

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И КОНЦЕПЦИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ РАДИАЦИОННОЙ ОНКОЛОГИИ, ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ И МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ В РОССИИ (КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ)

М.И. Давыдов<sup>1</sup>, А.В. Голанов<sup>2</sup>, С.В. Канаев<sup>3</sup>, В.Н. Корсунский<sup>4</sup>, В.А. Костылев<sup>5</sup>, Г.Г. Матякин<sup>6</sup>, Ю.С. Мардынский<sup>7</sup>, Б.Я. Наркевич<sup>1,5</sup>, Г.А. Паньшин<sup>8</sup>, В.Б. Сергиенко<sup>9</sup>, С.И. Ткачев<sup>1</sup>, Е.В. Хмелевский<sup>10</sup>, Т.В. Юрьева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Российский онкологический научный центр им. Н.Н. Блохина РАМН, Москва

<sup>2</sup> НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко, Москва

<sup>3</sup> Научно исследовательский институт онкологии им. Н.Н. Петрова, Санкт-Петербург

<sup>4</sup> Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна, Москва

<sup>5</sup> Институт медицинской физики и инженерии, Ассоциация медицинских физиков России, Москва

<sup>6</sup> Центральная клиническая больница с поликлиникой Управления делами президента РФ, Москва

<sup>7</sup> Медицинский радиологический научный центр Минздрава России, Обнинск

<sup>8</sup> Российский научный центр рентгенорадиологии Минздрава России, Москва

<sup>9</sup> Российский кардиологический научно-производственный комплекс Минздрава России, Москва

<sup>10</sup> Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена

Коллективом ведущих онкологов, лучевых терапевтов и медицинских физиков России по инициативе Радиационно-онкологического сообщества (РОС) и Ассоциации медицинских физиков России (АМФР) проведен анализ состояния и разработана концепция модернизации радиационной онкологии, ядерной медицины и медицинской физики в России. В данном материале отражено преимущественно медико-физическое видение проблемы в отличие от производственного и коммерческого. Рассмотрены мировые тенденции, количественные и качественные показатели по сравнению с Европой и США, предпринимаемые действия и их оценка, что и как надо делать, чтобы догнать ведущие мировые державы. Особое внимание уделено проблеме обеспечения высококвалифицированными кадрами и научному подходу к модернизации, созданию и развитию радиотерапевтических центров и центров ядерной медицины, в том числе системам закупки оборудования и аудита. Обозначены основные направления развития научно-исследовательских разработок и производств, необходимые вложения, проблемы организации работ и ожидаемый результат.

Ключевые слова: концепция модернизации, радиационная онкология, ядерная медицина, медицинская физика

### Status Analysis and Concept of Radiation Oncology, Nuclear Medicine and Medical Physics Modernization in Russia (Summary)

M.I. Davydov<sup>1</sup>, A.V. Golanov<sup>2</sup>, S.V. Kanaev<sup>3</sup>, V.N. Korsunskiy<sup>4</sup>, V.A. Kostylev<sup>5</sup>, G.G. Matyakin<sup>6</sup>, Y.S. Mardynskiy<sup>7</sup>, B.Ja. Nerkevich<sup>1,5</sup>, G.A. Panshin<sup>8</sup>, V.B. Sergienko<sup>9</sup>, S.I. Tkachev<sup>1</sup>, E.V. Khmelevskiy<sup>10</sup>, T.V. Yurieva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Moscow, Russia

<sup>2</sup> N.N. Burdenko Neurosurgical Institute, Moscow, Russia

<sup>3</sup> N.N. Petrov Research Institute of Oncology, St.-Petersburg, Russia

<sup>4</sup> A.I. Burnazyan Federal Medical and Biophysical Center of FMBA Russia, Moscow

<sup>5</sup> Institute of Medical Physics and Engineering, Association of Medical Physicists in Russia, Moscow, Russia

<sup>6</sup> Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>7</sup> Medical Radiological Research Center, Obninsk, Russia

<sup>8</sup> Russian Research Center of Roentgenology & Radiology, Moscow, Russia

<sup>9</sup> Russian Cardiology Research and Production Complex, Moscow

<sup>10</sup> P.A. Hertsen Moscow Research Institute of Oncology, Moscow, Russia

On the initiative of Radiation Oncology Society (ROS) and the Association of Medical Physicists in Russia a group of Russian leading oncologists, radiation oncologists and medical physicists has conducted a status analysis and developed a concept of radiation oncology and medical physics modernization in Russia. The article reflects the medical physics vision of the problem in contrast to industrial and commercial viewpoints. It deals with the world tendencies, quantitative and qualitative indices as compared to the Europe and the USA. The paper discusses undertaken measures and gives their assessment and recommendations as to what and how to do in order to catch up with the leading world powers. Special attention is paid to the staffing problems and scientific approach to the modernization, creation and development of radiotherapy centers, equipment procurement and audit system included. This study also covers the main development trends in research and production, necessary investments, organizational management and expected outcome.

Key words: concept of modernization, radiation oncology, medical physics

E-mail: radonc\_journal@mail.ru; amphr@amphr.ru

## Введение

В последние десятилетия физиками создан и постоянно совершенствуется целый ряд радиологических комплексов для диагностики и терапии в клинической медицине. Это – радионуклидные и ускорительные комплексы для дистанционной и контактной лучевой терапии, радиационные скальпели (гамма-нож и кибернож), аппаратура для стереотаксического облучения, системы томотерапии, интраоперационной лучевой терапии, интервенционной радиологии, рентгеновской (КТ), магнитно-резонансной (МРТ), однофотонной (ОФЭКТ и ОФЭКТ/КТ), позитронно-эмиссионной (ПЭТ, ПЭТ/КТ и ПЭТ/МРТ) томографии, ПЭТ-центры и центры радионуклидной терапии (РНТ), протонной (ПЛТ), ионной (ИЛТ), нейтронной терапии и т.д.

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

Радиология – это большие диагностические и терапевтические возможности. Это – ранний диагноз, точный количественный контроль в диагностике и управляемое избирательное неинвазивное лечебное воздействие, щадящее органосохраняющее лечение и высокое качество жизни.

Специфика медицинской радиологии состоит в том, что в ней физико-техническая часть проблем и затрат составляет 80 %, поэтому хорошая медицинская радиология – это прежде всего сильная медицинская физика. В радиологических технологиях гораздо более тесно, чем в хирургической и лекарственной медицине, технологически и аппаратно связаны между собой диагностика, планирование, лечение, управление лечением, безопасность и контроль качества.

Использование и развитие радиологических технологий без научно обоснованной концепции и программы, без научного сопровождения и соответствующего кадрового обеспечения в принципе невозможны.

Сформулируем общепринятые понятия тех разделов медицинской радиологии, которым посвящена данная работа.

Радиационная онкология – занимается лечением онкологических заболеваний с помощью закрытых радонуклидных и генерирующих источников ионизирующих излучений (ИИИ).

Ядерная медицина – занимается диагностикой и лечением заболеваний с помощью открытых радионуклидных ИИИ.

Медицинская физика – занимается изучением, разработкой и использованием систем, состоящих из физических излучений, организма человека (и его болезней), лечебных и диагностических технологий, аппаратов, препаратов и материалов, методов и средств физики, математики и техники, для диагностики, лечения и профилактики заболеваний.

Предлагаемая в данной работе концепция базируется не на существующих разрозненных отраслевых программах, финансовых вложениях и мероприятиях, которые носят паллиативный и бессистемный характер, а на целевой функции с постановкой соответствующих задач – ликвидации нашего катастрофического отставания от высокоразвитых стран в течение двух десятилетий.

## Мировые тенденции

Идет стремительное развитие и усложнение радиотерапевтической и радиохирургической техники и технологий, оборудования, технологий и радиофармпрепаратов для ядерной медицины, которое обеспечивает существенное повышение качества лечения и диагностики онкологических и других заболеваний.

Это неизбежно приводит к многократному уменьшению пропускной способности аппаратов, а, значит, к соответствующему увеличению их необходимого количества, числа радиационно-терапевтических центров (РТЦ), центров и отделений ядерной медицины, медицинских физиков, радиационных онкологов, радиохимиков и других специалистов.

В возрастающем темпе повышаются требования к уровню квалификации и к системе подготовки специалистов, организации систем безопасности и гарантии качества, к качеству медико-физической службы в клиниках.

Имеет место устойчивая тенденция возрастания роли лучевой терапии и ядерной медицины в комплексном лечении больных с различной патологией, а, следовательно, и повышение интереса врачей многих специальностей к этим методам.

Радиологические технологии, оборудование и радиофармпрепараты интенсивно разрабатываются и внедряются в развитых и некоторых развивающихся странах, ежегодно наращивая мощности на 10 %. При этом радиационная онкология неразрывно и все более тесно связывается с ядерной медициной и диагностической радиологией.

## Что мы имеем в стране?

Медицинская радиология в России давно находится в состоянии застоя и по техническому оснащению отстает от развитых стран более чем на 30 лет. Более 70 % радиологических клиник находится на крайне низком катастрофическом уровне оснащения, не позволяющем обеспечивать удовлетворительное качество лечения. Количество необходимых для лечения и диагностики аппаратов в десятки раз меньше требуемого. Кроме этого, эффективность использования уже имеющегося радиологического оборудования высокой сложности (а оно, в основном, импортное) крайне низкая. У нас практически нет серьезных отечественных разработок и производств радиологического терапевтического и диагностического оборудования. Материально-техническая база разработок и производств радиофармпрепаратов имеется, но требуется ее модернизация до уровня мировых стандартов.

Главная причина отставания и неудач в том, что наша медицина к высоким радиологическим технологиям не готова.

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

Сегодня на фоне значительных все более возрастающих вложений в строительство корпусов и закупку оборудования, практически отсутствуют вложения в "мозги", без которых оборудование и технологии на стыке физики и медицины и создаваться, и хорошо работать не могут. Нет соответствующих кадров (главным образом, медицинских физиков, инженеров, медицинских технологов) и системы их подготовки, нормативно-правовой базы. Нет средств у клиник для сервисного обслуживания оборудования и т.д.

Наша техническая наука и промышленность не готовы разрабатывать и производить современное радиологическое оборудование и радиофармпрепараты. Руководство техническими отраслями очень далеко от медицины, в том числе и

от медицинской радиологии, преобладает потребительский или коммерческий подход без опоры на серьезную медико-физическую науку и клиническую практику.

Система образования сегодня не готовит кадры ни для лечебных и диагностических радиологических клиник, ни для разработок и производств радиологического оборудования.

А кадры, как известно, решают все.

## Что мы имеем в традиционной (фотонной) лучевой терапии?

В настоящее время в России:

- ✓ большинство отделений лучевой терапии имеет очень низкий уровень оснащения, который не способен обеспечить качественное лучевое лечение.
- ✓ Получают ежегодно лучевое лечение лишь около 150 тыс. пациентов.
- ✓ 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, кто лечатся в лучших отделениях лучевой терапии.
- ✓ 80 % радиационно-терапевтического оборудования в России устарело, исчерпало свой ресурс, однако значительная его часть продолжает эксплуатироваться более 30 лет, вместо допустимых 10 лет.
- ✓ Погрешность подведения дозы облучения часто составляет 30 % вместо допустимых по международным стандартам 5 %.
- ✓ Число имеющихся в России медицинских ускорителей и медицинских физиков в 10 раз меньше необходимого сегодня.

В табл. 1 приведены цифры, характеризующие степень нашего отставания в области радиационной онкологии.

Что касается специальных радиационно-терапевтических аппаратов высокого уровня, то ситуация с наличием в России наиболее распространенных из них отражена в табл. 2, откуда следует, что мы только начали их приобретать и осваивать.

Таблица 1

Количественные показатели на 1 млн населения сегодня

	Россия	Европа (в среднем)	США
Ускорители	0,7	5	14
Радиационно-терапевтические центры	1	2,5	8
Медицинские физики и дозиметристы	2	10	33
Радиационные онкологи и лучевые терапевты	8	11	49
Радиационные технологи	7	13	17

**Таблица 2**

**Оснащение специальными радиационно-терапевтическими аппаратами в мире и в России**

Аппарат	В мире	США	Япония	Россия
Гамма-нож	300	>100	>50	3
Кибер-нож	>250	115	30	6
Томотерапия	>250	>160	>15	2

Кроме того, за последние годы в мире появились новые интересные специальные гамма-терапевтические и ускорительные аппараты, которых в России еще нет. Это американский гамма-терапевтический аппарат "View Ray", объединяющий в пределах одного гантри три источника  $^{60}\text{Co}$  с многолепестковыми коллиматорами и работающий под управлением по магнитно-резонансным изображениям, а также роботизированный ускорительный комплекс стереотаксического облучения всего тела VERO, объединяющий в себе самые передовые технологии (SBRT, IMRT, VIMAT, IGRT).

#### **Что мы имеем в адронной терапии?**

Наиболее перспективным видом лучевой терапии является протонная и ионная терапия. Она использует огромное физическое преимущество протонов и ионов – способность проходить здоровые ткани без взаимодействия, отдавая практически всю свою энергию на заранее заданной глубине (пик Брегга). Это физическое качество, в отличие от фотонного излучения, позволяет избирательно облучать опухоль, максимально сохраняя здоровые ткани, чего нельзя достичь никакими конструкционными и технологическими ухищрениями по фокусированию фотонного излучения. Т.е. адронная терапия – самая безопасная и эффективная лучевая терапия. Очевидно, что будущее лучевой терапии за протонной и ионной терапией.

СССР вместе с США и Швецией был одним из пионеров в развитии протонной терапии, создав в 60–90-е годы прошлого века первые экспериментальные центры протонной терапии на базе физических научно-исследовательских институтов в Москве (ИТЭФ), в Дубне (ОИЯИ) и в Гатчине (ЛИЯФ).

В течение прошедших почти 50 лет, несмотря на очень высокую стоимость создания таких центров и процедур облучения, во всех развитых и во многих развивающихся странах стабильно шел процесс их строительства, освоения, расширения спектра облучаемых локализаций, приобретения и расширения клинического опыта.

В последние годы наблюдается стремительный рост специализированных центров адронной терапии, в основном клинических (а не экспериментальных), со все большей пропускной способностью. Так, в центре на базе университетской клиники Джексонавила (США) сегодня облучаются по 100 пациентов в день.

По данным RTOG, сегодня в мире уже насчитывается 42 центра протонной терапии, из которых 22 – клинические. Наибольшее их число имеется в США (11), Японии (9), Германии (4) и Франции (3). По 2 центра работают в Швейцарии и Италии, и по одному в Англии, Канаде, Швеции, Южной Корее, ЮАР, Чехии, Польше, Китае.

Ионных центров пока всего 6: в Японии 2, по 1 в Германии и в ЦЕРНе (Швейцария), Китае и Италии.

Россия по-прежнему имеет лишь 3 экспериментальных протонных центра. Длительное время идет доводка центров в Троицке и Протвино. К сожалению, заморожено создание Московского центра протонной терапии на базе больницы им. Боткина.

Более широкое распространение центров адронной терапии, конечно, связано с разработкой более компактных и соответственно более дешевых протонных и ионных ускорителей.

Внушает оптимизм появление летом 2012 г. в США компактного ускорителя протонов MEVITON-S250, который уже установлен в двух клиниках США и сертифицирован для продажи в Европе.

Сейчас в России активизировалась деятельность Росатома и нескольких других корпораций по созданию центров протонной терапии в ряде регионов. Однако пока эти проекты носят сугубо коммерческий, а не научный подход, поэтому их успешная реализация маловероятна.

#### **Что мы имеем в ядерной медицине?**

Сегодня в России:

- ✓ удовлетворяется всего 7 % существующего клинического спроса на радионуклидную диагностику и 3 % на радионуклидную терапию;

- ✓ производство отечественных радиофармпрепаратов удовлетворяет не более 3 % потенциального спроса;
- ✓ до 80 % существующего оборудования старше 10 лет и требует замены
- ✓ на миллион жителей приходится лишь 1 гамма-камера, в то время как в развитых странах этот показатель составляет 10–33 (США). Всего в России имеется порядка 180 гамма-камер, а в США – 9000 (причем обновление парка гамма-камер происходит каждые 5 лет);
- ✓ в России действующих ПЭТ-центров и отделений сегодня – 14, в то время как в США – 3000;
- ✓ используются 22 радиофармацевтических препарата для ОФЭКТ, 6 препаратов для ПЭТ (4 ультракороткоживущих радионуклида) и порядка 20 наборов для *in vitro* диагностики. В США применяются 130 радиофармпрепаратов *in vivo* и 60 радиодиагностических тестов *in vitro*.

### Что и как делается?

Сегодня руководством РФ предпринимаются активные, но научно необоснованные, паллиативные и бессистемные шаги по модернизации здравоохранения, в частности, радиационной онкологии.

Изданный Приказ №944н (онкология) не отвечает современным требованиям и не стимулирует процесс развития радиационной онкологии и медицинской физики. В нем устанавливается, как минимум, вдвое меньше необходимого для использования высоких технологий количество медицинских физиков, а также диктуются устаревшие стандарты оснащения. Это не позволяет осуществлять закупки вновь появляющихся видов оборудования использовать технологии конформного облучения с MLC, IMRT, IGRT, стереотаксис и т.д., а также выполнять научно-образовательные функции.

По онкологической программе, рассчитанной до 2015 г., ежегодно закупается по 12–15 современных линейных ускорителей электронов, не считая другой техники. На сегодня уже 56 регионов и 6 федеральных центров получили современное оборудование для радиотерапии и ядерной медицины, частично обновив свой аппаратный парк. Однако, это лишь “капля в море” для решения тех проблем и задач, которые необходимо решить для достижения уровня развитых стран. Никакие правильные слова и устремления руководства страны, особенно относительно подготовки квалифицированных кадров, не доводятся до конкретных действий и практической реализации.

Количественные и качественные показатели оснащения растут гораздо медленнее (ежегодно на 1,5 %), чем в других развитых и некоторых развивающихся странах (ежегодно на 10–15 %). Новое гиперсложное оборудование устанавливается вместо простого старого в неподготовленные клиники, т.е. происходит лишь замена старого оборудования на новое и то лишь частично, что при отсутствии специализированных кадров влечет за собой заведомо неполноценное его использование. Т.е. наше отставание не только не сокращается, а еще и увеличивается. Такая модернизация сегодня не приносит ожидаемого положительного эффекта, а эффективность использования выделяемых средств крайне низкая.

Связано это с отсутствием научно обоснованной программы развития, компетентного научного руководства и сопровождения. Возглавляют модернизацию чиновники и коммерсанты, а не ученые. Государство не использует и не поддерживает общественную профессиональную инициативу. Руководство медицинской и технической отраслей не реагирует на критику и игнорирует конкретные предложения. Процветает коррупция. Кафедры и система подготовки специалистов находятся в крайне запущенном состоянии, что не позволяет ожидать от врачей-радиологов, физиков и радиохимиков в перспективе какого-либо высокотехнологического прорыва.

### Что и как надо делать?

Чтобы догнать ведущие мировые державы, мы должны развивать современные технологии в радиологических центрах со значительно большей скоростью, чем они, т.е. наращивая мощности (особенно кадры и оборудование) ежегодно не менее чем на 15–20 %, и научиться эффективно их использовать. Это очень тяжело сделать, но можно при условии выделения необходимых средств и компетентного управления процессом развития. Самое главное и трудное – решить проблему квалифицированных кадров.

Ликвидировать наше отставание, достигнуть существенного прогресса и догнать развитые страны по качеству радиационной терапии и ядерной медицины невозможно без активного участия в процессе модернизации ведущих ученых, специалистов, без мобилизации и консолидации усилий всех работающих в этой области профессионалов. Это врачи, физики, инженеры, разработчики и производители радиологического оборудования и радиофармпрепаратов, проектировщики и строители, организаторы здравоохранения.

Для их консолидации и мобилизации на решение задач модернизации и развития радиационной онкологии и ядерной медицины по общественной инициативе в дополнение и в поддержку уже 20 лет работающей Ассоциации медицинских физиков России (АМФР) созданы и ведут активную деятельность Общество ядерной медицины (ОЯМ) и Радиационно-онкологическое сообщество (РОС).

Государство должно поддерживать и развивать общественную профессиональную инициативу.

Учитывая огромное отставание, необходимо отбросить псевдопатриотические амбиции, шапкозакидательские настроения, надо учиться у тех, кто делает это сегодня значительно лучше нас. С этой целью надо направить на учебу на Запад сотни тщательно отобранных молодых специалистов, предварительно обеспечив их базовую подготовку у нас.

Необходим медицинский радиологический проект, задача которого в течение 20 лет ликвидировать наше более чем 30-летнее отставание от высокоразвитых стран. За меньший срок это сделать нереально, да и чтобы ликвидировать отставание за 20 лет, предстоит совершить своего рода чудо. Успешная реализация Проекта возможна только при условии научного и системного подхода. Работы должны вестись одновременно в трех направлениях:

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

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

Для ликвидации нашего более чем 30-летнего отставания от высокоразвитых стран в данной

области потребуются не менее 20 лет и специальная Программа ускоренного развития (назовем ее Медицинский атомный проект – МАП), в рамках которой должны быть предприняты следующие меры:

- ✓ создать "точки роста" (техническая модернизация и высокий уровень кадрового обеспечения ряда ведущих медицинских 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 радиологических отделений с высоким уровнем оснащения и кадрового обеспечения (объединив их с профильными кафедрами ВУЗов);
- ✓ проводить модернизацию существующих и создание новых радиологических центров, ориентируясь не на сегодняшний день, а обязательно с учетом прогноза их развития не менее чем на 20 лет вперед и резервирования возможностей.
- ✓ с учетом роста потребностей в соответствующих радиологических процедурах потребуется сначала модернизировать 140 существующих, а затем создать еще минимум 660 новых отделов конформной лучевой терапии со стереотаксической радиохирургией и брахитерапией, создать более 80 клинических центров адронной (протонной, ионной и нейтронной) терапии, более 50 центров радионуклидной терапии открытыми источниками, более 150 ПЭТ-центров, кардинально модернизировать или создать дополнительно более 300 отделений радионуклидной диагностики и 400 отделений лучевой диагностики (рентген, КТ, МРТ, УЗИ);
- ✓ создать систему подготовки, аттестации и сохранения кадров (медицинских физиков, инженеров, радиационных онкологов и технологов);
- ✓ подготовить 7500 медицинских физиков, 9000 лучевых терапевтов и радиохирургов, 7000 радиационных технологов;
- ✓ установить 3000 ускорительных комплексов с комплектом вспомогательного оборудования;
- ✓ разработать и внедрить программу гарантии качества;
- ✓ создать систему аудита качества, аттестации и лицензирования лечебных, научных и производственных структур;
- ✓ осуществить разработку и освоение производства конкурентоспособного отечественного оборудования для конформной лучевой терапии, стереотаксического облучения, радиохирургии, брахитерапии, топометрии, клинической дозиметрии, дозиметрического пла-

**Таблица 3**

**Количественные оценки перспектив развития радиационной онкологии в России**

	Сегодня		Прогнозируемая потребность	
	имеется	должно быть	через 10 лет	через 20 лет
Медицинские физики	300	1500	4000	7500
Радиотерапевты	1200	2000	3500	7500
Радиационные технологи	950	1600	3000	4500
Ускорители	100	800	1500	3000
Радиационно-терапевтические центры	140	300	500	800

нирования и т.д. Мощности производств и их развитие вытекают из данных табл. 3;  
 ✓ организовать современное производство диагностических и терапевтических радиофармпрепаратов, обеспечив в идеале полностью весь клинический спрос только отечественной радиофармацевтической продукцией.

Эти цифры кажутся фантастическими лишь на фоне нашего катастрофического отставания. Но относительно соответствующих показателей развитых стран и с учетом тенденции их увеличения эти цифры верны. И только их достижение позволит нам через 20 лет догнать развитые страны по качеству лучевого лечения, радионуклидной диагностики и терапии. А это требует гораздо более высоких темпов развития и гораздо более серьезной организации процесса модернизации.

**Обеспечение высококвалифицированными кадрами**

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

Подготовка для радиационной онкологии и ядерной медицины специалистов на стыке физики и медицины является для России делом совершенно новым и очень сложным.

Необходимы (как во многих развитых странах) два этапа подготовки медицинских физиков: университетский базовый и последипломный непрерывный (специализация, тематическое усовершенствование, повышение квалификации, тренинг, резидентура, аспирантура).

В развитых странах базовая подготовка медицинских физиков осуществляется в университетах, которые имеют как физико-технический (с углубленным обучением в области ядерной и радиационной физики), так и медицинский факультеты с хорошо оснащенной специальной радио-

логической клиникой, где медицинские физики и радиационные терапевты и диагносты обучаются совместно. Сегодня таких университетов в России пока нет.

Что касается этапа последипломной непрерывной подготовки, то сегодня в России есть лишь один учебный центр АМФР на базе РОНЦ по подготовке медицинских физиков для лучевой терапии и управленцев по развитию атомной медицины, отвечающий мировым критериям, имеющий многолетний опыт, высококвалифицированный преподавательский корпус и хорошо оснащенную клиническую базу РОНЦ. Он аттестован МАГАТЭ как международный центр по подготовке медицинских физиков для стран бывшего СССР.

Необходимо развить этот учебный центр, повысить его мощность и эффективно использовать данную научно-образовательную школу в качестве точки роста для подготовки специалистов, преподавательского корпуса и управленцев, а затем тиражирование подобных учебных центров в регионах. Всего в России их потребуется не менее 7. На создание каждого нового такого учебного центра уйдет не менее 10 лет. Скоропалительное афиширование незрелых кафедр и учебных центров приведет лишь к тиражированию недоучек и к трагическим последствиям для больных.

*Обеспечение радиотерапевтами, специалистами по ядерной медицине и радиационными технологами также требует создания системы их подготовки, создания специальных кафедр и учебных центров, подготовки преподавателей и учебных курсов. Эти специалисты должны получать базовое медицинское образование, дополненное специализацией по онкологии, лучевой терапии и ядерной медицине, знаниями по медицинской физике и радиологической технике.*

Такие кафедры и учебные центры должны создаваться и развиваться на базе хорошо оснащенных современным радиотерапевтическим и ядерно-медицинским оборудованием медицин-

ских академий, университетов и радиотерапевтических клиник, ведущих онкологических и радиологических учреждений.

## Научный подход к модернизации и созданию радиологических центров

*Необходимо осуществлять грамотное научное планирование модернизации и развития радиационной онкологии и ядерной медицины в каждом регионе и в каждой онкологической клинике.*

Многолетний наш и зарубежный опыт показывает недопустимость некоего типового подхода к модернизации существующих или созданию новых центров лучевой терапии (РТЦ) и ядерной медицины (ЦЯМ). Только индивидуальный научный подход позволит достичь положительного результата.

Нельзя нарушать научно-обоснованную технологию создания РТЦ и ЦЯМ.

Начинать их создание или модернизацию необходимо с предпроектной НИР по разработке концепции, медико-технических требований (МТТ) и медико-технического задания (МТЗ) на проектные работы.

В рамках предпроектной НИР дается подробная информация для проектировщиков: обоснование, его размещение (эскизы) и некоторые данные по технологии его использования, базовая спецификация, технические задания на поставку оборудования, рекомендации по установке, энергоснабжению, вентиляции, техническому обслуживанию, рекомендации по проектированию корпуса, по обеспечению радиационной безопасности и подготовке кадров и т.д.

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

Модернизация или создание центра будут успешны только при условии активного участия и постоянном контроле ученых.

Научное планирование и сопровождение – это не излишество, а гарантия успеха проекта. Научное планирование – это точный расчет при постановке задачи, а научное сопровождение – это гарантия оптимального решения поставленной задачи. Это исключает нецелевое использование и перерасход средств при проектировании и при покупке оборудования, обеспечивает оптимальное соотношение цены и качества, является барьером на пути коррупции и охранной грамотой от судебных и административных нападков.

Экономить на научном планировании и сопровождении нельзя, т.к. это приведет к огромным финансовым и человеческим потерям.

Научное планирование должно осуществляться в 3 этапа:

1. *Стратегический*, который включает в себя принятие политического решения и разработку концепции.
2. *Тактический* – разработка медико-технических требований (МТТ) на радиационно-терапевтический или ядерно-медицинский центр.
3. *Технический* – разработка медико-технического задания (МТЗ) на проектные работы.

Концепция и МТТ (стратегический и тактический этапы) составляют первый том предпроектной документации, включающий в себя следующие разделы:

### **Концепция и медико-технические требования (МТТ) – Том 1**

- ✓ Анализ ситуации.
- ✓ Цели, задачи, планируемые показатели.
- ✓ Статус и ориентировочная “мощность” объекта.
- ✓ Общие данные для предпроектной подготовки.
- ✓ Медицинские технологии, применяемые в лечебном или диагностическом процессе.
- ✓ Специфические требования к планируемому объекту.
- ✓ Общие требования к системам обеспечения радиационной безопасности радиологического комплекса.
- ✓ Требования по минимизации радиотерапевтических рисков, обеспечению защиты пациентов и персонала.
- ✓ Требования к предупреждению и ликвидации последствий аварий и других нештатных ситуаций.
- ✓ Технологии дозиметрического сопровождения радиологического комплекса.
- ✓ Организационная структура (подразделения и службы).
- ✓ Система взаимодействия подразделений и служб.
- ✓ Требования по штатному расписанию, обоснование количества основных специалистов.
- ✓ Требования к системе подготовки кадров, к их аттестации и повышению квалификации.
- ✓ Общие требования к аппаратурно-техническому оснащению.
- ✓ Сравнительная оценка существующего и планируемого технического и технологического оснащения (с использованием количественных критериев и экспертных методик).
- ✓ Требования к организации программы гарантии качества.



- ✓ Требования к приемке и тестированию оборудования.
- ✓ Требования к организации медико-физического и технического обслуживания.
- ✓ Требования к информационно-управляющей системе корпуса.
- ✓ Требования к основным характеристикам планируемой медицинской техники.
- ✓ Требования к размещению планируемой медицинской техники.
- ✓ Требования к размещению персонала и созданию комфортных условий работы.
- ✓ Требования к размещению и регулированию потока пациентов.
- ✓ Необходимые площади и их рекомендуемое расположение.
- ✓ Ориентировочная стоимость площадей.
- ✓ Ориентировочная экономическая оценка стоимости создания объекта.

### **Медико-техническое задание (МТЗ)**

В рамках технического этапа предпроектной НИР (МТЗ) дается более подробная информация для проектировщиков: оборудование, его размещение (эскизы) и некоторые данные по технологиям его использования, базовая спецификация, технические задания на поставку оборудования, рекомендации по установке, энергоснабжению, вентиляции, техническому обслуживанию и т.д.

Эта информация группируется в нескольких томах. Например, для РТЦ это:

- Том 1. Ускорительные комплексы.
- Том 2. Гамма-терапевтические комплексы.
- Том 3. Брахитерапевтическое оборудование.
- Том 4. Комплекс предлучевой топометрической подготовки.
- Том 5. Физическая модификация лучевой терапии (гипертермия, гипоксия, гипотермия, магнитотерапия, лазерная терапия и т.д.).
- Том 6. Медико-физическое и информационно-технологическое обеспечение (дозиметрия, планирование, иммобилизация, гарантия качества, компьютерные системы архивирования, управления и передачи информации и т.д.).
- Том 7. Нестандартные системы и оборудование.

Научное сопровождение включает в себя:

- ✓ научное консультирование разработки проектной документации;
- ✓ экспертиза проектной документации;
- ✓ научное консультирование на этапе прохождения госэкспертизы;
- ✓ научное консультирование этапа закупки оборудования;

- ✓ разработка независимого технического задания на конкурс по закупке оборудования;
- ✓ разработка оптимальной спецификации и ценовой политики при составлении контракта на закупку оборудования;
- ✓ помощь в организации подготовки кадров, медико-физического сервиса и в освоении лечебных или диагностических технологий.

Необходимо разработать и узаконить новые специальные стандарты научно обоснованного планирования, проектирования, создания и эффективного использования центров радиационной терапии и ядерной медицины.

### **Система закупки оборудования и аудита**

Должна быть организована научно обоснованная система закупки оборудования на основе честной конкуренции, объективных и компетентных конкурсов без коррупции и административного давления. Закупку, приемку и освоение оборудования должны осуществлять заранее подготовленные специалисты, а не чиновники и администраторы. На подготовку таких специалистов должно дополнительно выделяться около 10 % средств от выделяемых на закупку оборудования.

Закупка и установка оборудования должна осуществляться только в заранее обеспеченные квалифицированными кадрами и помещениями клиники.

Для получения набора разрешительных документов и лицензии на лечебную радиотерапевтическую или диагностическую деятельность клиника должна пройти соответствующую аттестацию и аудит по методикам, рекомендованным МАГАТЭ и другими авторитетными международными профессиональными организациями.

### **Отечественные научно-исследовательские разработки и производства**

Важное, можно сказать ключевое, значение имеет разработка радиобиологических и физических основ атомной медицины, вопросов метрологии и стандартизации, решение проблем дозиметрического и информационного обеспечения, радиационной безопасности и гарантии качества.

Развитие отечественных производств должно базироваться на опыте лучших зарубежных фирм, на взаимовыгодных партнерских отношениях с ними и на опережающей подготовке квалифицированных кадров – медицинских физиков и инженеров, исследователей и разработчиков.

Потребуется произвести, закупить и установить в клиниках более 100 тыс. единиц высокотехнологичного радиологического оборудования. Предстоит реализовать более 300 различных разработок оборудования и радиофармпрепаратов, физико-технических и клинических технологий.

При этом потребуется разработка и создание отечественных производств сложного оборудования и препаратов с обязательным участием в каждом проекте представителей от радиологических обществ.

#### 1. Для диагностической радиологии:

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

#### 2. Для терапевтической радиологии:

- ✓ Ускорительные комплексы для фотонной, электронной, протонной, ионной и нейтронной терапии с системами формирования пучка, модуляции интенсивности, управления облучением под визуальным контролем и т.д.
- ✓ Рентгеновские и радионуклидные терапевтические комплексы для дистанционной и контактной лучевой терапии.
- ✓ Стереотаксические радиохирургические рентгеновские и фотонные роботизированные комплексы (радиационные "скальпели").
- ✓ Аппаратные комплексы для брахитерапии (внутриполостной и интритканевой, под контролем УЗИ и РКТ).
- ✓ Программно-аппаратные комплексы для предлучевой топометрии, дозиметрического планирования, клинической дозиметрии, гарантии качества, радиационной безопасности и т.д.

- ✓ Комплекс оборудования для отделений радионуклидной терапии открытыми источниками.
- ✓ Комплекс оборудования для физической модификации лучевого лечения (гипертермии, магнитотерапии, лазерной терапии и т.д.).
- ✓ Радионуклиды и радиофармпрепараты для терапевтической радиологии.

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

- ✓ медицинских ускорителей различного типа и назначения для лучевой терапии – 3000;
- ✓ аппаратов для дистанционной гамма-терапии – 400;
- ✓ различных рентгенотерапевтических аппаратов – 1000;
- ✓ рентгеновских симуляторов (РС/КТ) – 200;
- ✓ аппаратов для брахитерапии – 1000;
- ✓ систем дозиметрического планирования и клинической дозиметрии – 3000;
- ✓ компьютерных томографов – 10000;
- ✓ гамма-камер (ОФЭКТ и ОФЭКТ/КТ) – 1000;
- ✓ рентгенодиагностических аппаратов различного назначения – 30000;
- ✓ магнитно-резонансных томографов – 6000;
- ✓ ультразвуковых аппаратов – 20000;
- ✓ позитронно-эмиссионных томографов (ПЭТ и ПЭТ/КТ) – 500;
- ✓ циклотронных и других комплексов для обработки ультракороткоживущих радионуклидов – 150;
- ✓ аппаратов для физической модификации лучевого лечения – 2000.

Потребуется осуществить в общей сложности около 100 различных научно-исследовательских проектов в области радиационной медицинской физики по разработке новых методов клинической лучевой терапии и ядерной медицины, научно-образовательных и нормативно-правовых проектов. создать сеть образовательных и сервисных структур.

Это – научно-исследовательские разработки по созданию различных систем дозиметрического трехмерного радиобиологического планирования дистанционной конформной лучевой терапии и брахитерапии, решение обратной задачи и разработка методов оптимизации планирования облучения с использованием МЛК, модуляции интенсивности, управляемой терапии и стереотаксического облучения, развитие систем клинической дозиметрии и радиометрии, детекторов и электронных приборов для лучевой терапии, ядер-

ной медицины и диагностической радиологии, исследование и развитие радиомодифицирующего и лечебного действия неионизирующих излучений, методов математической обработки и интерпретации диагностических изображений, фантомов и систем иммобилизации пациента, технологий гарантии качества и защиты пациентов и персонала и многое другое.

Необходимо развивать экспериментальные, радиобиологические и клинические исследования методов лучевого лечения и ядерной медицины и использованием рентгеновских, фотонных, электронных, протонных, ионных, нейтронных и других видов ионизирующих излучений.

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

## Необходимые вложения

Стоимость только закупки нового оборудования составит не менее 3,0 трлн рублей. И это – не учитывая инфляции, появления новых, более сложных и дорогостоящих аппаратов (что приведет к увеличению стоимости закупок), а также необходимости за 20 лет, как минимум, двукратного его обновления.

Очевидно, что при таких цифрах ориентация только на импорт, без создания собственных конкурентоспособных производств в России, является серьезной стратегической ошибкой, которая уже сегодня обходится стране очень дорого, а завтра обойдется еще дороже.

Строительство и оснащение новых радиологических корпусов обойдется минимум в 800 млрд руб., на обеспечение “среды обитания” радиологических комплексов в клиниках потребуются порядка 400 млрд рублей, а на науку и освоение производств – около 800 млрд.

Людям, далеким от атомной медицины и не представляющим себе её роль и “размеры бедствия”, могут показаться такие цифры чересчур завышенными. Однако сегодня именно такие вложения необходимы, чтобы при условии очень хорошо организованной и напряженной работы в течение 20 лет ликвидировать наше 30-летнее отставание.

По предварительным оценкам, общая стоимость Медицинского атомного проекта (МАП) со-

ставит порядка 5 триллионов рублей. При этом стоимость первого этапа составит порядка 2,0 трлн (т.е. ежегодно в среднем по 200 млрд), что позволит за первые 10 лет сократить наше отставание вдвое, а стоимость второго этапа – 3,0 трлн руб. (т.е. ежегодно по 300 млрд), что позволит выйти на самый передовой мировой уровень.

На первом этапе выделяемые средства должны распределяться в следующих пропорциях: на 1-е направление должно выделяться ориентировочно 15 % средств, на 2-е – 65 % и на 3-е – 20 %. Но первое направление должно развиваться с опережением минимум на 2–3 года. Впоследствии пропорции могут быть изменены: уменьшена доля расходов на 2-е направление и увеличена на 3-е.

## “По зубам” ли России МАП?

Рассмотрим основные финансовые показатели за 2013 год.

Так, доля ВВП в 2013 г. на здравоохранение в ряде стран составляет:

- ✓ США – 17,9 %
- ✓ “Большая восьмерка” – 7,1–7,9 %
- ✓ Венгрия, Польша, Болгария, Эстония – 4,2–4,9 %
- ✓ РФ – 3,5–3,7 %

В абсолютных цифрах ВВП РФ составит в 2013 г. более 80 трлн руб.

Доходы бюджета РФ в 2013 г. составят – 12,9 трлн руб.

Расходы бюджета РФ – 13,4 трлн руб.

Планируется на здравоохранение – 2,5 трлн руб.

Таким образом, на фоне приведенных выше финансовых показателей, можно сделать вывод:

**Это не фантазия. МАП, который потребует ежегодно на первом этапе по 200 млрд руб., вполне реален.** Тем более, если дополнительно:

- ✓ увеличить расходы на здравоохранение (минимум в 2 раза);
- ✓ уменьшить потери от коррупции (хотя бы в 2 раза);
- ✓ в несколько раз повысить эффективность использования вложений (которая сегодня составляет всего 10 %) путем научно обоснованного более компетентного подхода к модернизации и развитию;
- ✓ более активно привлекать частные инвестиции.

## Об организации работ

Главное, что “побеждать надо не числом, а умением”. Успех в первую очередь будет зависеть от компетентности руководства и грамотной организации работ.

В организации и реализации работ должны активно участвовать Минздрав РФ и РАМН, Минобрнауки и РАН, Минпромторг, корпорация "Росатом" и некоторые другие корпорации, ведущие медицинские онкологические и радиологические центры, Ассоциация медицинских физиков России с Институтом медицинской физики и инженерии, другие общественные и профессиональные организации. Координация этих работ должна осуществляться на надотраслевом уровне. Стратегическое научное руководство Проектом должны осуществлять РАН совместно с РАМН и общественными профессиональными организациями, а не отраслевые министерства.

Стратегическое планирование и организацию работ по развитию атомной медицины необходимо осуществлять не только на федеральном, но и на региональном уровне, т.к. именно из региональных проектов будет складываться общероссийский результат. При этом для выхода из нынешнего катастрофического состояния на уровень ведущих мировых держав за 20 лет в каждом регионе недостаточно будет просто обновить оборудование. В каждом регионе понадобится в десятки раз увеличить количество оборудования и кадровое обеспечение, а также в 5–6 раз увеличить количество радиологических объектов диагностического и терапевтического назначения. Это потребует разработки соответствующих региональных программ и проектов, как "слагаемых" общефедеральной "суммы" с привлечением и федеральных, и региональных средств, а также частных инвестиций.

Популистские, административные недостаточно проработанные решения о создании ряда медицинских центров вне предлагаемого системного подхода и Медицинского атомного проекта (МАП) приведут лишь к разбазариванию огромных средств с незначительным положительным эффектом.

### Ожидаемый результат

В результате реализации системного подхода и Проекта ежегодная смертность от онкологических и других тяжелых заболеваний уменьшится более чем на 25 %, существенно повысится качество жизни больных, отечественное радиологическое оборудование станет конкурентоспособным на мировом рынке. Вложенные средства многократно окупятся и обеспечат большие, возрастающие по геометрической прогрессии прибыли. Медицина в России станет наукой точной, значительно укрепится ее международный престиж, пациентам не понадобится ездить лечиться за границу.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдов М.И., Долгушин Б.И., Костылев В.А. Концепция проекта "Создание системы высокотехнологичных онкорadiологических центров". // Мед. физика, 2006, № 2(30), С. 5–19.
2. Виноградов В.М. Основные направления развития лучевой терапии злокачественных опухолей. // Практическая онкология, 2013, 14, № 1.
3. Давыдов М.И., Долгушин Б.И., Костылев В.А. О системе высокотехнологичных радиологических центров. // В сб.: "Высокотехнологичные онкорadiологические центры. Научные и методические аспекты", Вып.1. – М., 2007, С. 32–42.
4. Костылев В.А. О развитии и внедрении медицинских ядерно-физических технологий в России. // Мед. физика, 2007, № 2(34), С. 5–17.
5. Костылев В.А. О подготовке медицинских физиков. // Мед. физика, 2007, № 3(35), С. 5–19.
6. Костылев В.А. О научном подходе к планированию высокотехнологичных онкорadiологических комплексов. // Мед. физика, 2007, № 4(36), С. 5–15.
7. Костылев В.А. Почему мы получаем неэффективные онкорadiологические комплексы. // Мед. физика, 2008, № 2(38), С. 5–19.
8. Костылев В.А. Предложения о системном развитии атомной медицины и медицинской физики в России. // Мед. физика, 2008, № 3(39), С. 8–29.
9. Костылев В.А. Стратегия создания и развития радиотерапевтических центров. // Мед. физика, 2008, № 4(40), С. 5–15.
10. Костылев В.А., Наркевич Б.Я. Атомная медицина: обоснование, систематизация и пути развития. // Мед. физика, 2009, № 1(41), С. 5–14.
11. Костылев В.А. Анализ состояния радиационной онкологии в мире и России. // Мед. физика, 2009, № 3(43), С. 5–20.
12. Костылев В.А. Азбука и арифметика системной модернизации радиационной онкологии. // Мед. физика, 2010, № 1(45), С. 5–23.
13. Костылев В.А. Как лучше организовать процесс модернизации и развития лучевой терапии? // Мед. физика, 2010, № 2(46), С. 5–10.
14. Костылев В.А. Горькая правда о "модернизации" нашей атомной медицины. // Мед. физика, 2010, № 3(47), С. 82–93.
15. Костылев В.А. О провале модернизации радиационной онкологии. // Мед. физика, 2012, № 1(53), С. 5–16.
16. Костылев В.А. "Дорожная карта" подготовки медицинских радиационных физиков. // Мед. физика, 2012, № 4(56), С. 5–13.

17. IAEA Publication 1462. Planning National Radiotherapy Services: A Practical Tool. IAEA Human Health Series No. 14. – International Atomic Energy Agency, Vienna, 2010.
18. IAEA TECDOC-1040. Design and Implementation of a Radiotherapy Programme: Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspects. – International Atomic Energy Agency, Vienna, 1998.
19. IAEA Publication 1297r. Всесторонние аудиты практики лучевой терапии: средство для повышения качества. – Международное агентство по атомной энергии, Вена, 2008.
20. IAEA TECDOC-1543. On-Site Visits to Radiotherapy Centers: Medical Physics Procedures. – International Atomic Energy Agency, Vienna, 2007.
21. IAEA Publication 1296. Setting Up of a Radiotherapy Programme: Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspects. – International Atomic Energy Agency, Vienna, 2008.
22. IAEA Publication 1566. Nuclear Cardiology: Guidance and Recommendations for Implementation in Developing Countries. IAEA Human Health Series No. 23. – International Atomic Energy Agency, Vienna, 2012.
23. IAEA Publication 1371. Quality Management Audits in Nuclear Medicine Practices: A Tool for Quality Improvements. – International Atomic Energy Agency, Vienna, 2008.
24. IAEA Publication 1425. Comprehensive Clinical Audits of Diagnostic Radiology Practices: A Tool for Quality Improvements. – International Atomic Energy Agency, Vienna, 2010.
25. Postgraduate Educational Course in Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources. Standard Syllabus. Training Course Series No. 18. – International Atomic Energy Agency, Vienna, 2002.
26. План обучения и подготовки РТ-специалистов (радиационных технологов). Серия учебных курсов № 25. – Международное агентство по атомной энергии, Вена, 2007.
27. План обучения и подготовки медицинских сестер отделений радиационной онкологии. Серия учебных курсов № 28. – Международное агентство по атомной энергии, Вена, 2009.
28. IAEA Syllabus for Education and Training of Radiation Oncologists. Training Course Series No. 36. – International Atomic Energy Agency, Vienna, 2009.
29. Клиническая подготовка медицинских физиков, специализирующихся в области радиационной онкологии. Серия учебных курсов № 37. – Международное агентство по атомной энергии, Вена, 2012.
30. IAEA. Radiation Biology: A Handbook for Teachers and Students. Training Course Series No. 42. – International Atomic Energy Agency, Vienna, 2009.
31. IAEA. Clinical Training of Medical Physicists Specializing in Nuclear Medicine. Training Course Series No. 50. – International Atomic Energy Agency, Vienna, 2011.
32. Корсунский В.Н., Дубинкин Д.О. Доклад “Перспективы ядерной медицины в Госкорпорации “Росатом”: возрождение Российского общества Ядерной медицины, 2012. [www.atomexpo.ru](http://www.atomexpo.ru).