возможностей.
- ❖ создать систему подготовки и сохранения кадров (медицинских физиков, инженеров, радиационных онкологов и технологов);
- ❖ подготовить 7500 медицинских физиков и 10000 лучевых терапевтов и радиохирургов;
- ❖ установить 3000 ускорительных комплексов с комплектом вспомогательного оборудования;
- ❖ осуществить разработку и освоение производства конкурентоспособного отечественного оборудования для конформной лучевой терапии, стереотаксического облучения, радиохирургии, брахитерапии, топометрии, клинической дозиметрии, дозиметрического планирования и т.д. Мощности производств вытекают из данных табл. 2 и рис. 1.

Развитие отечественных производств должно базироваться на опыте лучших зарубежных фирм и на взаимовыгодных партнерских отношениях с ними. Эти цифры кажутся фантастическими лишь на фоне нашего катастрофического отставания. Но относительно соответствующих показателей развитых стран эти цифры верны. И только их достижение позволит нам через 20 лет догнать развитые страны по качеству лучевого лечения. А это требует гораздо более высоких темпов развития и гораздо более серьезной организации процесса модернизации.

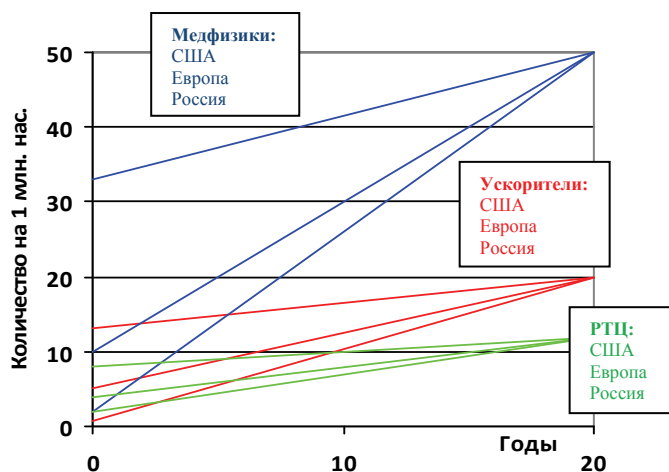
Должна быть организована система закупки оборудования на основе честной конкуренции объективных и альтернативных конкурсов без коррупции и административного давления.

Наиболее круто должно расти количество и качество медицинских физиков (см. рис. 1). Создание системы их подготовки является гораздо более сложной проблемой, чем закупка оборудования и строительство корпусов.

Сегодня в России есть лишь один Учебный центр АМФР-МИФИ-РОНЦ по подготовке медицинских физиков для лучевой терапии, отвечающий мировым

**Таблица 2. Количественные оценки по обеспечению радиационной онкологии в России медицинскими физиками, ускорителями и радиотерапевтическими центрами (РТЦ)**

	Сегодня		Прогнозируемая потребность	
	имеется	должно быть	через 10 лет	через 20 лет
медицинские физики	250	1500	4000	7500
ускорители	80	800	1500	3000
РТЦ	140	300	600	1200



**Рис. 1. Необходимые темпы роста количества ускорителей, медицинских физиков и радиотерапевтических центров на 1 млн. населения**

критериям, имеющий многолетний опыт, высококвалифицированный преподавательский корпус и хорошо оснащенную широкопрофильную клиническую базу РОНЦ им.Н.Н.Блохина РАМН, поддерживаемый МАГАТЭ и Росатомом.

Необходимо развить этот университетско-клинический учебный центр, повысить его мощность и эффективно использовать данную научную школу в качестве точки роста для подготовки специалистов, преподавательского корпуса и тиражирования подобных учебных центров в регионах. На создание каждого нового такого учебного центра потребуется не менее 10 лет. Скоропалительное создание незрелых кафедр и учебных центров приведет лишь к тиражированию недоучек и к трагическим последствиям для больных.

Многолетний наш и зарубежный опыт показывает недопустимость некоего типового подхода к модернизации существующего или созданию нового РТЦ. Только индивидуальный научный подход позволит достичь положительного результата.

**Необходимо осуществлять грамотное научное планирование модернизации и развития радиационной онкологии в каждом регионе и в каждой онкологической клинике.** Оно должно осуществляться в 3 этапа:

1. **Стратегический**, который включает в себя принятие политического решения и разработку концепции.
2. **Тактический**, который включает в себя разработку медико-технических требований (МТТ) на радиотерапевтический центр (РТЦ) или систему РТЦ.
3. **Технический**, который включает в себя медико-техническое задание (МТЗ) на проектные работы

**Необходимо не только грамотно планировать, но и эффективно осуществлять модернизацию и развитие, что невозможно без компетентного научного сопровождения.**