



РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Меняя характер индустрий
и качество жизни**

РОССИЯ 2012



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ВИДЕНИЕ БУДУЩЕГО: 2012-2020

Издание подготовлено в рамках проекта «Форсайт радиационных технологий». Инициатором данного проекта выступил Ядерный кластер Фонда «Сколково».

В рамках подготовки настоящего доклада экспертами Ядерного кластера и Фонда «Центр стратегических разработок «Северо-Запад» были проанализированы текущая ситуация и тенденции в развитии неэнергетических применений радиационных технологий. На основе полученных данных рассмотрены некоторые аспекты будущего развития радиационных технологий. Разделы доклада охватывают перспективы изменений по технологическому, организационному и рыночному развитию радиационных технологий на новом этапе (2012-2020 годы), а также позиции России в области радиационных технологий.

РУКОВОДИТЕЛЬ АВТОРСКОГО КОЛЛЕКТИВА:

Ковалевич Д. А., исполнительный директор Кластера ядерных технологий Фонда «Сколково», координатор технологической платформы «Радиационные технологии», советник Генерального директора государственной корпорации «Росатом».

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ:

Фертман А. Д., кандидат физико-математических наук, советник президента Фонда «Сколково» по ядерным технологиям

Княгинин В. Н., директор Фонда «Центр стратегических разработок «Северо-Запад»

Желтова В. В., руководитель проектного направления Фонда «Центр стратегических разработок «Северо-Запад»

Андреева Н. С., ведущий специалист проектного направления Фонда «Центр стратегических разработок «Северо-Запад»

РЕДАКТОРСКИЙ СОВЕТ:

Вишневкин А. Б., заместитель директора по развитию ОАО «НТЦ РАТЭК»

Зыков М. П., начальник отдела РФП ФГУП «НПО «Радиовый институт им. В. Г. Хлопина»

Марченков Н. С., начальник научно-технологического комплекса молекулярной визуализации НБИК-центра Национальный Исследовательский Центр «Курчатовский институт»

Молин А. А., научный консультант программы «Радиационные технологии» госкорпорации «Росатом»

Гавриш Ю.Н., заместитель директора Центра линейных ускорителей циклотронов Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д. В.Ефремова

Технический редактор: Колесник А. Ф.

**ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО
ПРЕЗИДЕНТА НАЦИОНАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»**



Академик
Е. П. Велихов

За многие годы, которые я посвятил исследованиям и разработкам в области физики плазмы и управляемого термоядерного синтеза, я привык к тому, что моя работа и работа моих коллег может приводить к совершенно незапланированным результатам. Развитие технологий, использующих ионизирующее излучение, идет как раз по такому, знакомому многим ученым, сценарию. Но таких серьезных успехов, какие сегодня демонстрируют радиационные технологии (пучковые, лазерные, плазменные), «боковым ответвлениям магистрального пути» удастся добиться очень редко. Тот задел в понимании измерительных методик, а также процессов и технологий управления излучением, который получил Советский Союз, развивая военную и энергетическую (в т.ч. термоядерную) программы, дал возможность сегодня эффективно использовать пучки частиц и электромагнитные поля в ядерной медицине, в полупроводниковой промышленности, в системах транспортной безопасности и в других отраслях.

Когда Кластер ядерных технологий предложил Консультативному научному совету Фонда «Сколково» сделать радиационные технологии основным направлением деятельности, по которому будет поддержано создание новых бизнесов, за эту идею высказались и я, и профессор А. Бемент из университета Пердью, и академики В. Е. Фортов и В. Я. Панченко, и другие члены КНС.

Я очень рад, что молодые коллеги начинают путь к формированию новой индустрии с анализа текущей технологической и экономической ситуации и систематизации опыта предшественников. Представленный на суд общественности доклад наполнен темами для острых дискуссий, но уже сегодня он позволяет совершенно по-новому взглянуть на перспективы практического применения ионизирующих излучений и, я надеюсь, даст новый импульс к развитию радиационных технологий и в России, и в мире.

**ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО
ПРЕЗИДЕНТА ФОНДА «СКОЛКОВО»**



В. Ф. Вексельберг

Уважаемые читатели доклада!

Год назад, в ходе дискуссий о стратегии Кластера ядерных технологий Фонда «Сколково», мы выработали два критерия для определения приоритетов его деятельности: поддерживать технологии, которые вносят вклад в долгосрочное глобальное развитие и имеют высокий потенциал для создания стартапов на растущих рынках. Именно поэтому мы приняли решение сфокусироваться на развитии радиационных технологий.

Радиационные технологии, рынки применения которых уже сегодня по размеру сопоставимы с ядерной энергетикой, являются неотъемлемой стороной нашей жизни. Это и современная диагностика и терапия в медицине, и системы обеспечения транспортной безопасности, и новые средства очистки воды и воздуха. Не менее значимым направлением является использование радиационных технологий в индустриальном развитии: в микроэлектронике, легкой промышленности, металлургии, в производстве топлива, переработке промышленных отходов и так далее.

Для меня как для предпринимателя это не пустые слова. Еще до запуска проекта «Сколково» я сформировал свою позицию о перспективности вложений в радиационные технологии. В моих планах расширение инвестиций в этот сектор — как в сторону рынка ядерной медицины, выходящего на новый виток развития, так и в других растущих направлениях.

Научный потенциал, накопленный в России за 60 лет развития радиационных технологий этого сектора в прошлом, еще далеко не полностью конвертирован в рыночные позиции, а поэтому привлекателен для создания новых бизнесов. В данной сфере Фонд «Сколково» не только поддерживает стартапы, но и играет роль координатора национальной технологической платформы «Радиационные технологии» – важнейшего механизма создания условий для коммерциализации новых технологических решений, площадки для взаимодействия заказчиков, производителей и разработчиков технологий.

Рассчитываю, что представленный доклад будет интересен не только профессионалам в сфере радиационных технологий, но и тем предпринимателям и инвесторам, которые внимательно относятся к глобальным технологическим трендам и открывающимся в процессе их развития новым рынкам.

**ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО
РУКОВОДСТВА КЛАСТЕРА
ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ФОНДА «СКОЛКОВО»**



А. Д. Фертман



Д. А. Ковалевич

Чтобы сразу расставить все точки над i, ответим на главный вопрос: зачем мы, два совершенно разных человека – исследователь и управленец, – взялись за анализ и развитие сферы радиационных технологий. Ответов два. Во-первых, мы уверены, что радиационные технологии имеют хороший шанс уже в ближайшем будущем стать такой же технологической основой для большинства современных индустрий, какой пятьдесят лет назад стала микроэлектроника, а в последнее десятилетие – наномасштабное конструирование материалов. Во-вторых, наш интерес подкрепляется тем, что, реализуя программу развития радиационных технологий, мы каждый день сталкиваемся с новыми вызовами и вопросами, которые не имеют очевидных, лежащих на поверхности, ответов – во многом потому, что мы одни из первых на этом пути.

Решение о создании Кластера ядерных технологий в Сколково было инициировано на волне «ренессанса атомной энергетики» и основано на традиционно сильных позициях России в ядерной науке и индустрии. Однако уже первые обсуждения приоритетов деятельности Кластера ядерных технологий «Сколково» с нашими коллегами и друзьями из Государственной корпорации «Росатом», Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», институтов Российской академии наук показали, что у нас нет оснований рассчитывать на бурное развитие малых форм предпринимательства в секторе атомной энергетики. Результатом дискуссий стал согласованный вывод о фокусировке деятельности Кластера на развитии технологий и разработок оборудования, обеспечивающих рыночное использование ионизирующих излучений (радиационных технологий).

Без сомнения, самым известным применением РТ является ядерная медицина – стандарт здоровой жизни современного человека. Однако даже краткий анализ возможностей использования ионизирующего излучения позволяет увидеть, насколько широко РТ присутствуют и на других рынках: глобальная безопасность и микроэлектроника, металлургия и приборостроение, пищевая и легкая промышленность, добыча и переработка полезных ископаемых, экология. Неотъемлемыми элементами этих индустрий стали ускорители, нейтронные генераторы, лазеры, детекторы частиц и излучений, ВЧ- и СВЧ-системы.

Оценивая сегодняшний уровень распространенности РТ и разнообразие предлагаемых технологических решений, основанных на единых физических принципах, а также темпы освоения новых секторов экономики, мы пришли к пониманию, что имеем дело не просто с развитием разрозненной группы прикладных решений, но с процессом становления новой технологической платформы. Именно это понимание легло в основу решения об организационном оформлении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, ведущихся в России в сфере РТ, в единую национальную технологическую платформу и о формировании в ее рамках специальных механизмов поддержки профильных компаний и исследовательских центров.

СОДЕРЖАНИЕ

14

КРАТКОЕ
СОДЕРЖАНИЕ
И ОСНОВНЫЕ
ТЕЗИСЫ
ДОКЛАДА

32

КЛЮЧЕВЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ
НОВОГО ЭТАПА
РАЗВИТИЯ
РАДИАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

20

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ
РАДИАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

64

ОРГАНИЗАЦИОННОЕ
РАЗВИТИЕ: СТРАТЕГИИ
НОВОГО ЭТАПА

94

ПОЗИЦИИ
РОССИИ

78

ПРОГНОЗЫ
РАЗВИТИЯ РЫНКА
РАДИАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ



КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ И ОСНОВНЫЕ ТЕЗИСЫ ДОКЛАДА

Производственные решения на основе радиационных технологий вносят значительный вклад в развитие мировой экономики. Совокупный объем рынков применения РТ на текущем этапе — около двухсот миллиардов долларов.

Исторически развитие ядерных технологий (в первую очередь — энергетических) требовало проведения междисциплинарных исследований, в рамках которых тесно сотрудничали специалисты в области физики, химии, математики, инженерного проектирования и других областей знания. Такая логика развития атомной отрасли и высокие требования, которые предъявлялись к технологическим решениям, сформировали потенциал для развития отрасли новых индустрий и трансфера ядерных технологий в другие сектора экономики. Одним из таких направлений стали радиационные технологии (РТ), подходящие для неэнергетических применений и базирующиеся на использовании ионизирующего излучения и электромагнитных полей. С неэнергетическими РТ на данный момент связаны высокотехнологичное ускорительное, лазерное, плазменное, магнитное оборудование, изотопы и методики облучения живых и неживых объектов.

К настоящему моменту, в результате более чем столетнего периода изучения взаимодействия ионизирующего излучения (ИИ) с веществом и масштабирования технологических решений, основанных на различных эффектах, проявляющихся в результате воздействия ИИ на живые и неживые системы, получена линейка технологий управления излучением, создания источников излучения, а также предложен широкий спектр услуг и продуктов — как для конечных пользователей, так и в виде промежуточных звеньев технологических цепочек в самых разных индустриях.

13

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ
И РАЗНОПЛАНОВОСТЬ
РТ, ОСНОВАННЫХ
НА ЕДИНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ
ПРИНЦИПАХ, ПОЗВОЛЯЮТ
ВЫДЕЛИТЬ
ИХ В ОТДЕЛЬНУЮ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ
ПЛАТФОРМУ

По оценкам экспертов, потенциальный объем рынков РТ составит четыреста-пятьсот миллиардов долларов в перспективе ближайшего десятилетия. На сегодняшний день радиационные технологии очень востребованы во всем мире. Более двадцати процентов из топ-ста мировых корпораций используют их в производственных и технологических процессах: в медицине — для диагностики и терапии онкологических заболеваний, стерилизации медицин-

200

миллиардов
долларов —
совокупный
объем рынков
применения
РТ на текущем
этапе

1890-е

год открытия
рентгеновского
излучения

ских изделий и материалов; в транспортной безопасности — для создания систем досмотра пассажиров и багажа; в автомобильной промышленности — для повышения износостойчивости шин и окраски автомобилей; в пищевой и косметической промышленности — для обеззараживания и увеличения сроков хранения продукции; в производстве материалов — для изменения их свойств; в геологоразведке и добыче полезных ископаемых; в других областях.

**ТЕКУЩЕМУ УРОВНЮ РАЗВИТИЯ
РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ПРЕДШЕСТВОВАЛИ ТРИ ЭТАПА**

Этап фундаментальных и прикладных исследований: начиная с открытия рентгеновского излучения в 1895 году и радиоактивности — примерно до конца 1950-х годов;

Этап «пилотного» внедрения и отработки технологических решений: в течение 1960-1980-х годов, внедрение первых коммерческих прототипов оборудования, расширение сфер применения, первые опыты масштабирования решений. В этот период на национальном уровне были начаты процессы сертификации облученной продукции;

Этап «фрагментированного» масштабирования технологий: 1990–2010-е годы, когда началось масштабное применение радиационных технологий в отдельных секторах: промышленности, медицине, безопасности, сельском хозяйстве. Под эгидой МАГАТЭ в рамках концепции устойчивого развития международное сообщество начало активно продвигать радиационные технологии в развивающихся странах (это касалось изотопной гидрологии, радиологии, сельского хозяйства). «Фрагментированный» (в отдельных секторах) характер внедрения был обусловлен ограничениями в экономике, а также ограниченной доступностью решений (стоимость, безопасность, простота в использовании. Кроме того, отсутствовали необходимые и недорогие источники излучения).

**В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ РАДИАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ НАХОДЯТСЯ НА ПОРОГЕ
ОЧЕРЕДНОГО, ЧЕТВЕРТОГО, ЭТАПА
РАЗВИТИЯ, ЧТО ОБУСЛОВЛЕНО
РЯДОМ РЫНОЧНЫХ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

Рост спроса на радиационные технологии в развитых и развивающихся странах. Например, в настоящее время в странах ОЭСР (США, Канада, страны ЕС, Япония, Республика Корея) поступа-

тельно растет потребление в «дорогих» сегментах¹, связанных с радиационными технологиями. Кроме того, наблюдается рост рынков применений РТ в развивающихся странах, в первую очередь — в странах БРИК. Поступательное увеличение затрат на медицину, интенсивный промышленный рост, рост потребления пищевых продуктов в развивающихся странах создают платежеспособный спрос на соответствующие применения радиационных технологий;

«Близкая» готовность к выходу на рынок новых (более эффективных) поколений существующих РТ-систем, в том числе связанных с развитием компонентной базы;

Технологическое развитие смежных сфер (например, развитие технологий визуализации, создание новых типов детекторов, применение новых материалов, комбинирование различных ядерно-физических методов в одной системе, автоматизация и роботизация);

Возможности встраивания в новые динамично развивающиеся сферы применения (наномедицина, разработка и производство новых конструкционных и функциональных материалов и др.).

**НОВЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ
РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ НЕСКОЛЬКИМИ
ПРИНЦИПИАЛЬНЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ**

Происходит переход от энергетических применений РТ к неэнергетическим. Обозначенный переход идет на протяжении последних тридцати лет и был наиболее заметен в 1990-х годах, когда на рынки был выведен целый ряд продуктов, связанных с РТ, в первую очередь — новая диагностическая техника (ПЭТ) и соответствующие радиофармпрепараты. Так, еще в середине первого десятилетия 2000-х годов в Японии объем вложений в неэнергетические РТ фактически был равен вложениям в энергетические.

Начинается переход от собственно радиационных технологий к конвергентным, связанным с необходимостью совмещения различных технологий в рамках единых систем и технологических комплексов. В ходе этого процесса происходят изменения в корпоративной структуре рынка (поглощение малых и средних компаний, обладающих необходимыми компетенциями; создание консорциумов), а также в форматах организации исследовательской и производственной деятельности;

Происходит географическая трансформация рынков РТ, связанная, в первую очередь, со стремительным экономическим развитием стран Азии и Латинской Америки. Центры потребления смещаются в Китай, Индию, Бразилию; появляются новые национальные игроки на рынках РТ-оборудования.

1990-е

начало
масштабного
применения
радиационных
технологий
в отдельных
секторах
промышленности

¹ В первую очередь — в медицине (дорогостоящее медицинское диагностическое и терапевтическое оборудование).

2000-е

начинается
переход
от радиационных
технологий
к конвергентным
из-за
необходимости
совмещения
различных
технологий
в рамках единых
систем
и технологических
комплексов

Обозначенные процессы создают основу для новой волны инвестиций в неэнергетические радиационные технологии (R&D и производства).

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ, ПО КОТОРЫМ БУДЕТ ПРОИСХОДИТЬ РАЗВИТИЕ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА НОВОМ ЭТАПЕ, — СЛЕДУЮЩИЕ

Оптимизация стоимостных параметров существующих решений, значительный вклад в которую внесут инжиниринговые и конструкционные решения, такие как постановка современных систем управления жизненным циклом, использования новых материалов для создания систем защиты и так далее;

Повышение компактности, мобильности систем, создание понятных и простых пользовательских интерфейсов, позволяющих работать с оборудованием операторам средней квалификации;

Коммерциализация «научных» применений РТ. Например, один из блоков перспективных технологических решений связан с масштабированием технологий генерации и формирования излучения, применение которых пока велось только в исследовательских целях и коммерчески не поставлено. Основные цели проводимых исследований и разработок — создание более компактного оборудования и «более дешевого пучка», разработка новых поколений оборудования для генерации пока не коммерциализованных или слабо коммерциализованных видов излучения — нейтронного, протонного, синхротронного;

Разработка технических и технологических решений для обеспечения расширения областей применения РТ (специализированное оборудование для различных сфер);

Новый цикл фундаментальных исследований, связанных, в том числе, с динамикой развития атомной энергетики (как и на первом этапе развития РТ) и всем спектром технологий новых реакторов и замкнутого ядерного топливного цикла (радиохимия, accelerator driven systems и другие технологии).

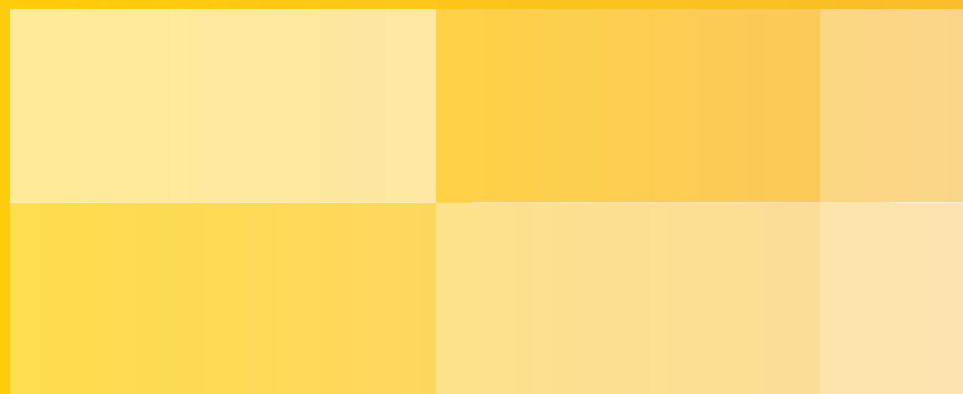
Динамика рыночного и технологического развития радиационных технологий будет в значительной степени зависеть от уровня кооперации и/или интеграции компаний-носителей компетенций в радиационных технологиях с компаниями нового типа, обладающими т.н. «открывающими» технологиями. Речь идет о биотехнологических компаниях; компаниях, связанных с производством новых материалов, производителях электроники; ИТ-компаниях (технологии 4D-визуализации, автоматизированная обработка данных, пользовательские интерфейсы); инжиниринговых компаниях.

Несмотря на исследовательское лидерство в радиационных технологиях в 1970-1980-х годах, из-за серьезного экономического спада 1990-х годов Россия фактически пропустила этап массовой коммерциализации научно-технического задела в области РТ (отсутствие возможностей по финансированию соответствующих направлений усугублялось тем, что атомная отрасль, тесно связанная с вопросами обороноспособности и нераспространения ядерных технологий, была «режимной» и закрытой).

В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ПЕРЕД РОССИЕЙ СТОЯТ МАСШТАБНЫЕ ЗАДАЧИ, СВЯЗАННЫЕ С РАЗВИТИЕМ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А именно: обеспечить коммерциализацию огромного научно-технического задела и «дособрать» недостающие компетенции (ИКТ, биотехнологии) для создания прорывных продуктов мирового уровня.

01



ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

«До сих пор ускорители, как правило, делались для исследовательских целей — для изучения строения материи. Однако в проникающей радиации таятся большие практические возможности»

Академик Г.И.Будкер, 1969г.

1.1

1895-1950: ПЕРВЫЙ ЭТАП — ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

С открытия рентгеновского излучения и радиоактивности в 1895 году примерно до конца 1950-х годов продолжался начальный, исследовательский этап развития РТ, на тот момент — по большей части энергетических. На данном этапе драйвером развития РТ выступили масштабные государственные вложения в соответствующие фундаментальные исследования, инициированные, в том числе, военными/оборонными ведомствами (как и в случае со многими иными высокими технологиями, заимствованными из атомного, военного и космического проектов развитых стран).

С пятидесятых годов XX века начинается массовое создание ядерных исследовательских институтов и их инфраструктуры: опытных и конструкторских бюро, исследовательских реакторов, нормативно-правовой базы. Открытие первых атомных электростанций, государственная поддержка больших исследовательских проектов создали положительный имидж мирных ядерных технологий и обрели широкую поддержку их инновационного применения.

В ЭТОТ ПЕРИОД
ПРОИЗОШЛО
ФОРМИРОВАНИЕ
ЦЕНТРОВ «ПЕРВИЧНЫХ
КОМПЕТЕНЦИЙ»
В РАДИАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЯХ НА БАЗЕ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
ИНСТИТУТОВ: ПОЛУЧЕНЫ
ЗНАНИЯ О ПРИРОДЕ
ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ
ТИПОВ ИЗЛУЧЕНИЙ
НА ЖИВУЮ И НЕЖИВУЮ
МАТЕРИЮ

ДОМИНИРУЮЩИМ НАПРАВЛЕНИЕМ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БЫЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВСЕХ ТИПОВ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Вильгельм Конрад Рентген — в 1895 году им было обнаружено существование рентгеновских лучей

Что касается неэнергетических радиационных технологий, то ключевыми направлениями работ на данном этапе стали:

Изучение основных принципов генерации и транспортировки пучков заряженных частиц, а также физики взаимодействия электронов и протонов с веществом (данные принципы в дальнейшем легли в основу неэнергетических применений РТ);

Наработка опыта и развитие компетенций по созданию источников излучения разной мощности, управления ими. Единственная коммерческая реализация научно-технологических разработок на этом этапе — рентгеновские аппараты.

Рисунок 1 Таймлайн первого этапа развития РТ



1.2

1960-1980: ВТОРОЙ ЭТАП — ВНЕДРЕНИЕ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В течение 1960-1980-х годов был осуществлен первый цикл массового внедрения неэнергетических РТ. Он состоялся, во-первых, за счет разработки и внедрения первых коммерческих прототипов источников излучения и технологического оборудования, а во-вторых — за счет расширения сфер применения РТ.

РАЗВИТИЕ РТ НА ДАННОМ ЭТАПЕ БЫЛО ОБУСЛОВЛЕНО БОЛЬШОЙ ПОТРЕБНОСТЬЮ В РЕШЕНИИ ЗНАЧИМЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ:

Демографический переход привел к необходимости развития здравоохранения, создал запрос на повышение эффективности сельского хозяйства и системы снабжения продуктами питания;

Революция в химическом синтезе и переход к синтезу полимеров означали запрос на эффективные технологии полимеризации (помимо крекинга) и работы с полимерами. Радиационное сшивание полиолефинов и вулканизация эластомеров, а впоследствии и другие технологии создания и обработки полимеров, стали технологическим ядром, обеспечившим массовую производственную реализацию «полимерной революции»¹. Позже аналогичным образом произошло массовое внедрение ионной имплантации при производстве подложек для кремниевых плат в электронике;

В этот период, после нефтяного кризиса начала 1970-х, впервые остро встал вопрос энергоэффективности производственных процессов, что послужило одним из важных оснований ставки на РТ. Энергия, используемая для нанесения покрытий с помощью ускорителей, составляет всего 7% от энергии, нужной для такого же тер-

¹ С начала 1970-х годов в развитых странах появились первые установки (УФ, ускорители электронов) по радиационной обработке полимеров; среди наиболее важных процессов, осуществляемых с помощью РТ, — радиационное сшивание полиолефинов. К середине 1970-х годов все ключевые поставщики продукции из полиэтилена и поливинилхлорида имели в своих производственных цепочках РТ. Появились поставщики сырья специально под этот техпроцесс. К началу 2000-х годов только в Японии было установлено порядка двухсот ускорителей, применявшихся в обработке полимеров.

мического процесса. Этот фактор послужил основой для того, чтобы радиационными технологиями были заменены термические процессы (например, в пастеризации пищевой продукции).

Соответствующий запрос обеспечил возможность внедрения первых поколений источников излучения и соответствующего оборудования, связанного с РТ (медицинские ускорители, оборудование для лучевой терапии — «кобальтовые пушки», радиоизотопная терапия; в 1970-х — оборудование для производства электроники, в том числе используемое в литографических процессах).

В это же время началось финансирование исследований по применению различных видов РТ в медицине (адронная, нейтронная, нейтрон-захватная, протонная терапия, клинические исследования, которые были завершены к началу 1990-х годов) и в производстве материалов.

1970-е

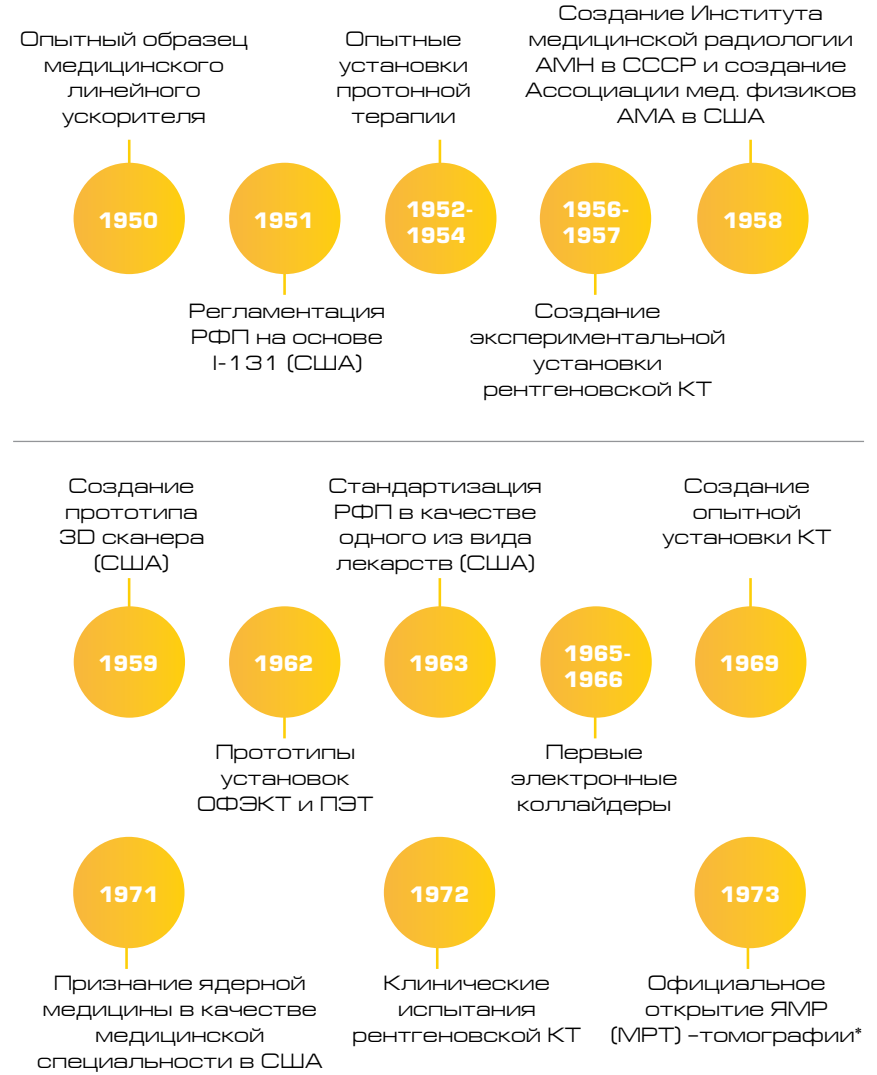
Радиационными технологиями были заменены термические процессы

ЛИДЕРАМИ НА ВТОРОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ РТ СТАЛИ СТРАНЫ, РАНЕЕ СОЗДАВШИЕ У СЕБЯ ПОЛНОМАСШТАБНЫЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ И СПОСОБНЫЕ ПЕРЕЙТИ К ПРОИЗВОДСТВУ ОПЫТНЫХ И КОММЕРЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ ОБОРУДОВАНИЯ ПОД ФОРМИРУЮЩИЕСЯ РЫНКИ ПРИМЕНЕНИЯ РТ

При этом если в СССР разработчиком и заказчиком НИОКР являлось государство, то в США, Японии и странах Западной Европы (Франция, Германия, Англия, Бельгия, Нидерланды) в РТ инвестировали частные высокотехнологические концерны, ставшие впоследствии (на третьем этапе) лидерами на рынках оборудования, связанного с РТ. Базой для развития РТ являлись национальные рынки развитых стран — медицина (рентгенодиагностика, дистанционная лучевая терапия, медицинские радиоизотопы), сельское хозяйство (облучение сельскохозяйственной продукции) и промышленность (неразрушающий контроль крупногабаритных изделий в различных отраслях промышленности, потребность в новых материалах).

Окончание второго этапа развития РТ совпало с аварией на Чернобыльской АЭС, ставшей причиной «атомной паузы» (перерыва в развитии атомной энергетики), которая затянулась на пятнадцать лет и отчасти стала основанием для перенаправления внимания с энергетических применений РТ на неэнергетические.

Рисунок 2 Таймлайн второго этапа развития РТ (на примере динамики в сфере ядерной медицины)



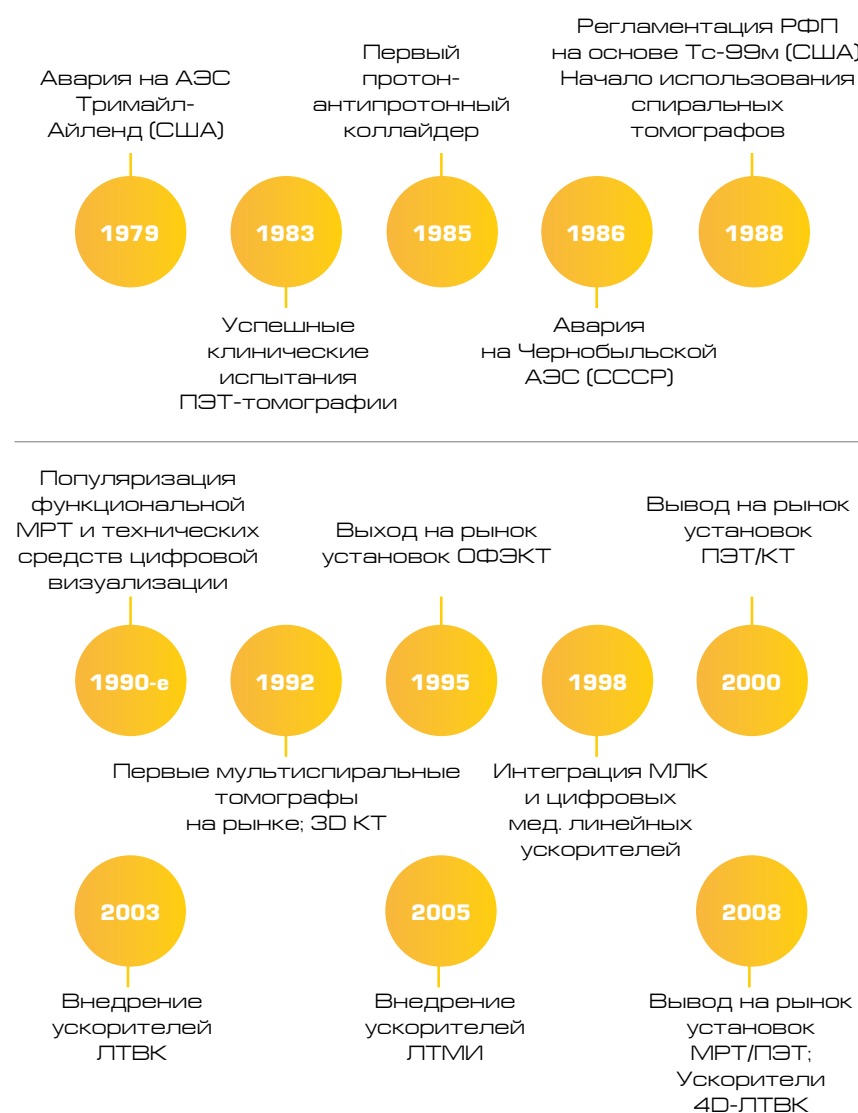
*В СССР способ и устройство для томографии предложил в 1960 году В.А. Иванов. Но официальным годом этого изобретения принято считать 1973. Именно тогда профессор химии Пол Лотербур опубликовал в журнале «Nature» статью «Создание изображения с помощью индуцированного локального взаимодействия; примеры на основе магнитного резонанса»).

1.3

1990-2010: ТРЕТИЙ ЭТАП — ЗРЕЛОСТЬ «ТРАДИЦИОННЫХ» РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В течение третьего этапа развития РТ (1990–2010-е годы) было осуществлено масштабирование применения неэнергетических РТ в медицине, многих видах неразрушающего контроля, индустрии новых материалов и сельском хозяйстве.

Рисунок 3 Таймлайн третьего этапа развития РТ



ВЫСОКУЮ ДИНАМИКУ РАЗВИТИЯ РЫНКОВ ПРИМЕНЕНИЙ РТ НА ДАННОМ ЭТАПЕ ОБЕСПЕЧИЛИ СЛЕДУЮЩИЕ ФАКТОРЫ:

Глобализация и высокая динамика роста ключевых рынков применений, в первую очередь – самых высококонкурентных: рынка электроники, продуктов питания, медицинской техники, рынка изделий из полимеров и т.п.;

Включение отдельных систем и услуг в государственные программы страховой медицины и в программы развития национальных систем безопасности, важные для соответствующих социально-ориентированных рынков;

Принятие международной системы мер, направленных на поддержку распространения РТ. В этот период под эгидой МАГАТЭ в рамках концепции устойчивого развития международное сообщество начало активно продвигать радиационные технологии в развивающихся странах (сферы изотопной гидрологии, радиологии, сельского хозяйства). При этом речь идет не только о финансировании программ и обучении специалистов, но и об оказании экспертной помощи государствам при разработке необходимой законодательной базы на национальном уровне;

Накопление исследовательской базы и достоверных успешных результатов применения РТ в разных областях, формирование платежеспособного спроса на новые, в особенности социально значимые, направления применения.

Эти факторы предопределили динамичное развитие и масштабную коммерциализацию готовых технологических решений предыдущего этапа.



АКТИВНЫЙ РОСТ РЫНКОВ УСИЛИЛ КОНКУРЕНЦИЮ, ЧТО В СВОЮ ОЧЕРЕДЬ ПРИВЕЛО К ДОСТАТОЧНО БЫСТРОЙ КОНСОЛИДАЦИИ РЫНКА И ОБЕСПЕЧИЛО ВЛОЖЕНИЯ В МОДЕРНИЗАЦИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Модернизация происходила за счет внедрения оптимизирующих инноваций и автоматизации систем управления процессом, а также использования новых технологий визуализации процессов и обработки изображений.

Для энергетических РТ данный этап стал временем «атомной паузы», выход из которой наметился только к началу 2000-х годов.

1.4

2010-Е ГОДЫ: ПЕРЕХОД К НОВОМУ, ЧЕТВЕРТОМУ, ЭТАПУ РАЗВИТИЯ РТ

В настоящее время начинается новый этап развития радиационных технологий. Завершение третьего и начало четвертого этапа связаны с созданием нового поколения источников излучения и оборудования (компактные генераторы нейтронов, компактные ускорители) и началом коммерциализации, а также с оптимизацией существующего РТ-оборудования.

В течение нового этапа развития ожидается следующий виток массового применения радиационных технологий – как за счет выхода на рынок новых поколений радиационно-технологических систем, так и за счет встраивания в динамично развивающиеся, новые сферы применения (наномедицина, разработка и производство новых конструкционных и функциональных материалов и др.).

ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ РТ КЛЮЧЕВЫМИ ВОПРОСАМИ ДАННОГО ЭТАПА ЯВЛЯЮТСЯ:

Масштабирование атомной энергетики на базе современных технологий проектирования, строительства и управления производственными процессами (в рамках «старой» архитектуры рынка);

Выбор модели топливного цикла, формирование под нее перспективных моделей реакторов, а также конструкция рынка бэкэнда. В настоящее время формируется возможность запуска второй волны инвестиций в фундаментальные исследования и разработки, связанные с энергетическими применениями РТ и т.н. атомным ренессансом (второй крупный цикл развития атомной энергетики, который, в свою очередь, связан с новым циклом инвестиций в энергоэффективность и сети). Не исключено, что одним из основных направлений исследований станет радиохимия (рынок бэкэнда и ЗЯТЦ), что за пятнадцать-двадцать лет может дать новое поколение неэнергетических РТ.

До сих пор ускорители, как правило, делались для исследовательских целей – для изучения строения материи. Однако в проникающей радиации таятся большие практические возможности. Свойство частиц преодолевать любые преграды, достигающие иногда нескольких метров толщины, используются в интроскопии или внутривидении. На способности частиц высоких энергий возбуждать и разрушать молекулы вещества, что приводит к образованию новых материалов, основана новая перспективная наука – радиационная химия. Смертоносное действие определенных доз радиации на бактерии и насекомых можно использовать для дезинсекции и дезинфекции зерна, стерилизации медикаментов, консервирования пищевых продуктов, обеззараживания сточных вод. Радиационное излучение служит верным помощником врачам и биологам, когда они стремятся стимулировать полезные для жизни процессы в живой клетке и приглушить вредные. Хорошо сфокусированный луч, несущий в себе огромную концентрацию тепловой энергии, можно использовать для резки и плавки металла, бурения горных пород.



Академик Герш
Ицкович Будкер,
1969 год

Таблица 1 Основные характеристики этапов развития радиационных технологий

Характеристика	I этап	II этап
Базовая деятельность	Прототипирование	НИОКР (исследования и разработки)
Содержание технологического Развития	Создание исследовательских инфраструктур (изучение всех видов излучения)	Расширение сфер применения неэнергетических РТ (за счет базы знаний I этапа)
Институты	Создание МАГАТЭ и системы международного регулирования РТ	Создание национальных нормативно-регулятивных систем неэнергетических РТ Создание национальных программ и стратегий развития РТ
Архитектура рынка	Коммерциализация отдельных сегментов (рентгеновские установки, оборонные и энергетические применения)	Рынок фрагментирован Сформированы два сегмента РТ: медицина (рентгеновские аппараты) и промышленность (пром. ускорители) Потребление идет в развитых странах
Драйверы	Государственные вложения в мегапроекты (атомный, космический) и исследовательские инфраструктуры	Комплекс социально-экономических задач (реформы здравоохранения и пр.) Революция в нефтехимии (запрос на технологии полимеризации)

III этап	IV этап
«Фрагментированная» коммерциализация РТ (масштабирование) Прототипирование конвергентных технологий	Оптимизация, компактизация, дизайн, инжиниринг РТ Конвергенция технологий и их коммерциализация
Заимствование прорывных инноваций из смежных сфер (ИКТ)	Заимствование оптимизирующих инноваций из смежных сфер R&D по созданию принципиально новых технологических платформ
Создание международных систем стандартов для РТ	Создание систем и методологий регулирования под новые применения РТ
Рынок активно консолидируется (слияния и поглощения) Рост за счет потребления РТ в развитых странах Лидеры рынка – высокотехнологичные компании США, ЕС, Японии. Ориентировочный объем всех рынков РТ-оборудования – порядка 200 млрд долл. в 2010 году	Рынок консолидирован Интенсивное поглощение малых инновационных компаний из смежных сфер Рост за счет географического расширения рынков (страны БРИК) Появление национальных компаний в сфере РТ на развивающихся рынках Ориентировочный объем всех рынков РТ-оборудования – до 500 млрд долл. к 2020 году
Глобализация и создание новых отраслей. Создание законодательства под РТ, в том числе включение соответствующих мед. процедур в программы страховой медицины. Инновации в микроэлектронике, детектировании излучений, обработке и представлении информации	Глобальные тренды: промышленная революция (материалы, инжиниринг, проектирование), новая медицина, экологизация. Экономический рост в странах Азии и Латинской Америки. Рост конкуренции между производителями (соотношение цена/качество)

02

КЛЮЧЕВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НОВОГО ЭТАПА РАЗВИТИЯ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

«Лишь обеспечив качество, мы сможем добиться доверия к технологиям, к методам и подходам радиационной медицины»

Вернер Буркарт, до 2010 года заместитель генерального директора МАГАТЭ по вопросам ядерных исследований и применений ядерных технологий

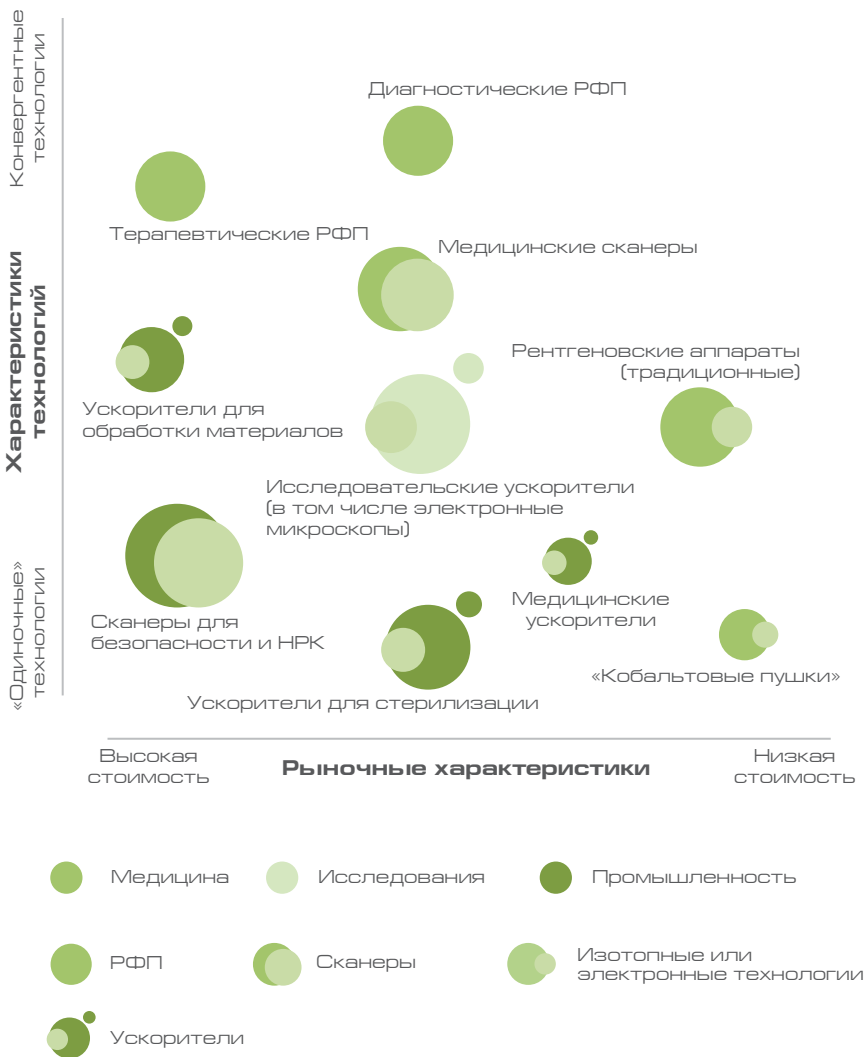
2.1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ

Базовыми рыночными требованиями к оборудованию, которые определяют дальнейшее технологическое развитие РТ, станут снижение стоимости источников излучения и оборудования (являющейся на данный момент критической для массового распространения РТ, в том числе в развивающихся странах); создание системы софинансирования, повышающей доступность радиационного оборудования (лизинг, системы льготного кредитования); достижение оптимальных параметров облучения (корректность дозы, сокращение времени, оптимизация геометрии), «экологичности» в широком ее понимании (совершенствование защиты, снижение потенциально вредоносного влияния излучения). Эти требования будут актуальны для всех сфер применения РТ.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
РАЗВИТИЕ
РАДИАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ
НА ЧЕТВЕРТОМ ЭТАПЕ
ОХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ
НЕСКОЛЬКИМИ
ПРИНЦИПИАЛЬНЫМИ
ИЗМЕНЕНИЯМИ,
В ТОМ ЧИСЛЕ
КОМБИНИРОВАНИЕМ
ТЕХНОЛОГИЙ
И ВНЕДРЕНИЕМ
ИННОВАЦИЙ
ИЗ СМЕЖНЫХ СФЕР

Рисунок 3 Факторная схема развития радиационных технологий



Источник: Центр стратегических разработок «Северо-Запад»

Основной особенностью технологического развития на четвертом этапе станет широкое распространение конвергентных радиационных технологий¹.

¹ Конвергенция — взаимное влияние и взаимопроникновение технологий, в ходе которых в рамках междисциплинарной работы на стыке областей возникают принципиально новые технологии и сферы знаний.

2.1.1 КОНВЕРГЕНЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

ГЛАВНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ НОВОГО, ЧЕТВЕРТОГО, ЭТАПА РАЗВИТИЯ РТ ЯВЛЯЕТСЯ ОДИН ИЗ БАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XXI ВЕКА — УСИЛЕНИЕ КОНВЕРГЕНЦИИ (ВЗАИМОПРОНИКНОВЕНИЯ) ТЕХНОЛОГИЙ, СТИРАНИЕ ГРАНИЦ МЕЖДУ ОТДЕЛЬНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ И ОБЛАСТЯМИ ЗНАНИЙ

Так как развитие радиационных технологий изначально происходило, в том числе, за счет конвергенции (значительные продвижения, например, в сфере ядерной медицины стали возможны благодаря достижениям биологии, химии, физики и компьютерных технологий), можно ожидать, что этот тренд окажет существенное влияние и на следующем витке развития РТ.

НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНЫМИ ЯВЛЯЮТСЯ ЧЕТЫРЕ НАПРАВЛЕНИЯ:

Конвергенция с биотехнологиями (медицина). Новые средства доставки изотопов к опухоли, разработанные с использованием современных нано- и биотехнологий, позволят повысить эффективность радионуклидной терапии и диагностики. В частности, ведутся клинические испытания новых методов доставки источника излучения (рения-186) липосомами с поперечным размером 100 нм в опухоль головного мозга. Из-за малой энергии излучаемых электронов рений не капсулируют, но низкая энергия частиц позволяет произ-

3D

принтеры
используют
электронно-
лучевое
плавление

водить практически точечное облучение, так как глубина проникновения излучения в ткани ничтожно мала. Благодаря такому подходу опухоль можно подвергать несравненно более высоким дозам радиации — в двадцать–тридцать раз превышающим сегодняшние показатели, — не нанося ущерба здоровым тканям мозга. Конвергенция в данном случае является комплексной (с нано- и биохимическими методами синтеза относительно радиоустойчивых бионосителей изотопа — липосом);

Конвергенция с робототехникой. Высокими темпами будет расти применение промышленных роботов. Уже сейчас ключевые отрасли применения РТ в промышленности одновременно являются и крупными рынками роботов — помимо автомобилестроения, это электроника (~20%), химическая промышленность (~10%), автомобильная промышленность и металлургия. Роботизация также считается одним из наиболее перспективных направлений развития медицинской техники, в том числе — с использованием РТ (в частности, в 2010-2011 годах были заявлены к реализации проекты по определению преимуществ и недостатков роботизированных радиохирургических систем по сравнению с традиционным оборудованием для лучевой терапии — с гантри)²;

Конвергенция с технологиями обработки материалов. Среди наиболее значимых примеров подобной конвергенции — использование РТ в 3D-печати. Одной из технологий, задействованных в 3D-принтерах, является электронно-лучевое плавление (используется при производстве цельнометаллических деталей из металлических порошков). С учетом ожидаемых темпов роста соответствующего рынка (с 1,4 миллиардов долларов в 2011 году до 3 миллиардов долларов в 2016 году), а также с учетом роста точности доставки дозы в облучаемую мишень и улучшения пространственного разрешения при диагностике, можно предполагать существенное развитие соответствующего направления. Косвенное отношение к тренду совмещения различных технологий в рамках единых комплексов имеет принципиальное изменение подхода к проектированию заводов, клиник, лабораторий (проектируются не отдельные установки, а технологические циклы, использующие в качестве фактора тот или иной вид излучения);

«Сшивающими» технологиями для обеспечения конвергенции станут когнитивные технологии (6D-моделирование, позволяющее учитывать различные составляющие конечного продукта и их развитие во времени).

2 Например, исследование «Robotic Compared to Fixed Gantry Radiosurgery for Brain Metastases (TRICK)», спонсируемое Национальным институтом здравоохранения США (U.S. National Institutes of Health).



пример из практики

КОМПЕТЕНЦИИ РОССИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»,
ДИРЕКТОР, ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ РАН
М.В. КОВАЛЬЧУК

«Сама логика развития науки привела нас от узкой специализации к междисциплинарности, затем наддисциплинарности, а теперь фактически к необходимости объединения наук. Но не к простому геометрическому сложению результатов, а к их синергетическому эффекту, взаимопроникновению.

На первом этапе это касается объединения четырех глобальных направлений сегодняшней науки и технологий НБИК: Н — это нано, новый подход к конструированию материалов «под заказ» путем атомно-молекулярного конструирования, Б — это био, что позволит вводить в конструирование неорганических материалов биологическую часть и таким образом получать гибридные материалы, И — информационные технологии, которые дадут возможность в такой гибридный материал или систему «подсадить» интегральную схему и в итоге получить принципиально новую интеллектуальную систему, а К — это когнитивные технологии, основанные на изучении сознания, познания, мыслительного процесса, поведения живых существ, и человека в первую очередь, как с нейрофизиологической и молекулярно-биологической точек зрения, так и с помощью гуманитарных подходов.

Присоединение когнитивных технологий даст возможность, основываясь на изучении функций мозга, механизмах сознания, поведения живых существ, разрабатывать алгоритмы, которые фактически и будут «одушевлять» создаваемые нами системы, наделяя их неким подобием мыслительных функций. Смысл создания НБИК-центра в Курчатовском институте состоял в том, чтобы сформировать инфраструктурную базу этой конвергенции наук и технологий. Ядро, вокруг которого развивается Курчатовский НБИК-центр, — уникальная комбинация мегаустановок мирового класса — источников синхротронного излучения и нейтронов. Курчатовский НБИК-центр включает в себя новый нанотехнологический корпус, модернизированный и реконструированный источник синхротронного излучения, исследовательский нейтронный реактор ИР-В, центр обработки и хранения данных на основе суперкомпьютера. В Курчатовском НБИК-центре сосредоточено уникальное рентгеновское оборудование, атомно-силовые и электронные микроскопы, различные технологические приборы для нанобиотехнологий и микроэлектроники, зоны чистых комнат и многое другое. Хочу отметить, что существенная часть этого уникального оборудования разработана и изготовлена отечественными компаниями.

Основная цель конвергенции четырех направлений — формирование новой технологической культуры, нацеленной в первую очередь на создание гибридных материалов и систем на их основе. Причем речь идет о принципиально новом поколении антропоморфных систем бионического типа, воспроизводящих в конечном итоге конструкции живой природы — биоробототехнические системы. Для этого в Курчатовском НБИК-центре мы создали научно-технологическую платформу с условным названием «ГИБРИД»...»¹

1 Источник: М.В. Ковальчук, Российские Нанотехнологии, январь-февраль 2011 том 6, № 1-2, «Конвергенция наук и технологий - прорыв в будущее»

2.1.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ (СОЕДИНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ В РАМКАХ ЕДИНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА)

ОДНОЙ ИЗ КЛЮЧЕВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА БАЗЕ РТ ЯВЛЯЕТСЯ КОМБИНИРОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ С ТРАДИЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ В ОДНОЙ СИСТЕМЕ

Наиболее очевиден этот тренд в медицине: уже эксплуатируются системы класса Image Guided Radiotherapy и Sonolith I-Sys. Кроме того, совмещение различных ядерно-физических методов с расширением функций произошло в некоторых промышленных системах с использованием РТ — например, в системах напыления (зачастую соответствующие установки соединяют в себе различные технологии — ионно-плазменное и магнетронное напыление).

Лишь обеспечив качество, мы сможем добиться доверия к технологиям, к методам и подходам радиационной медицины. Жесткая и прочная система обеспечит безопасное и эффективное использование технологии на техническом уровне и позволит обслуживающему персоналу не испытывать сомнений, уверяя пациентов в том, что радиация будет использована в их благо. Новые технологии олицетворяют собой прогресс – лучшие возможности для диагностики и лечения пациентов.

СОВМЕЩЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОТКРЫВАЕТ НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РТ, ПРИМЕНЯЕМОГО В РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ:

В секторе медицинской диагностики пределы точности определения топографии и метаболизма опухолей и иных патологий по отдельным системам достигнуты, и последующий рост точности может быть обеспечен только за счет дополнения и совмещения в одной системе нескольких методов исследования. Наибольший потенциал лежит в сфере совмещения диагностических РТ (ПЭТ/КТ, ПЭТ/МРТ, ОФЭКТ/КТ). Исследования по наиболее перспективному направлению (ПЭТ/МРТ) ведутся с середины первого десятилетия 2000-х годов – в частности, совместными проектными группами различных корпораций и исследовательских центров³. Более того, в 2011 году в Пекинском университете группа исследователей⁴ приступила к реализации проекта по разработке универсальной диагностической установки, совмещающей в себе КТ (рентген-томографию), ПЭТ, ОФЭКТ и ФМТ (флюоресцентную молекулярную томографию).

Кроме того, в медицинской сфере комплексирование коснется, в первую очередь, самих процессов терапии и диагностики: в частности, комплексирование открывает возможности по развитию так



Вернер Буркарт, до 2010 года заместитель генерального директора МАГАТЭ по вопросам ядерных исследований и применений ядерных технологий

³ В частности, целый комплекс исследований в 2007 году был проведен группой, в которую вошли представители Laboratory for Preclinical Imaging and Imaging Technology (Werner Siemens Foundation), Siemens Preclinical Solutions, University of California (Department of Biomedical Engineering), Max Planck Institute for Biological Cybernetics, Eberhard Karls University (Department of Medical Biometry) и др.

⁴ Представители Tsinghua University, Shanghai Jiaotong University, South Medical School, Hebei University, PKU Founder Group, Hospital 301, Shanghai Ruijin Hospital, PKU Health Science Center, PKU First Hospital, PKU Third Hospital.

называемой **тераностики** (совмещения процессов диагностики и терапии, в том числе на уровне одного фармпрепарата, одновременно являющегося диагностическим и терапевтическим)⁵;

Схожие процессы объединения различных технологических РТ-процессов будут характерны для применений РТ **в секторе безопасности**. Основная задача в этом направлении на данный момент связана с созданием эффективных организационно-технических систем обеспечения безопасности на основе комбинации методов, имеющих свои преимущества и ограничения, нивелирование которых как раз и достигается за счет их оптимальной комбинации. Одной из таких эффективных комбинаций является объединение методов нейтронного анализа и рентгеноскопии при создании досмотровых систем для грузов, транспорта (кроме досмотра людей) и методов неразрушающего контроля материалов.

Комбинирование РТ-процессов в области визуализации позволит перейти к оперированию 4D-изображениями, отображающими как структурные, так и функциональные характеристики исследуемого объекта, в медицинской диагностике (ПЭТ/МРТ/КТ), системах безопасности (рентген, нейтронные технологии, магнитные поля регулируемой интенсивности).

ОТДЕЛЬНЫМ
НАПРАВЛЕНИЕМ
РАЗВИТИЯ РТ МОЖЕТ
СТАТЬ РАСШИРЕНИЕ
УЖЕ СУЩЕСТВУЮЩЕГО
ФУНКЦИОНАЛА
УСТАНОВОК

Например, для ускорительной техники такое расширение возможно путем генерирования на одной установке различных типов излучения. Так, еще в середине 1990-х годов были созданы первые образцы медицинских и промышленных установок, обеспечивающих мягкий рентген (на 6 МэВ), жесткий рентген (10-20 МэВ) и целый спектр пучков электронов (до десяти спецификаций в диапазоне от 6 до 20 МэВ)⁶.

⁵ Следует иметь в виду, что потенциал по улучшению качества медицинских услуг, связанных с радиологией, также лежит в сфере сочетания различных медицинских методик (т.н. сочетанная терапия – например, сначала проводится нейтронная терапия для снятия радиорезистентности опухоли, затем – традиционная гамма-терапия). При этом подобные методы и методики не имеют прямого отношения к характеристикам РТ-оборудования.

⁶ Источник: American Association of Physicists in Medicine

2.1.3 ВНЕДРЕНИЕ
ОПТИМИЗИРУЮЩИХ
ИННОВАЦИОННЫХ
РЕШЕНИЙ

Интенсивное производство и внедрение инноваций в целом ряде областей (life science, новые материалы, энергетика и др.) послужит стимулом для трансформации многих иных высокотехнологичных сфер, в т.ч. – неэнергетических радиационных технологий. Вывести РТ на новый этап развития и обеспечить их конкурентоспособность могут следующие технологические драйверы:

Применение новых материалов. Применение нанотехнологий в модулях для радиохимического производства, создание материалов с высоким коэффициентом поглощения значительно упростит производство инфраструктурного обеспечения (защитные материалы и стены) для большинства установок, использующих ионизирующее излучение. Применение новых материалов лежит в основе появления следующих поколений радиационно-стойких и высокочувствительных детекторов, в т.ч. – для новых типов медико-диагностических сканеров (ПЭТ, ОФЭКТ, МРТ и др.). Одним из перспективных направлений является создание квантово-чувствительных детекторов на основе сложных полупроводниковых соединений, проходящих процедуру легирования ионными пучками, а также масштабирование производства этих детекторов. Наиболее популярными из бинарных и тройных соединений в настоящее время являются такие полупроводники, как GaAs, CdTe, CdZnTe⁷.

Отдельным направлением, связанным с новыми материалами в РТ, может стать использование композиционных материалов с высокой отражательной способностью и уникальными магнитными свойствами для производства микроускорителей на принципиально новой технологической основе. Так, в 2010-2011 годах было объявлено о серии разработок, связанных с миниатюризацией ускорителей заряженных частиц⁸;

Применение технологий сверхпроводимости. Сверхпроводники уже применяются в ускорительной технике — при построении магнитов (нуклотрон в ОИЯИ (Дубна), большой адронный коллайдер и др.) и детекторов частиц в физике высоких энергий, в исследовательских установках термоядерного синтеза, в ядерно-магнитных спектрометрах при изучении структуры материалов, в медицинских магниторезонансных томографах. **Сверхпроводники могут стать технологической базой для усовершенствования криогенной технологии** широкого применения в больших исследовательских и медицинских ускорителях, а также для повышения эффективности

⁷ Два последних следует отнести скорее к перспективным материалам из-за высокой стоимости и отсутствия массовой технологии их производства.

⁸ В частности, разработки Cornell University проводятся в тесном сотрудничестве с SonicMEMS Laboratory – подразделением университета, занимающимся проблематикой микроэлектромеханических систем (в том числе материалами и микроисточниками питания).

и уменьшения размеров ускорительных систем для терапии злокачественных новообразований и производства радиоизотопов. Большие надежды возлагаются на использование сверхпроводящих магнитных систем при создании синхротронов: сверхпроводимость позволяет уменьшить радиус кольца и существенно сократить потребляемую мощность (с использованием этого принципа разработан, в частности, американский проект SSC на энергию по 20 ГэВ в каждом пучке);

Применение новых энергетических технологий. Развитие различных типов автономных источников питания (РИТЭГи, топливные изотопные ячейки и другие) и накопителей энергии может стать основой для целого ряда принципиальных изменений в РТ, обеспечив мобильность оборудования (мобильные ПЭТ- и ОФЭКТ-установки, ускорители, рентгеновские установки разных типов, досмотровые мобильные системы и пр.), а также возможность сделать его более компактным.

2.1.4 КОМПАКТИЗАЦИЯ: ОТ БОЛЬШОГО К МАЛОМУ

Внедрение революционирующих инноваций из смежных сфер, оптимизация технологий инжиниринга и производства, необходимость сохранения конкурентоспособности продукции (по цене и функциональности) делают возможным создание РТ-оборудования любых масштабов — от сверхкрупных технологических комплексов (досмотровые комплексы для грузовых контейнеров) до сверхкомпактных РТ-установок, в первую очередь — диагностического оборудования (медицинская и промышленная диагностика) и ускорителей.

Компактизация уже коснулась наиболее распространенного (и коммерциализованного первым) диагностического РТ-оборудования — рентгеновских аппаратов. Мобильные рентгеновские установки производятся с конца 1960-х годов. В настоящее время распространены сверхкомпактные решения, широко применяемые в стоматологии, ветеринарии, «полевой» медицине (оборонные и спасательные ведомства), промышленной диагностике на основе методов неразрушающего контроля (трубопроводы).

В середине первого десятилетия 2000-х годов был начат ряд исследований и разработок, связанных с созданием компактных⁹ и сверхкомпактных (микро) ускорителей.

⁹ Так, 25 октября 2011 года компания Siemens объявила о начале сотрудничества с Национальным советом по научным и высокотехнологичным инфраструктурам Великобритании (Science and Technology Facilities Council); одной из целей сотрудничества является разработка компактного, модульного, дешевого ускорителя — электростатического ускорителя на непрерывном токе (Direct Current Electrostatic Accelerator).

**БАЗОВЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ
ДЛЯ СОЗДАНИЯ
МИКРОУСКОРИТЕЛЕЙ
ФАКТИЧЕСКИ
ЗАИМСТВОВАНЫ
ИЗ «НОВОГО
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ»,
СВЯЗАННОГО,
В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ,
С ПРОИЗВОДСТВОМ
МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ
(КОМПОЗИЦИОННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ С ВЫСОКОЙ
ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ
СПОСОБНОСТЬЮ
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ
МИКРО- И НАНОТРУБОК)**

Среди возможных сфер применения подобных ускорителей — медицина (скальпель на основе пучка протонов, сверхточная лучевая терапия), косметология, все виды стерилизации, фундаментальные исследования (возможность использования высоких энергий при меньших размерах ускорителей, портативные электронные микроскопы) и прочие.

Компактизация (параллельно со специализацией — переходом от сканирования всего тела к установкам для обследования грудной клетки, шейного отдела и пр.) является важным трендом для всех видов томографических систем (ПЭТ, ОФЭКТ и прочих)¹⁰ в медицине.

¹⁰ Источник: Elaine H. Wachtoltz, «The History and Development of PET» (Enterprises for Continuing Education Inc.).

2.1.5 РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ

Развитие всей современной диагностической медицинской техники и современных систем обеспечения безопасности было тесно связано с появлением и быстрым развитием компьютерных технологий. На четвертом этапе развития РТ внедрение новых форматов и систем обработки данных откроют целый ряд направлений развития:

Дальнейшее совершенствование **технологий обработки изображений** (от конструирования 3D-изображений в реальном времени до систем хранения данных¹¹) сделает возможным развитие новых направлений применения РТ. Кроме того, это даст толчок к широкому распространению нового поколения оборудования: image-guided radiation therapy (установок радиационной терапии с визуальным контролем в режиме реального времени), более точных и надежных досмотровых комплексов, приборов неразрушающего контроля для зданий, сооружений и конструкций особо важных объектов (например, ядерных реакторов);

Развитие коммуникационных технологий и создание единых (региональных, национальных, международных) систем хранения и обработки медицинских данных, а также использование cloud-систем и систем виртуального рабочего пространства обеспечат целый набор возможностей для использования РТ-оборудования (доступ через Интернет, гибкая система установки и обслуживания радиационного оборудования, возможность удаленной работы с данными, возможность вывода данных на устройства конечного потребителя, интеграции продуктов и услуг между основными платформами). Такие решения уже сегодня активно внедряются на источниках синхротронного излучения, обладающих разветвленной базой пользователей в разных уголках планеты;

Новые системы анализа и хранения данных откроют возможность **виртуального (цифрового) конструирования процессов**, связанных с РТ (управление пучком, картирование реальных доз облучения), а также процессов, происходящих в органике и неорганике под воздействием ионизирующих излучений (управляемое изменение в соответствии с требуемыми на выходе свойствами или эффектами). Симуляционные математические модели, описывающие взаимодействие ионизирующих излучений с веществом мишени и последующие эффекты, будут встроены в базовые ПО-инструменты для сложного инжиниринга, в первую очередь

¹¹ Например, в 2011 году компания Acuo Technologies вывела на рынок систему Universal Clinical Platform (UCP3) на базе DICOM Services Grid, предназначенную для управления диагностическими снимками и изображениями. Система создана в логике управления жизненным циклом изображения (от передачи визуальных данных и их анализа до архивирования и хранения on-line).

— в области новых материалов, нанотехнологий, биотехнологий, медицины и систем обеспечения жизни¹². В связи с этим, отдельным важным направлением является моделирование процессов¹³ диагностики по массиву входящих данных, полученных от традиционных несложных систем диагностики (данные химического анализа, ультразвук и так далее);

Наконец, одним из наиболее очевидных вкладов ИКТ в развитие радиационных технологий станет создание **эффективных пользовательских интерфейсов**, запрограммированных режимов работы в зависимости от задач управления радиационными источниками (уход от «ручного управления» установками). Речь идет о превращении их в устройства, эксплуатация которых не требует уникальных компетенций (на сегодняшний день сложность РТ и соответствующего оборудования такова, что среднее время подготовки минимально компетентных специалистов, способных оперировать технологией/оборудованием, – четыре-пять лет – и это после окончания специализированного вуза). Переход к упрощению эксплуатации оборудования является принципиальным с точки зрения расширения рынка радиационных технологий.

2.1.6 НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА

В ближайшие десять-пятнадцать лет ключевым рыночным требованием (в логике управления производством и обеспечения рыночной конкурентоспособности) для поставщиков высокотехнологичных комплексов радиационного оборудования может стать постановка систем управления жизненным циклом и 6D-проектирования как наиболее эффективных технологий оптимизации производственного процесса:

Концепция управления жизненным циклом уже является основой оптимизации инжиниринга современных сверхсложных (до 10 млн деталей), рассредоточенных географически (до 1000 конструкторов), межотраслевых объектов (включая требования по гибкости производств) промышленных объектов/продуктов. В настоящее время концепция управления жизненным циклом внедряется при проектировании, строительстве и эксплуатации наиболее высокотехнологичных и сложных объектов с длительным сроком службы (к примеру, АЭС);

¹² В частности, с середины первого десятилетия 2000-х годов в процессе разработки находятся интегрированные базы медицинских данных и системы класса Minerva (multimodal cancer treatment systems), позволяющие осуществлять онкодиагностику и терапию полного цикла, эффективно выбирая различные параметры терапии (РТ, химиотерапия, хирургия) в зависимости от «входящих условий» – диагноза, индивидуальных данных о течении заболевания, реакции организма на терапию и пр.

¹³ Например, процесс класса «biology in silico» (проведение биологического эксперимента на компьютере).

Современное проектирование и быстрое прототипирование.

Концепция 6D-проектирования меняет традиционную схему создания продукта, предъявляет новые требования к кадрам и требует системных инноваций в управлении. 6D-проектирование подразумевает, что к уже ставшей традиционной технологии проектирования трех физических измерений (3D) добавляется планирование еще трех элементов: время (календарное планирование создания продукта), оборудование (конфигурация, комплектация и поставка материалов и агрегатов), ресурсы (трудовые, финансовые и иные). Технология быстрого прототипирования, в свою очередь, позволяет оперативно создавать опытные образцы или работающие модели систем для демонстрации заказчику или проверки возможности реализации, что существенно ускоряет процесс внедрения результатов исследований и разработок в промышленное производство.

Отдельным фактором, делающим востребованными 6D-проектирование и оптимизацию производственных процессов в РТ, является поступательный рост кооперации в области исследований и разработок, а также дальнейшее развитие концепции открытых инноваций (open innovation). На дорыночном этапе кооперирующиеся компании решают научные проблемы и, в нашем случае, оценивают перспективность использования радиационных процессов, получают принципиальные технические решения, создают прототипы конечных продуктов (источников, установок). При этом основная конкуренция после создания прототипов разворачивается в стадии организации максимально эффективного и дешевого производства соответствующего продукта, иными словами —

КОНКУРЕНЦИЯ СМЕЩАЕТСЯ В ОБЛАСТЬ ИНЖИНИРИНГА ПРОИЗВОДСТВА, В ТОМ ЧИСЛЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

С учетом формирующихся в настоящее время исследовательских консорциумов компаний-носителей компетенций в области РТ (например, консорциум Siemens-Varian по лучевой терапии и диагностике), а также ряда кластерных проектов в этой сфере (Atlanpole Biotherapies, кластеры в материаловедении и др.), на новом этапе развития РТ можно ожидать широкого применения 6D-проектирования и систем управления жизненным циклом.

2.2

ЭФФЕКТЫ НОВОГО ЭТАПА РАЗВИТИЯ РТ

2.1.1 СНИЖЕНИЕ СТОИМОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

Наиболее важным с рыночной точки зрения результатом развития радиационных технологий на четвертом этапе станет существенное снижение стоимости оборудования — за счет компактизации (с точки зрения экономии дорогого пространства), инноваций из смежных сфер, оптимизации производственных процессов и прочего.

СРЕДИ ИСТОЧНИКОВ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ РТ-ОБОРУДОВАНИЯ МОЖНО ВЫДЕЛИТЬ СЛЕДУЮЩИЕ:

Первым по значимости станет его **компактизация** при сохранении всех или почти всех функциональных характеристик прототипа. Наглядный пример потенциала снижения стоимости — рентгеновские аппараты (стационарный рентгеновский аппарат стоит до 150 тыс. долл., портативный (немного уступающий по характеристикам) — в среднем от 500 до 1000 долл.);

Еще один источник удешевления РТ — **комплексирование оборудования**. Стоимость комплексных систем (например, ПЭТ/КТ) сравнима с суммарной стоимостью отдельных систем (стоимость ПЭТ/КТ — до 4 миллионов долларов, стоимость ПЭТ-сканера — до 3 миллионов долларов, стоимость КТ — до 160 тыс. долл.), а стоимость одной процедуры на ПЭТ/КТ существенно меньше суммарной стоимости процедур на ПЭТ и КТ (ПЭТ/КТ — до 10,5 тыс. долл., ПЭТ — до 10 тыс. долл., КТ — до 6 тыс. долл.);

Важным ресурсом снижения стоимости РТ будет **внедрение «удешевляющих инноваций»**, в том числе заимствованных из иных сфер. Наглядный пример «удешевляющих инноваций» — разработка компанией Teijin Chemicals Limited принципиально нового недорогого пластикового сцинтиллятора SCINTIREX. Использование данного сцинтиллятора, по мнению разработчиков, позволит обеспечить более чем десятикратное сокращение себестоимости пластиковых сцинтилляторов (по сравнению с аналогами) и тем самым будет способствовать снижению общей стоимости дозиметров и блоков регистрации в медицинской диагностике, досмотровых комплексах и пр.;

Кроме того, дополнительное снижение стоимости РТ-оборудования может быть связано **со снижением стоимости «сопутствующих» технологий**, в частности — цифровых технологий для визуализации (рентгеновский аппарат с цифровой системой визуализации стоит порядка 120 тыс. долл., в то время как аппарат, использующий традиционные пленочные технологии класса Polaroid, — от 15 до 25 тыс. долл.). Отдельным процессом, способным снизить стоимость РТ-оборудования, является тренд на удешевление микроэлектроники. Однако следует отметить, что порой промышленное технологическое «сопутствующее» оборудование (системы развертки пучков, конвейерные системы, различного рода системы мониторинга радиационных процессов) имеет стоимость, сопоставимую со стоимостью источника излучения, поэтому удешевление технологий его производства – важная составляющая снижения стоимости радиационно-технологической установки в целом.

**СНИЖЕНИЕ СТОИМОСТИ
РТ-ОБОРУДОВАНИЯ ОКАЖЕТ
СУЩЕСТВЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ
НА РЯД РЫНКОВ И СЕКТОРОВ,
СВЯЗАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ:**

Медицина. Во-первых, произойдет географическое расширение рынков, что делает РТ-оборудование доступным для развивающихся стран (в т.ч. для стран с полностью государственной медициной). Во-вторых, снижение стоимости и компактизация некоторых типов ускорительной техники (например, ускорителей протонов) позволит сделать более доступными соответствующее оборудование и услуги, что, в свою очередь, приведет к росту спроса на них;

Обработка пищевых продуктов. В условиях постоянного роста потоков экспорта пищевых продуктов (смещение центров потребления в страны Азии, в первую очередь – в Китай) и совершенствования стандартов качества на международном уровне, удешевление ускорительной техники, предназначенной для пастеризации/дезинсекции/дезинфекции, сделает использование РТ-обработки обязательным компонентом инфраструктур «пищевых хабов» (крупных перевалочных пунктов, в сфере ответственности которых находится в т.ч. контроль качества продукции, — агрохолдингов, портовых мощностей по перевозке зерна и др.)¹⁴;

Экологическая безопасность. Снижение стоимости и компактизация ускорительной техники делают возможным широкое применение

¹⁴ Уже сейчас радиационная обработка пищевых продуктов является конкурентоспособной по стоимости в сравнении с иными способами дезинфекции и продления сроков хранения (холодная дезинфекция, пастеризация и пр.): по данным Американского общества по ядерным технологиям (American Nuclear Society), стоимость низкодозной обработки 1 т. продуктов составляет от 10 до 15 долл., высокодозной – от 100 до 250 долл. В частности, при обработке фруктов стоимость облучения на 10-20% меньше, чем стоимость альтернативной технологии – высокотемпературной обработки паром.

Современные ускорительные технологии сделали еще один шаг вперед и открыли дополнительные возможности для их использования. Если в течение предыдущих десятилетий введены в оборот пучки частиц для терапии рака и сверхпроводящие магниты для томографии, то надежды на завтра связаны со сверхпроводящими линейными ускорителями. Они дают экономичный способ получения больших токов, энергий и мощностей. Перспективы отдачи этих технологий обществу представляются широчайшими - от производства медицинских изотопов и переработки радиоактивных отходов атомных электростанций до создания новой отрасли производства чистой энергии на глубоко подкритических ториевых реакторах, управляемых протонными пучками.

ние ускорителей в сфере обеспечения экологической безопасности (комплекс R&D, связанных с этими направлениями, уже завершен; существуют отдельные проекты, использующие РТ)¹⁵; высокая стоимость соответствующих РТ-установок, по сути дела, является единственным препятствием для массового их использования в переработке твердых бытовых отходов и медицинских отходов, очистке топочных газов, обработке воды (как питьевой, так и сточных вод);

Промышленная модификация резин и полимеров. По данным японских компаний, удешевление на 1% процесса радиационной обработки радиальных автомобильных шин с целью упрочнения и повышения пробега (рынок Японии — 2,5 миллиардов долларов, рынок США — более 5 миллиардов долларов) даст экономию свыше 50 миллионов долларов в год.

Перспективы снижения стоимости в сферах безопасности и иных видов промышленных применений РТ не столь значительны, как в перечисленных выше четырех секторах.

Важным фактором обеспечения доступности радиационного оборудования и технологий является проектирование системы льготного финансирования их разработки и приобретения (льготные банковские кредиты, отмена таможенных пошлин, лизинговые схемы покупки и ряд других мер финансово-правового характера, в том числе

¹⁵ В Японии функционируют пилотные мощности завода по переработке твердых бытовых отходов с использованием РТ-установки для обработки шин; действуют радиационные установки по очистке топочных газов (наиболее известный пример – установка на угольной электростанции Поможаны в Польше); в мире реализуется ряд исследований и разработок, связанных с радиационной очисткой воды (как питьевой, так и сточных вод).



*Владимир
Дмитриевич
Шильцев,
Директор Центра
ускорительной
физики
(Accelerator
Physics Center,
Fermilab) Чикаго,
США*

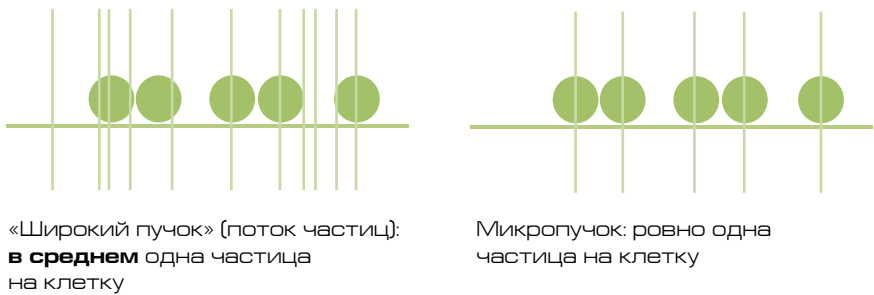
на базе новых международных соглашений), что позволит стабилизировать устоявшиеся рынки, открыть рынки развивающихся стран и глобализировать рынки радиационной техники и технологий.

2.2.2 ПОВЫШЕНИЕ КОРРЕКТНОСТИ И ТОЧНОСТИ ВСЕХ ТИПОВ ОПЕРАЦИЙ НА РТ-ОБОРУДОВАНИИ

Повышение корректности обслуживания и точности обеспечения необходимых параметров облучения при эксплуатации РТ-оборудования, использующего ионизирующее излучение, будет осуществляться в следующих направлениях:

Совершенствование технологий управления пучком для получения нужных его характеристик. Основным эффектом повышения точности прицеливания и конфигурации пучка станет возможность радикального снижения доз облучения и, одновременно, обеспечение работы с органическими и неорганическими материалами на клеточном и, в перспективе, молекулярном уровнях. Микро- и нанопучки получают распространение, прежде всего, в областях и отраслях, уже применяющих пучковые технологии, в том числе — в производстве новых материалов, медицине и других;

Рисунок 4 Характеристики традиционного пучка и микропучка частиц



Источник: SPIRIT (европейская инициатива «Support of Public and Industrial Research Using Ion Beam Technology»)

Совершенствование **технологий регистрации излучения** (детекторы, сенсоры). Задача обеспечения более высокого разрешения будет решена путем целого ряда усовершенствований, в том числе:

- Использование меньших по размеру детекторов,
- Использование новых материалов детекторов (в т.ч. соединений, содержащих редкоземельные элементы (LSO, GSO, LYSO), «многослойных» кристаллов, соединений CdTe/CdZnTe и др.) в качестве альтернативы традиционным кристаллам на германате висмута (BGO);
- Совмещение различных технологий в рамках одной системы (см. п. 2.1.2.). Рост прецизионности облучения будет обеспечен за счет дополнения и совмещения в одной системе различных методов исследования;

Совершенствование **«технологий наведения», или «мишенных технологий» (targeting)**, связанное, в первую очередь, с развитием биотехнологий и новых средств доставки (биоРФП, использующие в качестве средства доставки моноклональные антитела, пептиды и др.). Разработка и применение биохимических маркеров вместе с активным использованием точной ПЭТ-диагностики и визуализации, по сути, является технологической основой этой концепции.

ПОВЫШЕНИЕ КОРРЕКТНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РТ-ОБОРУДОВАНИЯ ПРИВЕДЕТ К ИЗМЕНЕНИЮ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕЛОГО РЯДА ПРОДУКТОВ И УСЛУГ, ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОТОРЫХ НЕОБХОДИМО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ:

В микроэлектронике и производстве новых материалов. Создание технологий, позволяющих обеспечить генерацию микро- и нанопучков частиц (в идеале – пучков шириной ровно в одну частицу), приведет к появлению и массовости нового поколения оборудования для модификации материалов. Так, точечное применение подобных установок уже имеет место: производства, связанные с наноматериалами, используют FIB-установки (fine-focus ion beam), позволяющие генерировать пучок шириной в несколько десятков нанометров. Основное направление использования подобного оборудования – ионная литография при производстве микроэлектроники; прототипирование и непосредственное конструирование наноструктур путем имплантации ионов в различные материалы; извлечение наноразмерных образцов материалов (для анализа);

В медицине (терапия). Основное направление, связанное с повышенной точностью доставки пучка частиц к месту воздействия, – лучевая терапия с модуляцией интенсивности излучения (IMRT

— Intensity modulated radiotherapy), позволяющая варьировать интенсивность пучка, размер и форму создаваемого дозового поля в зависимости от локализации, размера и формы опухоли; данная технология позволяет, с одной стороны, обеспечить равномерное облучение опухоли (или другой мишени), которая может иметь неправильную форму, а с другой – минимизировать дозовые нагрузки на окружающие опухоль ткани («селективность облучения»), при этом снижается риск последующих осложнений, в т.ч. онкологических. Яркими примерами систем, использующих комплекс современных достижений, являются TomoTherapy Hi-Art и Cyberknife CyberKnife VSI (компания Accuray) или RapidArc (компания Varian medical systems);

В сфере медицинской диагностики развитие новых поколений техники ориентировано на повышение чувствительности систем регистрации и улучшение качества распознавания образов, обеспечивающих более высокое пространственное разрешение изображения, снижение дозы облучения пациентов и повышение скорости проведения процедур. Так, комплексные системы ПЭТ/КТ, ПЭТ/MPT, ОФЭКТ/КТ позволяют одновременно визуализировать и анализировать функциональные и морфологические характеристики тканей и органов. Кроме того, существенное повышение чувствительности детекторов позволит в полной мере реализовать потенциал диагностики на клеточном/молекулярном уровне (molecular imaging);

В сфере безопасности улучшение разрешающей способности РТ-установок для обнаружения опасных веществ (безоболочечная взрывчатка, наркотические вещества, радиоактивные материалы) по пространству и по атомному номеру химических элементов, составляющих исследуемый объект, является крайне важным для дальнейшего развития систем обеспечения безопасности как таковых.

2.2.3 «КАЧЕСТВЕННОЕ» РАЗВИТИЕ РЫНКОВ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Снижение стоимости и повышение точности РТ-оборудования, вместе со сложными процессами комплексирования и конвергенции, приведет к качественной трансформации рынков радиационных технологий, в первую очередь – рынков зрелых. В то же время изменения, которые происходят в промышленности и в науке, создадут новые ниши и новые рынки под радиационные технологии:

С точки зрения развития зрелых рынков, на которых уже представлены радиационные технологии, **наиболее важным фактором является расширение зон применения РТ**. Основными направлениями расширения этих зон на уже существующих рынках будут являться следующие:

Расширение зон применения в медицине. Новое поколение оборудования для дистанционной лучевой терапии позволяет вести операции не только на ранее не операбельных опухолях головного мозга, но и на остальных органах тела.

ПОСТОЯННО РАСТЕТ
ЧАСТОТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
РТ В АЛЛЕРГОЛОГИИ,
ТРАВМАТОЛОГИИ,
ПЕДИАТРИИ, ИММУНОЛОГИИ,
ГЕПАТОЛОГИИ,
ПУЛЬМОНОЛОГИИ,
ГЕМАТОЛОГИИ,
ЭНДОКРИНОЛОГИИ

В последние годы ведется ряд научно-исследовательских программ и клинических испытаний по применению радионуклидной терапии для лечения ревматоидного артрита и других заболеваний суставов, болезней сердца, рака легких, толстой кишки, простаты, поджелудочной железы, менингита и СПИДа.

Расширение применения РТ в фармацевтике и биохимии. Merck, Glaxo, Pfizer, Bristol-Myers-Squibb, Genentech, Johnson&Johnson и целый ряд других фармкомпаний запустили собственные или совместные программы использования радиологической визуализации в процессе исследований и разработок лекарственных средств. **Точная визуализация применяется как в фармакокинетике — путем маркирования интересующих лекарственных молекул, — так и в фармакодинамике — за счет визуализации ключевых процессов (например, гликолиза, пролиферации и гипоксии).**

Расширение зон применения в процессах, связанных с модификацией поверхности материалов. Вместе с традиционным применением ионного легирования и травления в полупроводниковой промышленности, ионные технологии все более активно используются для повышения защитных и прочностных свойств изделий, применяемых в машиностроении. Использование ионов позволяет улучшить прочностные и трибологические свойства поверхностных слоев, повысить их коррозионную стойкость. Применение методов компьютерного моделирования для прогнозирования свойств получаемых покрытий позволит перейти к разработке технологий получения покрытий с запрограммированными свойствами.

РТ активно распространяются на новые зоны в традиционных областях применения, таких как **стерилизация, деcontаминация или обеззараживающая обработка продуктов питания и органических материалов**.

ПРИМЕНЯЕТСЯ
СТЕРИЛИЗАЦИЯ
СМЕШАННЫХ
(ОРГАНИКА-НЕОРГАНИКА)
ВЕЩЕСТВ — НАПРИМЕР,
СТЕРИЛИЗАЦИЯ
КОСМЕТИЧЕСКОЙ
ПРОДУКЦИИ, ДЕТСКИХ
ПОДГУЗНИКОВ И ПРОЧИХ
МАССОВЫХ ПРОДУКТОВ,
СТЕРИЛИЗАЦИЯ КРОВИ

Возможно использование РТ для получения новых свойств биоматериалов и отдельных организмов¹⁶, а также для улучшения вкусовых характеристик некоторых пищевых продуктов¹⁷;

Важным направлением расширения зон и сфер применения РТ является массовое внедрение **радиационных методик анализа** состава материалов (в производстве строительных¹⁸ и иных материалов, геологоразведке¹⁹ и пр.);

Текущие тренды развития многих отраслей промышленности и сфер знаний формируют **принципиально новые рынки** применения РТ, включающие в себя следующие наиболее важные направления:

¹⁶ Например, задержка роста сельскохозяйственных культур, повышение всхожести, использование мутаций для селекции более устойчивых к различным воздействиям видов или видов, дающих увеличение выхода при производстве биотоплива.

¹⁷ Практический пример применения РТ в пищевой промышленности – опыты китайских исследователей: экспериментируя с облучением продуктов, они выяснили, что при облучении молодое вино приобретает свойства выдержанного (обеспечивается «старение» вина).

¹⁸ Так, в производстве цемента нейтронный анализ позволяет оптимизировать соотношение смешиваемых продуктов перед обработкой и производит контроль химического единообразия получаемого продукта. Технология на быстрых нейтронах позволяет определять также и кислород, а значит, определяет влажность продукта без дополнительно встроенных анализаторов.

¹⁹ Геофизический ядерный картаж незаменим в горнодобывающей индустрии при разработке и эксплуатации угольных и минеральных шахт. Нейтронный анализ позволяет как разведать минеральные пласты, так и отслеживать их качество при добыче. Нейтронные анализаторы могут быть откалиброваны для анализа большого разнообразия полезных ископаемых.

Формирование новых ниш и подрынков в медицине, связанных с развитием концепции персонализированной медицины (взрывной рост сложной диагностики и биохимических исследований)²⁰, превентивной медицины (необходимость в генетическом анализе с помощью РТ-оборудования)²¹, наномедицины,

Активный рост количества исследований и разработок (а также их коммерциализация) в **сфере life science**. Ниши под использование РТ создаются благодаря: 1) росту спроса на биосовместимые материалы (одной из базовых технологий для производства биоматериалов является ионная имплантация)²² — в 2008 году объем рынка биосовместимых материалов составлял 25,6 миллиардов долларов, в 2015 году, согласно прогнозам, объем рынка достигнет 64,7 миллиардов долларов, 2) развитию биоинжиниринга (ионная имплантация уже используется в одном из основных направлений биоинжиниринга – генной инженерии²³).

Потребность в новых материалах и в материалах с заданными свойствами означает открытие «окна запросов» на оборудование, связанное с изменением свойств материалов, в первую очередь – оборудование, использующее радиационные технологии. Текущий процесс перехода к композитным материалам можно сопоставить с революцией в химической промышленности, произошедшей в начале 1960-х годов.

Одной из перспективных сфер применения РТ является **рынок экологических технологий** (переработка твердых бытовых отходов, медицинских отходов, очистка сточных вод и пр.). На данный момент спрос невелик и присутствие РТ на соответствующих рынках незначительно; в основном это происходит в силу высокой стоимости РТ-установок. Снижение стоимости установок сделает возможной быструю экспансию РТ в соответствующие сектора.

²⁰ Радиоизотопная визуализация является одним из наиболее эффективных способов отслеживания биохимических процессов в организме, фиксируя норму и патологию, а также механизмы, запускающие те или иные болезни.

²¹ Разработка и применение биохимических маркеров вместе с активным использованием точной ПЭТ-диагностики и визуализации, по сути, является технологической основой этой концепции.

²² Введение атомов примесей в поверхностный слой пластины или эпитаксиальной пленки путем бомбардировки ее поверхности пучком ионов; модификация материалов обеспечивает биосовместимость, износостойкость и так далее

²³ С начала 2000-х годов технология low energy ion beam активно распространяется в качестве исследовательского инструмента в биотехнологиях, основная функция которого – облучение микроорганизмов (или просто организмов) для инициирования мутационных процессов (mutation breeding) и переноса генов (gene transfer).

2012-2020: НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И НАПРАВЛЕНИЯ

Ожидается, что на четвертом этапе развитие получат две основные группы радиационных технологий: технологии, уже существующие на рынке (за счет расширения сфер применения, оптимизации стоимостных параметров, географического расширения рынков), и технологии, предполагаемые к коммерциализации (исследовательские технологии, технологии на стадии R&D).

Наша миссия – разработка революционных технологий и создание уникальных ускорителей для науки, энергетики, медицины, безопасности, экологии и индустрии. Технологическое применение ускорителей – ключ к решению важнейших задач развития человечества.



Национальная лаборатория им. Лоуренса в Беркли, отдел ускорителей и термоядерных исследований

2.3.1. КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ НОВЫХ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Первый блок перспективных технологических решений связан с масштабированием непосредственно технологий использования излучений — формирования и управления пучком. Перспективные с точки зрения коммерциализации исследования и разработки в сфере развития ускорительной техники ведутся в следующих направлениях:

Создание линейных ускорителей и циклотронов, использующих **сверхпроводящие высокочастотные резонаторы** для увеличения темпа ускорения частиц, которые способны обеспечить повышение эффективности и уменьшение размеров ускорительных систем. Основой для использования данной технологии является создание криогенных систем, способных обеспечить необходимую для функционирования сверхпроводника температуру;

Разработка новых концепций ускорительной техники, в первую очередь – **микроускорителей** (accelerator on a chip). Так, в настоящее время в США несколькими группами исследователей – в т.ч. в Корнуэльском Университете (Cornell University) (исследование спонсируется DARPA), Национальной лаборатории ускорителей Стэнфордского университета (SLAC), Университете Калифорнии (University of California) и др. – ведутся разработки, связанные с миниатюризацией ускорителей заряженных частиц. Исследователи предлагают различные конфигурации микроускорителей: системы «лазер – пучок электронов – отражающие кристаллы» («laser – electron beam – photonic crystal» – ускорение электронов происходит за счет формирования мощных электромагнитных полей в мишени под воздействием коротких (фемтосекундных) лазерных импульсов), использование технологии silicon-on-insulator (SOI – кремний на изоляторе) и др.;

Важным направлением разработок является **создание систем, использующих лазеры для ускорения частиц** (laser-driven accelerator systems);

Актуальным остается направление по работе с **жесткостью фокусировки циклотронов**. Несколько лабораторий в США разрабатывают циклотрон фиксированного поля с жесткой фокусировкой (FFAG).

АКТИВНО РАЗРАБАТЫВАЮТСЯ НОВЫЕ ПОКОЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ (БОЛЕЕ КОМПАКТНЫЕ, ДЕШЕВЫЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ) ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЙ, ПРИМЕНЕНИЕ КОТОРЫХ ПОКА ВЕЛОСЬ В ОСНОВНОМ В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЦЕЛЯХ И НЕ РАЗВИВАЛОСЬ В КОММЕРЧЕСКОЙ ЛОГИКЕ – НЕЙТРОННОГО, ПРОТОННОГО, СИНХРОТРОННОГО:

Коммерческие прототипы компактных высококачественных **генераторов нейтронов** для нейтронной и нейтрон-захватной терапии

и систем обнаружения взрывчатых веществ уже созданы²⁴, широкое их распространение в соответствующих сферах может начаться к 2015-2016 годам;

Ведутся работы по созданию более компактных и дешевых **источников протонного излучения**. Ученые и инженеры компании Compact Particle Acceleration Corporation (CPAC), находящейся в Ливерморе, Калифорния, занимаются разработкой ускорителя частиц, длина которого – всего 4 м, а стоимость его не будет превышать 30 миллионов долларов. Опытный образец ускорителя CPAC для ускорения частиц использует электромагнитное поле и не требует громоздкого дополнительного оборудования. Уменьшение потерь протонов в процессе ускорения и их локализация снижает требования к биологической защите;

Источники синхротронного излучения являются уникальными и крайне удобными исследовательскими инструментами, предоставляющими возможность использования широкого спектра излучения (от вакуумного ультрафиолетового до жесткого рентгеновского). Синхротронное излучение используется для исследований и разработок в целом ряде отраслей, в т.ч. – в фармацевтике, биотехнологиях, материаловедении и пр. Громоздкость (диаметр кольца – до сотен метров) и дороговизна (от 20 миллионов долларов), а также крайне высокие энергии (сотни МэВ и выше), делают невозможным массовое применение синхротронов в медицине или промышленности в среднесрочной перспективе. Тем не менее, создание компактных источников синхротронного излучения и широкое их применение в медицине и промышленности возможны в долгосрочной – после 2025 года – перспективе (нанотехнологии, композиты, использование лазерных технологий для обеспечения ускорения заряженных частиц).

2.3.2. РАЗВИТИЕ «РЫНОЧНЫХ» РТ: ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Развитие самих технологий управления излучением, а также внедрение оптимизирующих инноваций (как чисто технологических, так и производственных), трансфер инноваций из смежных сфер и существенный потенциал по улучшению ряда характеристик открывает большие возможности масштабирования в среднесрочной перспективе целого пула перспективных направлений радиационных технологий:

²⁴ Работы ведутся, в т.ч., в ВНИИА им. Н. Л. Духова, ФЭИ (Обнинск) и ИЯФ им. Будкера СО РАН (Новосибирск). Компактные генераторы нейтронов уже применяются при каротаже.

В МЕДИЦИНЕ ШИРОКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ МОГУТ ПОЛУЧИТЬ:

Интервенционная радиология и кардиология²⁵. По оценке Frost & Sullivan, европейский рынок интервенционной радиологии (в том числе сосудистых и неврологических операций) в 2010 году достиг 232,2 миллионов долларов. К 2014 году он приблизится к 300 млн. За этот же период европейский рынок интервенционной кардиологии вырастет с 284,3 миллионов долларов примерно до 404 млн – в первую очередь, за счет старения населения и роста спроса на менее дорогие амбулаторные процедуры.

Новое поколение РФП (биоРФП) для терапии и диагностики. На рынок уже выведены три диагностических биоРФП (Zevalin, Bexxar и ProstaScint), ведутся клинические испытания еще нескольких.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ, В ТОМ ЧИСЛЕ:

Совмещение облучения с диагностикой в режиме реального времени (Image-guided radiation therapy). КТ, МРТ или ПЭТ в этом случае проводится прямо в процессе лучевой терапии, что позволяет контролировать положение опухоли в тот или иной момент и, соответственно, обеспечивает высокую точность облучения мишени в каждой процедуре,

Лучевая терапия с модулированной интенсивностью (IMRT Intensity modulated radiotherapy), обеспечиваемая установками класса TomoTherapy Hi-Art и Cyberknife CyberKnife VSI (компания Accuray) или RapidArc (компания Varian medical systems),

Протонная терапия с применением компактных ускорителей,

Ионная терапия, в т.ч. углеродная. Физические особенности торможения ионов в веществе позволяют обеспечить большое значение отношения дозы в зоне опухоли (мишени) к дозе в тканях, находящихся «на пути» ионного пучка к мишени (оно достигает трех даже в случае формирования распределенного Брэгговского пика для лечения протяженных новообразований). Кроме того, рассеяние ионного пучка слабее, чем протонного. Отдельным важным свойством ионной терапии является фактор скорости: клинические исследования показывают, что при использовании данной технологии требуется гораздо меньшее количество процедур по сравнению с традиционными методами лечения, длительность лечения непродолжительна (появляется возможность амбулаторного лечения),

²⁵ Оценка рынка радиологических технологий в кардиологии: Nuclear Cardiology Markets. Publication date: May 2011 (<http://www.reportlinker.com/p060839-summary/Nuclear-Cardiology-Markets.html>).

Нейтронная и нейтрон-захватная терапия. Основным преимуществом нейтронной и нейтрон-захватной терапии является возможность избирательного поражения опухолей, а также возможность терапии неоперабельных опухолей (глиобластома мозга)²⁶. Основным направлением развития РТ-оборудования для нейтрон-захватной и нейтронной терапии является создание компактных нейтронных источников, в т.ч. ускорительного типа ²⁷. Кроме того, в последние десять лет в фармацевтике активно внедряются новые средства доставки (mAB, пептиды, caged delivery), что делает возможным создание «адресных» фармпрепаратов на основе бора-10 и, соответственно, дальнейшее распространение нейтронной и нейтрон-захватной терапии;

**РТ В СРЕДНЕСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ
БУДУТ АКТИВНО ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ
В ИНДУСТРИИ СОЗДАНИЯ НОВЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

К числу наиболее востребованных типов обработки материалов относятся **ионная имплантация** (полимеризация; отверждение; создание сложных композиционных материалов, конструируемых на наноуровне) **и гамма-облучение** (в основном используется для полимеризации, в том числе — при создании композитных материалов ²⁸, а также для сшивки полимеров). Если принять во внимание динамику рынка композиционных материалов (в 2010 году объем мирового рынка составил 17,7 миллиардов долларов, темпы роста — 10,3% в год), то можно ожидать соответствующего роста востребованности РТ в этой сфере.

Дополнительным стимулом, который может обеспечить запрос на РТ в производстве новых материалов, является создание **цифровых симуляционных моделей** процессов, связанных с РТ (в частности, с ионной имплантацией и нейтронным анализом), а также формирование соответствующей базы знаний ²⁹. Цифровое моделирование процессов производства новых материалов позволит обеспечить интеграцию ионной имплантации и иных востребованных РТ в промышленные комплексы, связанные с производством новых материалов;

²⁶ Основным ограничением в развитии данного метода до недавнего времени являлись отсутствие компактных ускорителей нейтронов (облучение проводилось на каналах исследовательских реакторов) и нехватка фармацевтических препаратов, позволяющих эффективно осуществлять доставку бора-10 к опухоли (для нейтрон-захватной терапии). В начале 1990-х годов, на волне развития борсодержащих фармпрепаратов и после успешных результатов, полученных при терапии глиобластомы мозга японским нейрохирургом Хатанака Хироши, в США и ряде стран Западной Европы были возобновлены клинические испытания метода нейтрон-захватной терапии.

²⁷ В настоящее время нейтронная терапия с помощью нейтронных генераторов ускорительного типа осуществляется всего в двадцати пяти – тридцати медицинских центрах в мире (т.е. по распространенности нейтронная терапия уступает протонной, испытывая равно те же проблемы, в первую очередь – проблемы громоздкости и высокой стоимости оборудования).

²⁸ В частности, в 1990-начале 2000-х годов был осуществлен ряд разработок, связанных с использованием гамма-излучения для создания композитных материалов на основе углеродного волокна.

²⁹ Подобные работы ведутся, в т.ч., центром Фраунхофер (Fraunhofer Institute).

Применение РТ в области пищевой промышленности, сельского хозяйства и стерилизации не требует большого объема новых технологических решений.

Развитие будет двигаться в сторону удешевления и технологизации создания установок.

Перспективные продукты для этого рынка:

Модульная масштабируемая установка невысокой мощности (типовые решения модифицируются под задачи заказчика, в т.ч. с их изменением). Несколько компаний одновременно выпустили на рынок компактные промышленные излучатели на Co-60 для пакетной обработки, встраиваемые в производственные линии: BREVION™(MDS Nordion), MICROCELL™and MINICELL™(SteriGenics), BP1 PALLET IRRADIATOR™(Picowave Technology). Разработку системы облучения на многоцелевом постоянно работающем компактном гамма-излучателе ведет бразильский Центр радиационных технологий Института IPEN. В то же время, МАГАТЭ рекомендует переходить от использования кобальтовых пушек к электронным ускорителям, как с точки зрения режима нераспространения, так и по соображениям гибкости управления излучением (кобальтовый излучатель невозможно «выключить», можно лишь перекрыть излучение «стенкой»),

Многофункциональная установка переменной мощности (для обработки различных типов продуктов питания);

Мобильная модульная установка (например, для обработки рыбы на судах в море, клубники на поле и и тому подобное);

Перспективные РТ в сфере безопасности включают в себя:

В первую очередь, распространение технологий, использующих террагерцовое излучение при досмотре людей и технологии нейтронного анализа при проверке багажа и крупногабаритных грузов. В отличие от традиционных рентгеновских установок, **нейтронные детекторы дают возможность высокоточного определения состава веществ**, в том числе — скрытых в багаже (нейтроны взаимодействуют с веществом, разрушают небольшое количество ядер атомов (отрывая нейтрон или протон) исследуемого вещества, что приводит к возникновению новых, в том числе «радиоактивных», ядер, по гамма-спектру излучения которых можно определять состав субстанции). Нейтронные технологии (в комплексе с традиционным рентгеном) существенно повысят уровень обнаружения безоболочных взрывчатых веществ и наркотических веществ, снизят количество ложных тревог досмотровых комплексов.

Наконец, в сфере экологической безопасности к наиболее перспективным областям применения ускорительной техники относятся переработка твердых бытовых отходов и медицинских отходов, рециклинг, очистка сточных вод промышленных предприятий, обработка питьевой воды, очистка топочных газов (смотрите раздел 4.6.).

пример из практики

КОМПЕТЕНЦИИ РОССИИ — ПРОМЫШЛЕННЫЕ УСКОРИТЕЛИ

НОВОСИБИРСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
ИМЕНИ БУДКЕРА СО РАН

Одним из ключевых носителей компетенций в области промышленной и стерилизационной ускорительной техники в России является Новосибирский институт ядерной физики им. Будкера СО РАН (ИЯФ). С использованием результатов фундаментальных исследований в институте были разработаны разные типы мощных и компактных электронных ускорителей, которые находят широкое применение в технологических цепочках различных индустрий. В настоящее время на производстве в ИЯФ занято порядка двух тысяч человек.

В ИЯФ производятся два семейства промышленных ускорителей: ИЛУ и ЭЛВ, использующиеся в разных отраслях экономики (радиационная обработка полиэтиленовой изоляции кабелей с целью повышения ее тепловой прочности, радиационная модификация полимерных теплоусадочных трубок, радиационная дезинсекция зерна, обработка сточных вод и так далее). Ускорители создаются с использованием унифицированных систем и узлов, что позволяет с минимальными затратами адаптировать их к конкретным требованиям технологического процесса, таким как диапазон энергий, мощность пучка ускоренных электронов, длина выпускного окна и т.п. Конструктивные и схемные решения предусматривают непрерывную круглосуточную работу ускорителей в условиях промышленного производства. Разработанные и произведенные в ИЯФ ускорители успешно используются во многих странах мира.

В 2011 году ученые и инженеры института представили новый уникальный импульсно-линейный ускоритель ИЛУ-14 (до 100 кВт). Рабочая частота ускорителя – 176 МГц, полный КПД – 26%. Ускоритель имеет модульную структуру, что позволяет путем изменения модульной комплектации менять в определенных пределах энергию электронов и мощность в пучке. Установка была изготовлена по заказу Федерального медицинского биофизического центра им. А. И. Бурназяна. Одна установка за час может стерилизовать 10 т. медицинских отходов. В планах ИЯФ – поставить аналогичные установки во все крупнейшие медицинские центры страны. Рассчитано, прежде всего, на российский рынок, но при этом не исключена поставка за рубеж.



пример из практики

КОМПЕТЕНЦИИ РОССИИ

ОАО НТЦ «РАТЭК»



ОАО «НТЦ РАТЭК» разрабатывает хайтек-установки, предназначенные для обнаружения взрывчатых, радиоактивных и делящихся веществ, принцип действия которых основан на нейтронном анализе подозрительных предметов.

Сейчас для поиска взрывчатки аэропортовые службы безопасности обычно используют рентгено-телевизионные устройства. Работа таких детекторов основана на сопоставлении плотности обследуемых веществ. Но такой досмотр требует высокой квалификации персонала, кроме того, система часто дает ложные сигналы. Принцип действия детекторов нейтронного анализа принципиально иной.

В новых моделях «РАТЭК» использует целеуказание на подозрительную область. Это означает, что ручная кладь сначала проходит традиционную рентгеновскую проверку и при обнаружении в ней подозрительных областей при проверке на нейтронной установке облучаются только эти области, а не багаж целиком. Такой способ позволяет уменьшить количество ложных тревог от азота, который находится в других частях багажа (обычные куски мыла), и за 10–15 секунд принимать решение о наличии взрывчатых веществ (в т.ч. жидких) в багаже пассажира.

03

ОРГАНИЗАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ: СТРАТЕГИИ НОВОГО ЭТАПА

«Ядерная медицина — это один из самых точных инновационных и быстро развивающихся секторов мировой экономики, и она может стать драйвером инновационного развития и для российской экономики в целом»

С.В. Кириенко, генеральный директор ГК «Росатом»

3.1

ЭВОЛЮЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЦЕНТРОВ

Процесс конвергенции различных технологий и областей знания с организационной точки зрения наиболее четко отражается в эволюции форматов и содержания деятельности исследовательских и научных центров. Узкая специализация (материалы, ядерная физика и пр.) в настоящее время постепенно утрачивает актуальность.

ОСНОВНОЙ ТРЕНД
В ИССЛЕДОВАНИЯХ —
ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕЖ-
ДИСЦИПЛИНАРНОСТИ
ЗА СЧЕТ ЛОКАЛИЗАЦИИ
НА ОДНОЙ ПЛОЩАДКЕ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
ГРУПП, ЗАНИМАЮЩИХСЯ
РАЗНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ

Данная тенденция характерна, в том числе, для передовых центров развития неэнергетических радиационных технологий: основной акцент исследований в РТ существенно сместился от собственно радиационных технологий (пучковые технологии) к характеру воздействия ионизирующего излучения на органическую и неорганическую материю, а также к комбинированию различных типов излучений.

3.2

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
КОНСОРЦИУМЫ

Зачастую технологические изменения в промышленности и новые исследовательские инфраструктуры столь масштабны, а конкуренция столь сильна, что **справиться с задачами могут только кооперационные субъекты класса крупных исследовательских консорциумов**. Отдельным преимуществом исследовательских альянсов является почти полное отсутствие барьеров для трансфера технологий (наличие у предприятий-участников парка оборудования, совместные кадровые программы и оперативная дислокация специалистов, возможность работы с регулятивными барьерами, возможность консолидации денежных ресурсов).

Компании, обладающие компетенциями в РТ, являются участниками международных исследовательских консорциумов, которые связаны с различными сферами применения РТ (по большей части — с медициной).

Таблица 2 Исследовательские консорциумы, связанные с РТ

Название	Специализация	Участники
International Radiotherapy Technologies and Oncology Consortium (IRTOC)	Исследования новых радиационных технологий с точки зрения применения их для онкотерапии	28 исследовательских центров и вузов (Китай, Индия, Бразилия, США, Великобритания, Чехия, Турция, Тайвань, Корея)
Проектные консорциумы NSF, NIH, FDA, NIST	Разработка медицинских аппаратов и систем	
ICGC (International Cancer Genome Consortium)	Создание полной базы данных о генетических и иных характеристиках 50 видов рака	Порядка 40 исследовательских центров, институтов, организаций (США, Канада, Саудовская Аравия, Финляндия, Китай, Индия, Германия, Италия, Япония, Испания, Мексика, Великобритания и др.)
MRI Consortium: Acquisition of a Single-Crystal X-ray Diffractometer for a Regional PUI Molecular Structure Facility	Рентгеновская кристаллография	Карлтон-Колледж, Университет Миннесоты, Университет Сент-Джонс и др. (США)

Источник: Центр стратегических разработок «Северо-Запад» по данным открытых источников

примеры из практики

СОТРУДНИЧЕСТВО
VARIAN И SIEMENS

В октябре 2011 года Varian и Siemens объявили, что планируют совместно разрабатывать диагностическое и терапевтическое оборудование и методики онкотерапии. По словам руководителей, у Varian и Siemens общие принципы корпоративной культуры и философии, а также ориентация на медицинские учреждения и их пациентов. Компании планируют в будущем начать совместные исследования и разработки. Главным приоритетом будет обеспечение конвергенции ключевых технологий компаний: диагностического оборудования и линейных ускорителей (Siemens) и информационной системы планирования лечения ARIA (Varian). По сообщениям представителей компаний, одним из основных направлений работы станет интеграция систем терапии и визуализации.

ПАРТНЕРСТВО VARIAN-IMRIS,
СОГЛАШЕНИЕ О СОВМЕСТНОЙ
РАЗРАБОТКЕ MR-GUIDED
RADIATION THERAPY SYSTEM

Компании Varian и IMRIS заключили соглашение о совместной разработке инновационных систем лучевой терапии для лечения различных видов рака. По условиям соглашения, обе компании будут разрабатывать решение, которое сочетает в себе магнитно-резонансные технологии IMRIS в области визуализации с недавно представленной технологией TrueBeam от Varian, с целью обеспечить возможность использования магнитно-резонансной томографии (MRT) во время лучевой терапии для идентификации опухоли. Созданная в апреле 2010 года система TrueBeam Varian обеспечивает высокую скорость и точность для лучевой терапии и радиохирургии и имеет возможность доставки дозы облучения до полутора раз быстрее по сравнению с более ранними системами. Благодаря использованию фирменной технологии IMRIS и интеграции MRT с системой TrueBeam, обе компании рассчитывают повысить эффективность лучевой терапии.

Специфические консорциумы широкого профиля, связанные исключительно с радиационными технологиями и их совершенствованием, в настоящее время не сформированы. Однако крупнейшие компании-носители компетенций в области РТ начали заключать соглашения о стратегическом партнерстве с целью осуществления совместных исследований и разработок.

ОТДЕЛЬНЫМ СПЕЦИФИЧЕСКИМ СПОСОБОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАУЧНОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЛИДЕРСТВА НА ЧЕТВЕРТОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ РТ СТАНУТ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ КЛАСТЕРЫ

Ключевые для РТ сферы применения развиваются именно в кластерной логике; компании, связанные с инновациями в РТ, зачастую локализованы в подобных кластерах. Кроме того, существует ряд крупных исследовательских центров в РТ, вокруг которых сформировались кластеры.

3.3

ИНТЕГРАЦИЯ И КООПЕРАЦИЯ: СЛИЯНИЯ, ПОГЛОЩЕНИЯ, ПАРТНЕРСТВА

3.3.1. РОЛЬ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ИНВЕСТИТОРОВ

Еще на предыдущем этапе развития РТ проявилась роль стратегических игроков как интеграторов и консолидаторов технологических решений¹. Кроме того, существенно возросла активность венчурных фондов, вкладывающихся в развитие конкретных продуктов с последующей продажей их стратегическим инвесторам. Новый виток развития, связанный, прежде всего, с технологическими проры-

¹ В качестве примера можно привести компанию Elekta AB (оборот 1,4 миллиарда долларов), проводившую агрессивную стратегию слияний и поглощений в 2000-х гг. на рынках производства оборудования, «обеспечивающих» программные продукты и брехитерапию.

вами в области миниатюризации решений, а также с конвергенцией со смежными областями ИКТ и биотехнологий, делает положение сегодняшних лидеров неустойчивым – из-за возможности прихода на ранее «закрытый» рынок стратегических игроков из смежных областей.

Ядерная медицина - это один из самых точных инновационных и быстро развивающихся секторов мировой экономики, и она может стать драйвером инновационного развития и для российской экономики в целом

В текущих условиях развертывания нового этапа развития РТ крайне важной стала роль стратегических игроков, определяющих основные бизнес-модели поведения; сформировался круг профессиональных финансовых инвесторов, готовых делать соответствующие ставки на технологические разработки. Среди успешных инвестиций в РТ следует назвать вложение 2010 года Riverside Partners в IZI Medical Products с последующей продажей компании Landauer в 2011 году; финансирование MBO Core Oncology фондом Compass Capital в 2007 году с последующей продажей части бизнеса компании Theragenics в 2012 году; вложение Summit Partners в IMPAC Medical Systems в 1996 году с последующей продажей компании Elekta AB в 2005.

В связи с этим можно ожидать формирования следующих тенденций, важных для дальнейшего развития РТ:

УВЕЛИЧЕНИЕ ОБЪЕМОВ ВЛОЖЕНИЙ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ИНВЕСТИТОРОВ В НОВЫЕ РЕШЕНИЯ

Включая решения, коммерциализируемые малыми компаниями, вышедшими из научных центров (основной источник фундаментальных знаний о природе излучений и характере их воздействия на материю);

Рост спроса на разработки на базе радиационных технологий со стороны ключевых игроков смежных отраслей (РТ, либо открывающие новые технологические возможности, либо дополняющие их устоявшиеся бизнес-модели, либо открывающие новые возможности для коренного переформатирования существующих рынков);

Активизация венчурного капитала по отношению к разработкам в сфере радиационных технологий, являющихся либо единственным



С.В. Кириенко,
генеральный
директор ГК
«Росатом»

возможным технологическим решением, либо единственной возможной альтернативой для решения ряда задач.

3.3.2. РОЛЬ КОМПАНИЙ — НОСИТЕЛЕЙ КЛЮЧЕВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Для того чтобы обеспечить технологическое развитие РТ за счет конвергенции, на следующем шаге потребуется кооперация и/или интеграция компаний-носителей компетенций в РТ с игроками нового типа, обладающими компетенциями в прорывных областях:

Компании из сферы life science (обеспечение жизни), в первую очередь — биотехнологические компании, которые являются носителями технологий и компетенций в области биоинжиниринга и целого ряда более общих процессов, связанных со свойствами органической материи. Наиболее актуально взаимодействие с биотехнологическими компаниями по линии создания новых радио-

фармпрепаратов на основе биотехнологических средств доставки (моноклональные антитела, пептиды и пр.);

Компании из сферы информационных технологий, которые могут обеспечить визуализацию и управление системами. Несмотря на то, что многие крупные компании-производители оборудования имеют в своей структуре большие ИТ-подразделения, предлагающие на рынке собственные платформы визуализации и управления, перенесение прорывных ИТ-решений в сферу применения РТ происходит за счет сотрудничества с компаниями, которые специализируются именно на ПО и программно-аппаратных комплексах для медицины. В плане дальнейшего развития ПО и ИТ для радиационных технологий принципиальными являются следующие требования:

- Возможность интеграции продуктов и услуг между основными платформами. Кроссплатформенные системы тегов, форматов, инструментов,
- 3D, 4D системы визуализации и представления данных. Автоматизация обработки данных,
- Высокая интерактивность. Внимание к требованиям не производственного процесса, а конечного пользователя,
- Доступ через интернет, гибкая система установки и обслуживания радиационных установок и технологий,
- Возможность удаленной работы, вывода данных на устройства конечного потребителя,
- Использование cloud-систем, виртуальных рабочих пространств,
- Ориентация комплексной системы поддержки пользователей на эффективность их бизнес-процессов (поставщики услуг ИКТ превращаются де-факто в деловых партнеров);

Инжиниринговые компании. Задачи интеграции – постановка компетенций и апробирование новых технологий: инжиниринг под заказ, встраивание технологической цепочки, конструирование материалов под заказ, симуляционное моделирование РТ-процессов. Кроме того, именно инжиниринговые компании имеют возможность осуществлять трансфер технологий и компетенций из разных сфер науки и деятельности. Например, базовые компетенции в создании композиционных материалов с высокой отражательной способностью для формирования микро- и нанотрубок позволили запустить серию разработок, связанных с миниатюризацией ускорителей заряженных частиц. Разработки Cornell University проводятся в тесном сотрудничестве с SonicMEMS Laboratory – подразделением университета, занимающимся проблематикой микроэлектромеханических систем (в т.ч. материалами и микроисточниками питания).

пример из практики

ATLANPOLE BIOTHERAPIES

Atlanpole Biotherapies – кластер, специализирующийся на иммунобиотерапии, радиофармпрепаратах, регенеративной медицине и инновационных технологиях в биотерапии. Кластер базируется в Нанте (Франция); в него входят семьдесят компаний, три университета, сорок девять исследовательских лабораторий, два медицинских центра, Институт раковых заболеваний, Международная школа менеджмента Audencia, пять научно-исследовательских институтов, проводящих фундаментальные исследования в области трансплантологии, онкологии, кардиологии и других областях.

Международные партнеры кластера Atlanpole Biotherapies:

- SCIENCE PARK RAF Spa: Milan, Italy
- Parc Scientific Of Barcelona: Barcelona, Spain
- Leiden Bio Science Park - Life Meetsscience: Leiden, The Netherlands
- Centre For Advanced Studies - Cardiff University : Cardiff, Wales, UK
- BIOWIN: Gosselies, Wallonia, Belgium
- MEDCOAST Scandinavia: Göteborg, Sweden
- Business Region Goteborg: Göteborg, Sweden
- Technologiepark Heidelberg GMBH: Heidelberg, Germany

ВАЖНЕЙШЕЙ ФОРМОЙ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАУЧНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ЛИДЕРСТВА
НА ЧЕТВЕРТОМ ЭТАПЕ
РАЗВИТИЯ РТ СТАНУТ
СЛИЯНИЯ И ПОГЛОЩЕНИЯ,
ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ ЭТАПА
КОНСОЛИДАЦИИ РЫНКОВ

Рынок РТ является зрелым и консолидированным; на стадии активной консолидации находятся новые высокотехнологичные отрасли — источники инновационного роста: биотехнологии, ИКТ, новые материалы.

КОМПАНИИ, ЯВЛЯЮЩИЕСЯ КРУПНЫМИ
ИГРОКАМИ НА РЫНКАХ ПРИМЕНЕНИЯ
РТ, АКТИВНО ПОГЛОЩАЮТ МАЛЫЕ
И СРЕДНИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ
КОМПАНИИ:

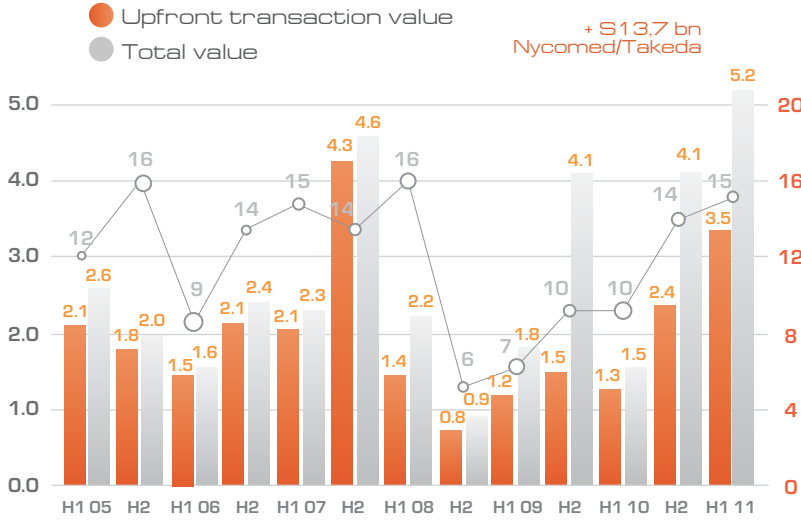
Siemens давно работает как в области биотехнологий и биофармацевтики (соглашение 2004 года и СП с SEQUENOM Inc.; соглашение 2007 года с IDL Biotech AB), так и в области ИТ для биотехнологий (покупка в 2009 году Elan Software Systems SA);

Philips вкладывается в компании в области биофармацевтики (в 2010 году — создание СП с RXi Pharmaceuticals Corporation, а кроме того — соглашение с Biocartis);

General Electric также скупает инновационные компании (в 2009 году соглашение, лицензионное и технологическое сотрудничество с Geron Corporation; в 2012 заключает соглашение о совместных проектах R&D и технологическом сотрудничестве с Dyax и Refine Technology, покупает Xcellerex).

Наиболее явно поглощение новых компетенций происходит в секторе биотехнологий — в связи с изменением технологических основ: переход к биотехнологиям, геномике, молекулярной медицине (вызванный, в т.ч., истечением срока действия патентов). Исследователи фиксируют очередной пик слияний и поглощений, первый с 2006 года.

Рисунок 5 Динамика слияний и поглощений (фармацевтика и биотехнологии)



Источник: HBM Partners, Biotech/Pharma M&A report 2011

3.4

ГОСПРОГРАММЫ
ПОДДЕРЖКИ
РАДИАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

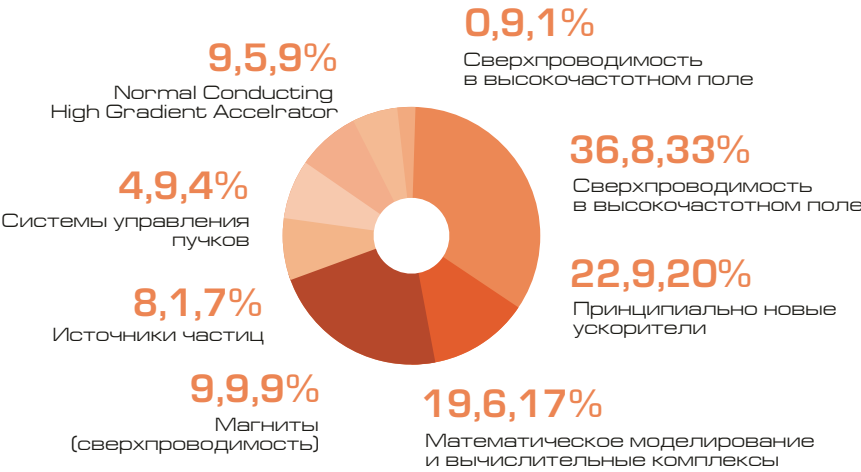
Рост внимания к неэнергетическим применениям радиационных технологий отмечен, в первую очередь, новым поколением государственных программ и инициатив, связанных с развитием РТ.

Так, в США комитет по науке Департамента энергетики (DOE) сопровождает научно-исследовательские проекты в области ускорительной техники с целью максимально эффективного использования уникальных компетенций и опытных установок различных лабораторий и университетов. В этих проектах задействовано семь крупнейших лабораторий и двадцать университетов и институтов. Программы, в первую очередь, поддерживают исследования, направленные на достижение и поддержание мирового лидерства в области радиационных технологий и специального ускорительного оборудования.

До 1 июня 2012 года комитет по науке DOE должен принять десятилетний стратегический план исследований в области ускорительных технологий. Этот план также предполагает расширение применения ускорителей в различных областях энергетики, медицины, промышленности и так далее.

В его основе лежат результаты, полученные в ходе создания доклада «Ускорители для будущего Америки» («Accelerators for American Future»), главной задачей которого было выявление основных направлений развития ускорительной техники и обозначение основных целей исследований в этой области

Рисунок 6 Структура государственного финансирования R&D в области ускорительной техники в США (млн. долл.)



Источник: Департамент энергетики США (2011)

В России в 2011 году утверждена Карта развития ядерной медицины, разработанная Комиссией по модернизации и технологическому развитию при Президенте РФ. Одной из важнейших составляющих Карты является развитие новых радиационных технологий для диагностики и терапии. В рамках реализации Карты с 2013 года ежегодный объем государственных инвестиций в этот сектор увеличится более чем в 3 раза, а общий ее размер превысит 100 миллиардов рублей.

пример из практики

ГК «РОСАТОМ» – СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ИНВЕСТИОР В НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В России госкорпорацией «Росатом» создана долгосрочная программа «Радиационные технологии». Основной целью реализации программы является достижение глобального технологического лидерства национальной атомной промышленности, содействие увеличению валовой прибыли и капитализации организаций «Росатом», завоевание устойчивой рыночной позиции путем расширения присутствия на внутреннем и внешнем рынках по направлениям: ядерная медицина, изотопная продукция, сельское хозяйство, экология, переработка твердых бытовых отходов, водоподготовка, досмотровые системы и изменение свойств материалов.

Основные задачи программы:

Консолидация, поддержка и развитие направлений науки, технологий, промышленности, конкурентных услуг и содействие развитию видов коммерческой деятельности (бизнес-направлений) по профилю деятельности «Росатома»;

Инициирование проектов по созданию совместных высокотехнологичных производств в форме частно-государственного партнерства и оказанию услуг по направлениям деятельности программы; участие в разработке новых видов продукции и услуг, доведение их до промышленного производства;

Содействие увеличению объемов производства организациями Госкорпорации выпускаемой и востребованной продукции, а также услуг в сфере радиационных технологий, увеличение экспортных операций, насыщение соответствующих рынков;

Участие в формировании образовательных кластеров во взаимодействии с ведущими научными, педагогическими и академическими учреждениями по вопросам междисциплинарного обучения;

Участие в подготовке инфраструктуры для создания продуктов интеллектуальной собственности: технопарков, производственных кластеров, инжиниринговых компаний, научных центров и так далее

пример из практики

РАЗВИТИЕ PARIS SACLAY

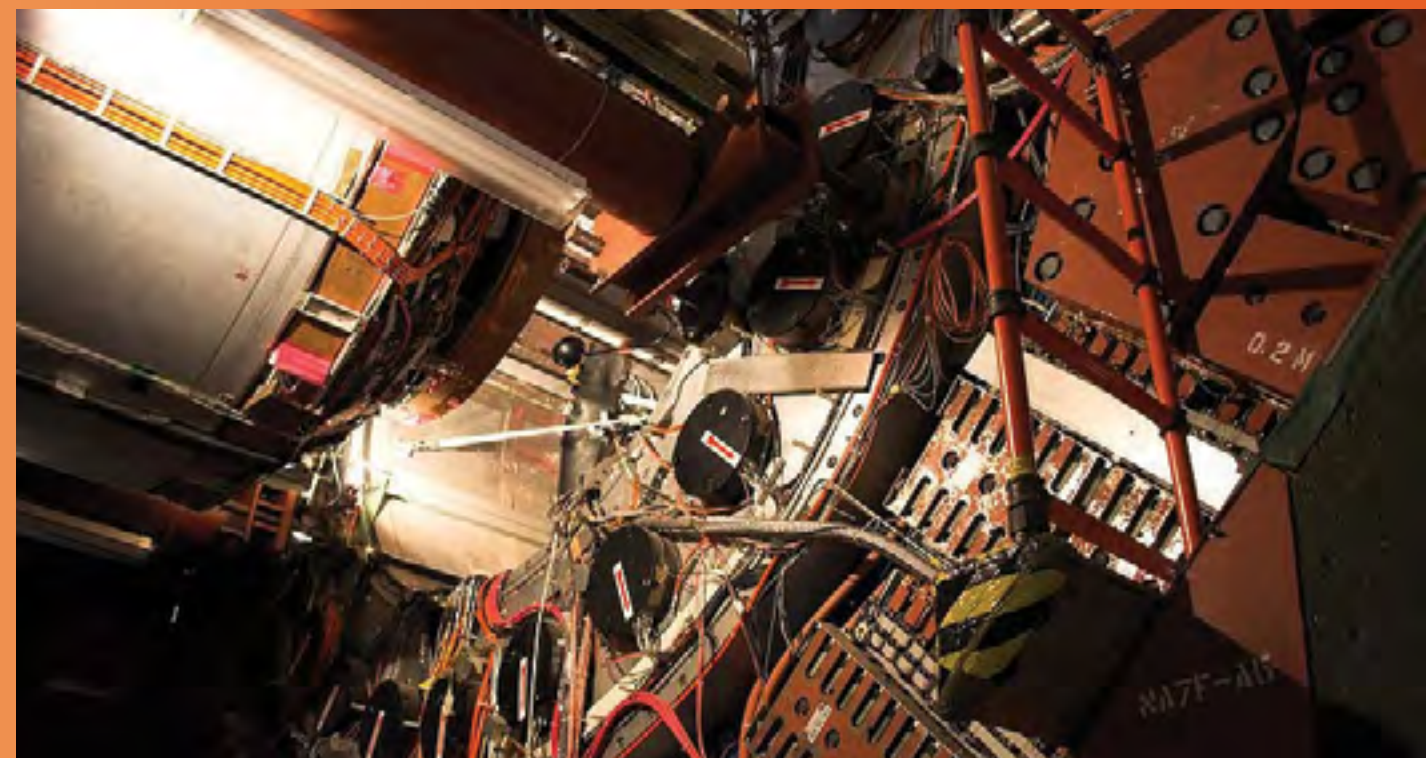
В 2008 году двадцать три исследовательских организации (два университета, шесть исследовательских институтов и десять инженерных Grandes Ecoles («Ivy League»), два кластера, связанных с образованием и R&D, и др.) приняли решение о создании совместного кампуса в Сакле (Saclay). После завершения проекта в Сакле будут сконцентрированы значительные научные, образовательные, исследовательские ресурсы: порядка 30 тыс. студентов и не менее 20 тыс. инженеров и исследователей. Ставка на междисциплинарность и укрупнение позволит Сакле стать одним из крупнейших центров (до 1% мирового объема научных публикаций) в своих тематиках. Основными направлениями исследований в Сакле должны стать:

- Новые технологии в энергетике;
- Нанотехнологии;
- Ядерные технологии (симуляция, ядерная физика, материаловедение, аналитическая химия, управление РАО/ОЯТ и пр.);
- Фундаментальные исследования в ядерной физике;
- Медицинские технологии;
- Климат и окружающая среда.



пример из практики

ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ SLAC NATIONAL ACCELERATOR LABORATORY (НАЦИОНАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПО ЛИНЕЙНЫМ УСКОРИТЕЛЯМ США)



Исследовательская программа SLAC связана, преимущественно, с фундаментальными вопросами всех возможных свойств материи (структура, методы воздействия на макро- и микроуровнях). Специфика фундаментальных исследований в SLAC привела к формированию на одной площадке уникального комплекса исследовательских инструментов, основой которого является ускорительная техника. Основные направления исследований в SLAC:

- Физика ускорителей;
- Астрофизика и космология;
- Физика элементарных частиц;
- Материаловедение и нанотехнологии;
- Структурная биология;
- Молекулярные исследования окружающей среды;
- Молекулярные и атомные преобразования.

04

ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ РЫНКОВ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

«Тенденция сегодня такова, что рынок альтернативного применения атома гораздо больше по масштабу, чем рынок атомной энергетики. И развивается он быстрее»

Петр Щедровицкий, советник генерального директора государственной корпорации «Росатом»

Глобальный рынок РТ в его нынешнем виде был сформирован процессами консолидации, слияниями/поглощениями в 1990-е и 2000-е годы.

**СОВОКУПНЫЙ ОБЪЕМ
РЫНКОВ ПРИМЕНЕНИЯ
РТ НА ТЕКУЩЕМ ЭТАПЕ
СОСТАВЛЯЕТ ОКОЛО 200
МИЛЛИАРДОВ ДОЛЛАРОВ,
ИЗ КОТОРЫХ ПОЛОВИНА
ПРИХОДИТСЯ НА РЫНОК
ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ**

По оценкам большинства экспертов, потенциальный объем этих рынков составляет до 400-500 миллиардов долларов в перспективе ближайшего десятилетия, в условиях масштабного развития экономик стран Южной Америки и Азии. Потребности мирового сообщества в качественном медицинском обслуживании; безопасности продовольствия, окружающей среды, транспортных услуг; высоком качестве наукоемкой промышленной продукции могут быть удовлетворены масштабированием рынков РТ.

4.1

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ РЕОРГАНИЗАЦИЯ РЫНКОВ РТ

Важной особенностью четвертого этапа развития РТ станет географическая трансформация рынков применений радиационных технологий:

В странах ОЭСР (США, Канада, страны ЕС, Япония, Республика Корея) поступательно растет потребление в дорогих сегментах, связанных с РТ. Наиболее дорогие решения – протонная терапия (стоимость комплекса – 125-150 миллионов долларов), биорадиофармпрепараты (средняя стоимость одной дозы mAB-препарата

Zevalin, предназначенного для терапии неходжкинской лимфомы, – 30 тыс. долл.), комбинированные ПЭТ/КТ (стоимость одной процедуры – 3,5-4,5 тыс. долл.), современные досмотровые комплексы – потребляются именно развитыми странами. Так, из тридцати семи действующих центров протонной терапии одиннадцать расположены в США, девять – в Японии, четыре – в Германии; в развивающихся странах создано всего семь центров (три экспериментальных в России, два – в Китае, один – в ЮАР, один – в Польше);

Идет рост рынков применения РТ в развивающихся странах, в первую очередь – в странах БРИК. Поступательное увеличение затрат на медицину (рост по линии медицинского обслуживания в Китае – почти в девять раз за последние пятнадцать лет, с 20 долл. до 180 долл. на человека¹), интенсивный промышленный рост, рост потребления пищевых продуктов в развивающихся странах создают платежеспособный спрос на соответствующие направления применения радиационных технологий. Так, только потенциал рынка линейных ускорителей для онкотерапии в Китае составляет порядка 1000 единиц оборудования (т.е. не менее 6 миллиардов долларов с учетом затрат на оборудование помещений)², в России – около 200 единиц (порядка 1,2 миллиардов долларов)³.

**РОСТ РЫНКОВ ПРИМЕНЕНИЙ РТ
В СТРАНАХ БРИК ДОПОЛНИТЕЛЬНО
СТИМУЛИРУЕТСЯ СОЗДАНИЕМ
НОРМАТИВНОЙ (РЕГУЛЯТИВНОЙ)
БАЗЫ ПОД РЯД ПРИМЕНЕНИЙ
РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ:**

Медицина в Китае оборудование для ядерной медицины включено в соответствующие системы регулирования и сертификации; в Индии целый блок регуляторных мер, касающихся ядерной медицины, был принят в 2001 году Национальной комиссией по регулированию атомной энергии⁴;

Обработка пищевых продуктов в Китае в 2001 году на государственном уровне были одобрены и приняты семнадцать стандартов, связанных с облучением пищевых продуктов, введена единая система маркирования облученных продуктов⁵; в Индии соответ-

¹ Дополнительным стимулом к развитию сектора ядерной медицины является интенсивная урбанизация в развивающихся странах; по данным Kалогата, рынок здравоохранения в городах в среднем в три раза больше, чем в сельской местности.

² По данным компании Elekta («Radiation Oncology Market in China»)

³ По данным Минздравсоцразвития РФ.

⁴ AERB safety code on nuclear medicine facilities AERB/SC/MED-4, The Safety Code for Medical Diagnostic X-ray Equipment and Installations AERB/SC/MED-2 и др.

⁵ Которую, впрочем, используют далеко не все китайские производители: см. соответствующие примеры в книге PJ Cullen, Brijesh K. Tiwari, Vasilis Valdramidis, «Novel Thermal And Non-Thermal Technologies For Fluid Foods», 2011.

ствующие стандарты были приняты в 1994 году; Бразилия впервые одобрила радиационную обработку в 1973 году, в 2001 году соответствующая нормативная база была существенно расширена⁶.

**ПРИ ЭТОМ СЛЕДУЕТ
ИМЕТЬ В ВИДУ, ЧТО
ЗАКУПКУ СВЕРХДОРОГОГО
ОБОРУДОВАНИЯ МОГУТ
ПОЗВОЛИТЬ СЕБЕ ТОЛЬКО
РАЗВИТЫЕ СТРАНЫ,
А РАЗВИВАЮЩИЕСЯ —
ВЫНУЖДЕНЫ
ОРИЕНТИРОВАТЬСЯ
НА БОЛЕЕ ДЕШЕВЫЕ
РЕШЕНИЯ⁷**

Перспективность рынков применений РТ в развивающихся странах косвенно подтверждается имплементацией долгосрочных национальных политик в соответствующих сферах и рядом протекционистских мер, принимаемых национальными правительствами стран БРИК:

В 2009 году, в разгар мирового экономического кризиса, в Китае была запущена система дотирования национальных производителей медицинского оборудования под общим лозунгом «покупайте то, что сделано в Китае»⁸. Параллельно стартовала масштабная программа обновления материальной базы национальной системы здравоохранения (реконструкция 3700 медицинских центров, 11000 клиник, строительство 2400 новых медцентров);

В 2010 году Министерство торговли КНР инициировало антидемпинговое расследование в отношении зарубежных поставщиков досмотровых комплексов (рентген); расследование показало, что европейские производители соответствующего оборудования намеренно снижали цены, что привело к ощутимым финансовым

⁶ Ioannis S. Arvanitoyannis, «Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion», 2010.

⁷ Характерным примером является Китай: в 2009 году Министерство здравоохранения КНР ужесточило контроль над закупками медицинского оборудования дороже 710 тыс. долл. (в частности, в перечень попали рентгеновские аппараты) для медицинских учреждений в сельской местности.

⁸ China Market Research Group (CMR), 2009

потерям китайских производителей. По итогам расследования были введены антидемпинговые пошлины: на досмотровые комплексы Smiths Heimann GmbH – 33,5%, на все остальные импортируемые комплексы (европейские) – 71,8%;

В 2011 году в России была сформирована Единая технологическая платформа «Радиационные технологии», координатором которой стал Ядерный кластер Сколково.

Пул игроков на глобальном рынке радиационных технологий на четвертом этапе развития РТ фактически останется прежним, поскольку появление новых компаний и/или смена интегратора ключевого для рынка продукта происходит, в основном, при кардинальном изменении технологических основ производства этого продукта (у разных поколений продуктов – разные носители базовых компетенций). Рынки всех типов РТ-оборудования являются высококонсолидированными.

**ПРИ ЭТОМ ПОСЛЕДСТВИЯМИ
ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
РЫНКОВ ПРИМЕНЕНИЙ РТ И
ПРОДОЛЖАЮЩЕГОСЯ БЫСТРОГО
РОСТА ЭКОНОМИК СТРАН БРИК ДЛЯ
КОРПОРАТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РЫНКА
СТАНУТ:**

Возникновение нового поколения национальных производителей (Китай⁹, Индия¹⁰, Бразилия, Россия), чья ключевая функция — обеспечение потребности в соответствующем оборудовании (в том числе по лицензии или просто путем копирования) в форме уже существующих типов оборудования, пригодных к внедрению в имеющиеся инфраструктуры и системы (медицинские центры и пр.) или же внедряемых параллельно с обновлением этих инфраструктур (программа модернизации здравоохранения в Китае);

Корректировка рыночных стратегий «старых» компаний-лидеров в связи с появлением новых национальных игроков на растущих рынках: крупные корпорации проходят традиционную развилку выбора между двумя вариантами обеспечения своего присутствия на рынках развивающихся стран:

- Локализация производства оборудования в странах-потребителях;
- Поглощение конкурентоспособных национальных производителей.

⁹ BMEI, Shinva, HaiMing, Weida Group, TUB, Chengdu Twin Peak Accelerator Technology (медицина), Nucotech (безопасность), SINAP, FERES (облучение) и др.

¹⁰ SAMEER (медицина), BARC, NNCAT (облучение) и др.

4.2

**РЫНОК
ЯДЕРНОЙ
МЕДИЦИНЫ**

Исторически являясь локомотивом для практического применения РТ, данный рынок демонстрирует высокие темпы роста. Высокая насыщенность рынка в Северной Америке, Японии и Западной Европе является эталоном для распространения ядерной медицины и опережающего роста рынка в Китае, Юго-Восточной Азии, Южной Америке и Восточной Европе.

**РАДИАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ПРЕДСТАВЛЕНЫ НА РЫНКЕ
МЕДИЦИНСКИХ ТОВАРОВ
И ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
СРАВНИТЕЛЬНО ШИРОКО**

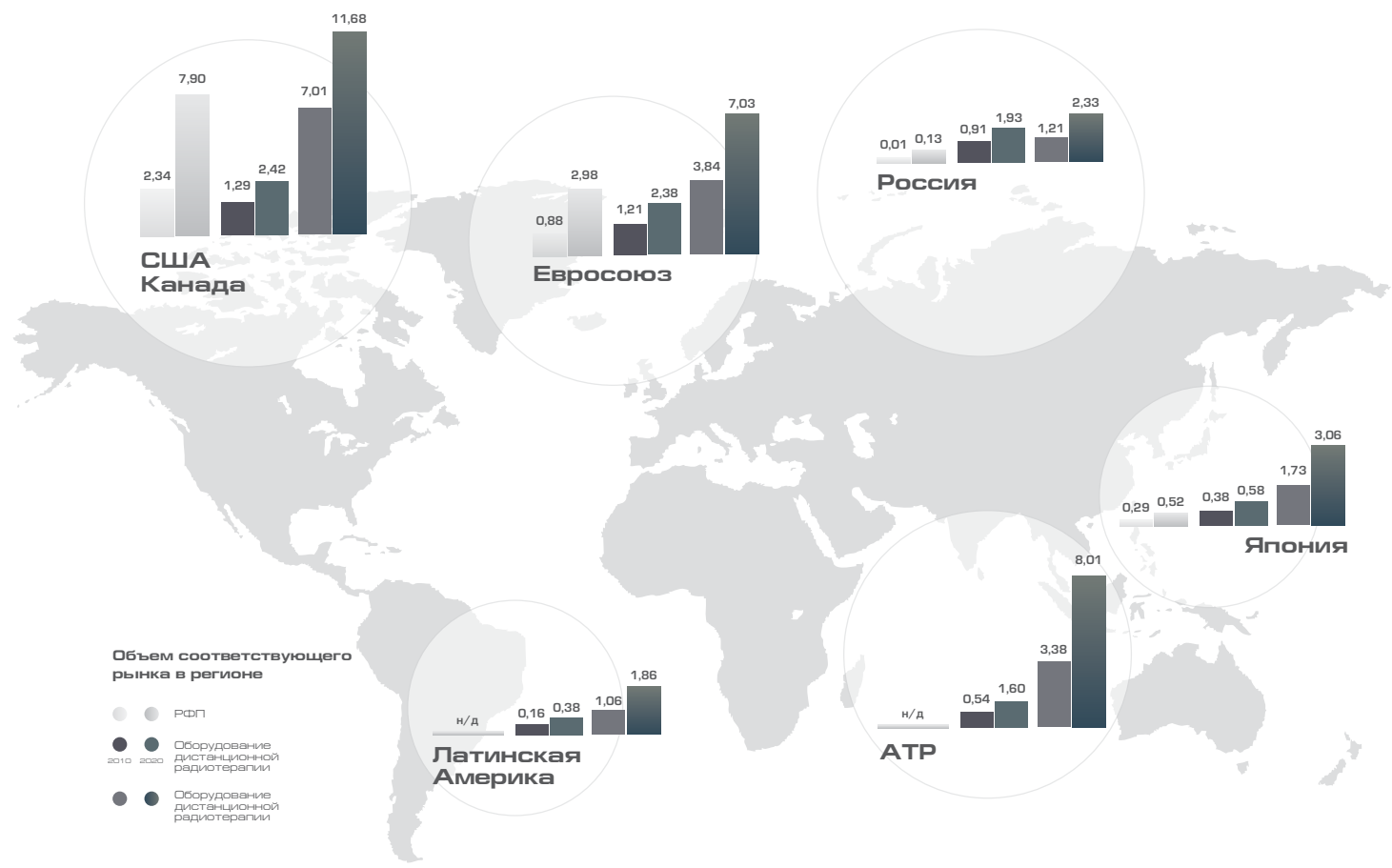
Мировой рынок ядерной (радиологической) медицины состоит из нескольких основных сегментов: оборудование (для диагностики и терапии), рынок медицинских услуг, а также в некотором роде отдельный подрынок радиофармпрепаратов. Общий объем рынка ядерной медицины на данный момент составляет порядка 100 миллиардов долларов, из них около 70% приходится на медуслуги.

Прогнозы роста рынка ядерной медицины достаточно оптимистичны (по различным оценкам, общий объем рынка может составить от 500 миллиардов долларов до почти 1 триллионов долларов к 2025 году; при этом объем рынка оборудования и РФП в 2020 году оценивается в 60-80 миллиардов долларов).

4.3

РЫНОК РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Рисунок 7 Прогноз рынков диагностического и терапевтического оборудования, а также РФП (в миллиардах долларов)



Источник: Центр стратегических разработок «Северо-Запад» на базе GIA, TriMark Publications LLC, Frost&Sullivan, итоговых ежегодных отчетов Varian, IBA, Siemens (2010-2011), докладов OECD/NEA, докладов МАГАТЭ (IAEA).

На сегодняшний день облучение продуктов питания используется более чем в сорока странах мира. Общее число установок по облучению продуктов питания – порядка 220 (218 на 2009 год). Основной объем рынка приходится на США (сорок установок). Использование облучения в странах ЕС затруднено жесткими нормами контроля продуктов питания.

Число установок там невелико: в Бельгии – две, во Франции и в Германии – по пять.

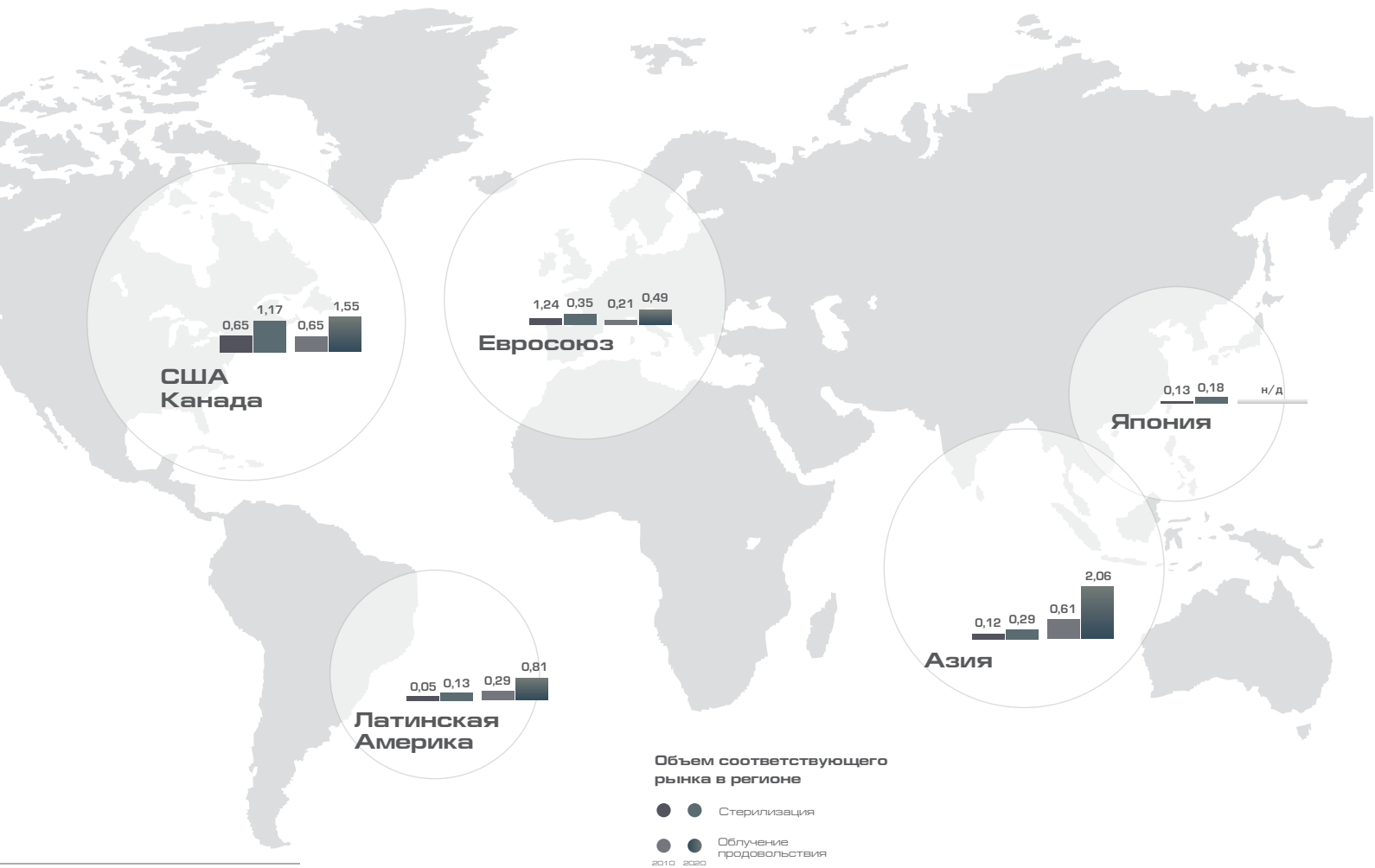
ОДНАКО ОБЛУЧЕНИЕ ШИРОКО ПРИМЕНЯЕТСЯ В КИТАЕ: СЕМЬДЕСЯТ ВОСЕМЬ УСТАНОВОК НА 2009 ГОД. АКТИВНЫЙ ИНТЕРЕС К ТЕХНОЛОГИИ ПРОЯВЛЯЮТ РАЗВИВАЮЩИЕСЯ СТРАНЫ АЗИИ, В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ ИНДИЯ.

Данные относительно объемов рынка облучения сельхозпродукции и стерилизации разнятся. По данным отчета Global Industry Analysts, Inc., выпущенного в 2008 году, объем мирового рынка услуг по радиационной обработке продуктов питания к 2012 году должен превысить 2,3 миллиарда долларов¹¹. По данным Bain, мировой рынок услуг по радиационной обработке продуктов имеет следую-

¹¹ http://www.prweb.com/releases/food_irradiation/gamma_radiation/prweb1530744.htm, а также http://www.strategyr.com/Food_Irradiation_Trends_Market_Report.asp

щие перспективные характеристики: объем рынка облучения продуктов по состоянию на 2009 год – 1,6 миллиарда долларов; прогнозируемый объем в долгосрочной перспективе (после 2030 года) – 22,5 миллиарда долларов; прогноз роста - 10% в год, динамика стабильная. Консолидация рынка – относительно низкая: много технологических решений и игроков.

Рисунок 8 Прогноз рынка стерилизации и облучения продуктов питания (в миллиардах долларов)



Источник: Центр стратегических разработок «Северо-Запад» на базе BCC Research, GIA, Frost&Sullivan, «Status of food irradiation in the world» (Tamikazu Kumea, Masakazu Furutab, Setsuko Todorikic, Naoki Uenoyamad, Yasuhiko Kobayashi; Radiation Physics and Chemistry, Volume 78, Issue 3, March 2009, Pages 222–226), FIPA

4.4

РЫНОК ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И БЕЗОПАСНОСТИ

Неразрушающий контроль (НРК) применяется в большом количестве отраслей, таких как металлургия, производство автомобилей и летательных аппаратов, эксплуатация транспортной и энергетической инфраструктуры и пр.

В НАСТОЯЩЕЕ
ВРЕМЯ, ПО ОЦЕНКАМ
FROST&SULLIVAN, ОБЪЕМ
РЫНКА ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО
КОНТРОЛЯ СОСТАВЛЯЕТ
ПОЛТОРА МИЛЛИАРДА
ДОЛЛАРОВ

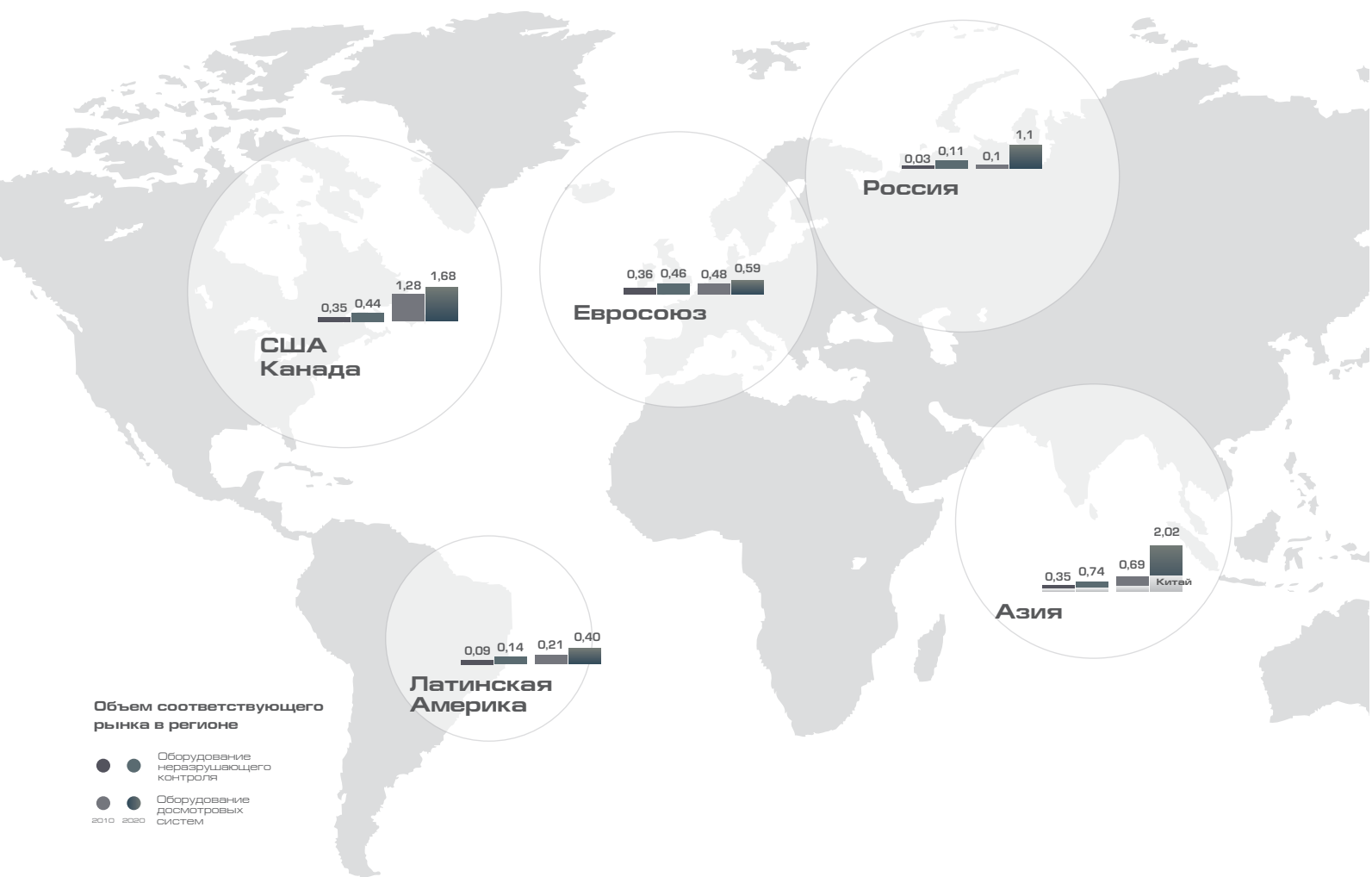
Ещё около двух миллиардов долларов приходится на соответствующие услуги; темпы роста для рынка оборудования — около пяти-семи процентов в год. На долю радиационных технологий неразрушающего контроля приходится довольно небольшая часть от общего объема рынка (порядка четырех процентов) — она составляет всего около 60 миллионов долларов. К радиационным технологиям неразрушающего контроля относятся рентгенографический, гаммаграфический и рентгеноскопический методы НРК.

Мировой рынок систем безопасности включает в себя четыре основных сегмента: видеонаблюдение, досмотровые системы, биометрия и СВРН (chemical, biological, radiological, nuclear). Оценить общий объем мирового рынка безопасности достаточно сложно: экспертные количественные оценки в значительной степени разнятся. По некоторым оценкам, мировой рынок безопасности составляет от ста

до ста пятидесяти миллиардов долларов, из которых 5 миллиардов приходится на досмотровые комплексы, а 10 миллиардов — на биометрические системы и видеонаблюдение. Оценки темпов роста рынка также разнятся — от 5 до 10% в год.

Сферой применения радиационных технологий в области безопасности являются досмотровые системы. 70% рынка досмотровых систем в мире в денежном выражении приходится на системы, использующие рентгеновское излучение (в натуральном выражении лидируют нерадиационные металлодетекторы).

Рисунок 9 Прогноз рынков оборудования для неразрушающего контроля и обеспечения безопасности



Источник: Центр стратегических разработок «Северо-Запад» на базе GIA, Frost&Sullivan, BCC Research, данных ГК «Росатом», Weapons & Contraband Detection, BCC Research

РОСТ ЗНАЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СОЗДАЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ЗАПРОС НА НОВЫЕ СИСТЕМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ЦЕЛОГО РЯДА РЫНКОВ

Это рынки автомобилестроения, космос, безопасность, металлургия, нефтегазовая отрасль и другие. Радиационные технологии, в первую очередь — рентген (рентгенографический контроль), являются неотъемлемой частью соответствующих комплексов оборудования.

Основные покупатели досмотровых систем — это объекты транспортной инфраструктуры, государственные организации и пограничные службы. В области рынка досмотровых систем крайне велики политические риски в силу высокой чувствительности государственных органов к проблематике безопасности. Так, успешная китайская компания Nuctech имеет крайне ограниченные возможности для действия на неазиатских рынках.

4.5

РЫНКИ МОДИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ

Рынок модификации материалов с помощью радиационных технологий сильно фрагментирован — в первую очередь, в силу специфики отраслей-потребителей соответствующего оборудования. К основным сферам применения РТ для модификации различных материалов относятся следующие:

Производство микроэлектроники и, шире, обработка полупроводников. Радиационные технологии в сфере микроэлектроники широко распространены, именно на микроэлектронику приходится большая часть промышленного использования радиационных технологий. Из девятнадцати тысяч промышленных ускорителей, установленных на 2008 год, десять тысяч использовалось для ионной имплантации. Общий объем рынка оборудования для производства электроники оценивается в 45-50 миллиардов долларов. С учетом

общего темпа роста рынка микроэлектроники (до 550 миллиардов долларов к 2020 году), а также постоянного обновления оборудования для ее производства, можно ожидать существенного роста спроса на установки для ионной имплантации со стороны соответствующего рынка;

Обработка полимеров. Основными ограничениями роста доли радиационной обработки полимеров являются дороговизна оборудования и давняя освоенность химических технологий промышленностью. В силу этого радиационная обработка полимеров более всего применяется там, где использование традиционных химических методов приводит к ухудшению качества продукции. Мировой рынок радиационного оборудования для обработки полимеров на 2009 год составил 137 миллионов долларов, а объем выпускаемой с его помощью продукции достиг 30-50 миллиардов долларов. С учетом возможного снижения стоимости промышленных ускорителей, а также с учетом роста рынка новых материалов, можно ожидать повышения спроса на установки по радиационной обработке полимеров (полимеризация, в т.ч. в разных фазах мономеров и препрегов, сшивка (в т.ч. кабельных оболочек, деталей радиальных автомобильных шин и т.п.), отверждение (в т.ч. с целью придания комбинированных свойств поверхности типа гидрофобная-гидрофильная). По экспертным оценкам, объем рынка соответствующего оборудования может достичь 300 миллионов долларов к 2020 году;

Высокоточные технологии изменения физических свойств материалов (электронно-лучевые технологии сварки, резки, сверления, полировки). Соответствующие технологии применяются во многих отраслях (энергетика, космическая отрасль, автомобильная промышленность, нефтегазовая промышленность, строительство, производство медицинского оборудования и пр.). Можно утверждать, что рост использования данных технологий зависит от общей динамики роста мировой экономики. В сфере технологий изменения физических свойств материалов присутствуют радиационные технологии, лидирующее положение среди которых занимает электронно-лучевая сварка. По оценкам Bain, объем рынка радиационного оборудования для изменения физических свойств материалов (большую часть которого составляют именно технологии электронно-лучевой сварки) – порядка 165 миллионов долларов; темпы роста рынка – 4-5% в год.

4.6

РЫНКИ НОВЫХ РТ, КОММЕРЦИАЛИЗУЕМЫХ НА ЧЕТВЕРТОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ РТ

Основным принципиально новым рынком для радиационных технологий, предполагаемых к массовому распространению на четвертом этапе, является рынок технологий **экологической безопасности**. Снижение стоимости РТ-установок сделает их высококонкурентоспособными и, соответственно, даст возможность широкой экспансии РТ в целом ряде сегментов рынка, включающих в себя:

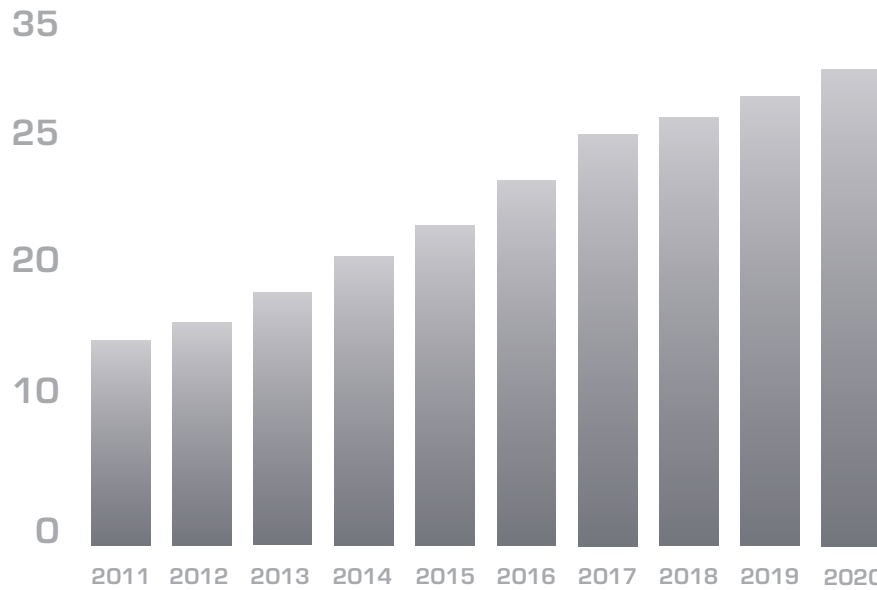
Рынок переработки твердых бытовых отходов, медицинских отходов и рециклинг. Общий объем мирового рынка – 6,9 миллиардов долларов (по оценкам Bain), рост рынка оценивается в 6% в год. Потенциал рынка роста – до 23 миллиардов долларов к 2025 году. Всего в мире, по экспертным оценкам, насчитывается около 5000 заводов, сжигающих мусор, и около 800 заводов, вырабатывающих энергию при сжигании мусора. На 2007 год, по оценкам Bain, среди технологий обработки мусора лидировало сжигание на колосниках (1,8 миллиардов долларов), за ним следовало сжигание в печах с кипящим слоем (около 600 миллионов долларов). На передовые технологии пиролиза и газификации приходилось 153 миллионов долларов; основная причина невостребованности инноватики – крайне высокая стоимость установок (в том числе — РТ-установок)¹². При этом удешевление ускорительных технологий создает значительный потенциал для их использования при переработке твердых бытовых отходов. На сегодняшний момент в мире отсутствуют заводы по данной переработке, использующие собственно радиационные технологии. Существуют пилотные мощности, использующие технологию пиролиза для обработки отработанных шин в Японии. Ряд строящихся заводов заявляет об использовании новых технологий, однако их постройка будет закончена в 2013-2015 годах;

Рынок очистки топочных газов. Объем рынка технологий очистки топочных газов от диоксида серы на 2011 год составил около 17 миллиардов долларов (по данным GBI research). В настоящее время радиационные технологии представлены на данном рынке крайне узко: в мире в пусковом режиме функционирует одна пилотная радиационная установка по очистке топочных газов, установленная на электростанции Поможаны в Польше (установка была спроектирована польскими специалистами, в то время как ускорители были предоставлены японским правительством; стоимость установки

¹² Стоимость одного завода по переработке твердых бытовых отходов мощностью в 250-300 тыс. т. в год, использующего стандартную технологию, по экспертным оценкам может составлять от 100 до 300 млн евро. Стоимость пилотного завода Plasco (плазмотермическая газификация) мощностью 220 т. в день (около 80 тыс. т. в год) – 90 млн канадских долл., пилотный завод Geoplasma, мощностью в 300-400 т. в день (около 110 тыс. т. в год) – 520 миллионов американских долларов.

составила 25 миллионов долларов). С учетом высокого качества очистки (сокращение выбросов серосодержащих веществ на 95%) и при условии снижения стоимости оборудования можно ожидать активной экспансии РТ на соответствующий рынок;

Рисунок 10 Прогноз рынка очистки топочных газов (в миллиардах долларов)



Источник: Mcllvaine Company

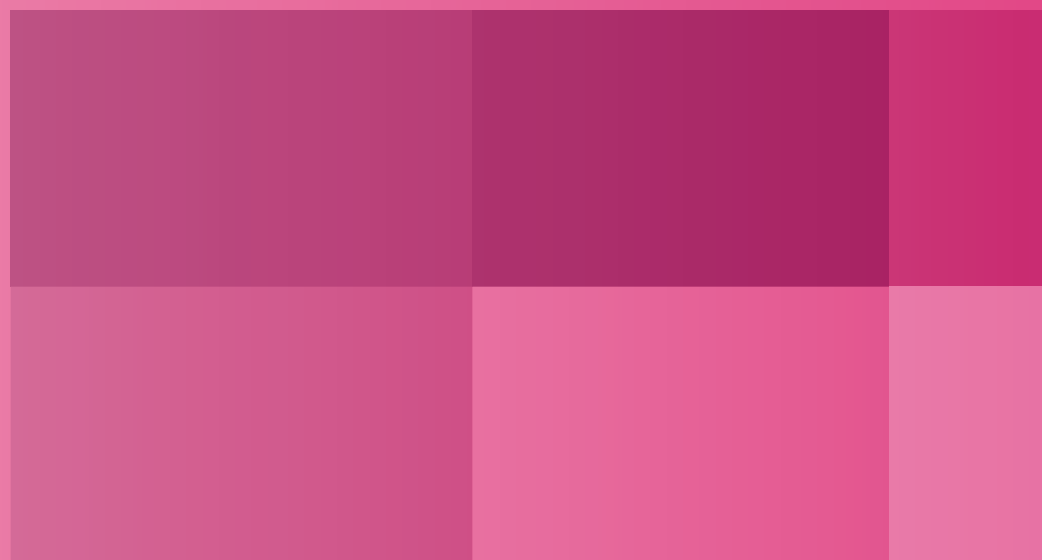
Рынки обращения с водой (очистка питьевой воды и обработка сточных вод). Развитой системой очистки муниципальных и промышленных стоков обладает большая часть урбанизированных стран, хотя в ряде развивающихся и постсоциалистических стран широко распространена практика слива сточных вод в естественные водоемы без какой-либо очистки. Объем мирового рынка, по разным оценкам, составляет от 57 до 203 миллиардов долларов (оценки Bain и BCC Research). Потенциал рынка, по оценкам Bain, составляет 388 миллиардов долларов, рост рынка оценивается в 5% в год. Доля, приходящаяся на радиационные технологии, на сегодняшний день крайне мала: функционирует один завод в Республике Корея, предназначенный для очистки стоков с производства красок, использующий установку с российским ускорителем ЭЛВ-12. Стоимость его постройки составила 4 миллиона долларов (операционные расходы — один миллион долларов в год)¹³.

¹³ Следует учитывать, что современный завод по очистке сточных вод использует одновременно механические, химические и биологические способы очистки. По оценкам экспертов, рынок обработки сточных вод тесно связан с рынками опреснения и водоподготовки (обработки питьевой воды) – в силу того, что базовая продукция является стандартной. Игроки представляют собой интегрированные структуры и предоставляют заводы по очистке «под ключ»; для успешного функционирования на рынке компания должна обладать доступом ко всем видам технологии очистки. Значительная часть новых игроков на рынке развивалась из фирм – производителей мембран. Иными словами, при снижении стоимости РТ могут быть включены в «стандартный набор» для обращения со сточными водами.

НОВЫЕ РАДИАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
НА ЧЕТВЕРТОМ
ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ
БУДУТ ВНЕДРЯТЬСЯ
ПРЕИМУЩЕСТВЕННО
НА УЖЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ
РЫНКАХ

В частности, на рынке ядерной медицины (нейтронная и нейтрон-захватная терапия, компактные ускорители для протонной терапии, биорадиофармпрепараты, ионная терапия, комплексные диагностические системы), на рынке безопасности (нейтронно-активационный анализ и комплексные системы) и прочие.

05



ПОЗИЦИИ РОССИИ

«Партнерство с Россией имеет для нас огромное значение, и не только в отношении энергетики. Я лично придаю особое значение потенциалу и готовности России оказывать содействие развивающимся странам в борьбе с раковыми заболеваниями. Вы располагаете уникальным опытом в области радиотерапии и ядерных методик лечения»

Юкия Аmano, генеральный директор Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ)

5.1

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ РТ В РОССИИ

Основной задачей для развития радиационных технологий в России в среднесрочной перспективе является осуществление масштабных вложений в неэнергетический сектор их применения. Из-за серьезного экономического спада 1990-х годов Россия фактически пропустила этап массовой коммерциализации научно-технического задела в области РТ (отсутствие возможностей по финансированию соответствующих направлений усугублялось тем, что атомная отрасль, тесно связанная с вопросами обороноспособности и нераспространения ядерных технологий, была «режимной» и закрытой).

**ЗАДАЧА ПО УСКОРЕННОЙ
КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ
ОГРОМНОГО ЧИСЛА
ИССЛЕДОВАНИЙ БУДЕТ
РЕШАТЬСЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ,
В РАМКАХ ЕДИНОЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
ПЛАТФОРМЫ
«РАДИАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ», СОЗДАННОЙ
В НАЧАЛЕ 2011 ГОДА
(СМ.П.5.2.).**

Второй по значимости задачей развития РТ в России является «досборка» недостающих компетенций в смежных с РТ сферах, необходимых для обеспечения динамичного развития.



Таблица 3 Основные компетенции в РТ и их локализация в Российской Федерации (ориентировочный список)

Компетенции	R&D
Производство и обращение изотопной продукции	РНЦ «Курчатовский институт» ГНЦ РФ НИИАР ГНЦ РФ НИФХИ им. Карпова СПбГУ НПО «Радиевый институт им. В. Г. Хлопина» ИЯИ РАН
Производство и обращение РФП	Группа компаний «Медрадиопрепарат» ФМБА ЗАО «Оксинмед» НИИЯФ МГУ (Москва) НИЦ «Курчатовский институт» в том числе ГНЦ РФ ИТЭФ им. А. И. Алиханова ООО «Позитом-Про» НПО «Радиевый институт им. В. Г. Хлопина» ГНЦ РФ НИФХИ им. Карпова ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ» (Обнинск) Институт проблем химической физики РАН ФГБУ МРНЦ Минздравсоцразвития (Обнинск) ТПУ (Томск)
Сканирующие и аналитические технологии (неразрушающий контроль, безопасность)	НИЦ «Курчатовский институт» в том числе ГНЦ РФ ИФВЭ ГК «Росатом» в том числе НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина»; ГНЦ РФ ТРИНИТИ; ФГУП НИИЭФА им. Д.В. Ефремова (СПб) НИЯУ МИФИ Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН) Институт Физики Твёрдого Тела РАН ОИЯИ (Дубна) ИФПМ СО РАН Институт НРК ТПУ (Томск) СПбГТУ (ТИ) ИЯИ РАН Группа предприятий «Юнитест» ООО «Диагностика-М» ОАО НТЦ «РАТЭК» ООО НПП «Доза» ОАО «ЦНИИ «Электрон»
Оборудование для медицинской диагностики	НИЦ «Курчатовский институт» в том числе ГНЦ РФ ИФВЭ; ФГУ РНЦ РХТ (СПб) ФГУП НИИЭФА им. Д. В. Ефремова (СПб) НИИ Кардиологии СО РАМН ВНИИА им. Духова ФГБУ МРНЦ Минздравсоцразвития (Обнинск) Институт НРК ТПУ (Томск) НТЦ Амплитуда ООО «Позитом-Про» ЗАО «НИПК Электрон»

Инжиниринг	Производство
РНЦ «Курчатовский институт» ГНЦ РФ НИИАР ЗАО «Циклотрон» НПО «Радиевый институт им. В. Г. Хлопина» Центр «Атоммед»	ООО «Диамед» ФМБА РНЦ «Курчатовский институт» Ленинградская АЭС ФГУП ПО «Маяк» ГНЦ РФ НИИАР НПО «Радиевый институт им. В. Г. Хлопина» ГНЦ РФ НИФХИ им. Карпова ЗАО «Циклотрон» ООО «Позитом-Про» ИЯИ РАН
Группа компаний «Медрадиопрепарат» ФМБА ФГУП «ФЦ ПРОЯМ» ФМБА ФГУ РНЦ РХТ (СПб) НИИЯФ МГУ (Москва) НИЦ «Курчатовский институт» в том числе ГНЦ РФ ИТЭФ им. А.И. Алиханова ООО «Позитом-Про» ГНЦ РФ НИФХИ им. Карпова ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ» (Обнинск) ФГБУ МРНЦ Минздравсоцразвития (Обнинск) Центр «Атоммед»	Группа компаний «Медрадиопрепарат» ФМБА ФГУП «ФЦ ПРОЯМ» ФМБА НИЦ «Курчатовский институт» ООО «Позитом-Про» ФГУ РНЦ РХТ (СПб) НИИЯФ МГУ (Москва) НПО «Радиевый институт им. В. Г. Хлопина» ГНЦ РФ НИФХИ им. Карпова ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ» (Обнинск) РФЯЦ – ВНИИТФ «РОНИК – ядерные и медицинские технологии» ТПУ (Томск)
Институт Физики Твёрдого Тела РАН ОИЯИ (Дубна) ИФПМ СО РАН Институт НРК ТПУ (Томск) СПбГТУ (ТИ) Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН Группа предприятий «Юнитест» ОАО НТЦ «РАТЭК» ООО НПП «Доза» ОАО «ЦНИИ «Электрон» ГК «Росатом» в том числе ФГУП НИИЭФА им. Д. В. Ефремова (СПб) ООО «Диагностика-М»	ОИЯИ (Дубна) Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН Группа предприятий «Юнитест» ОАО НТЦ «РАТЭК» ОАО «Лямэкс: защита» ГК «Росатом» в том числе ФГУП НИИЭФА им. Д. В. Ефремова (СПб) ООО «Диагностика-М»
ФГУ РНЦ РХТ (СПб) ФГУП НИИЭФА им. Д. В. Ефремова (СПб) ОАО «НИИТФА» ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ» (Обнинск) ЗАО «Циклотрон» ВНИИА им. Духова Институт НРК ТПУ (Томск) Центр «Атоммед» «РОНИК – ядерные и медицинские технологии» НТЦ Амплитуда ООО «Позитом-Про» ЗАО «НИПК Электрон»	ФГУП НИИЭФА им. Д. В. Ефремова (СПб) ОАО «НИИТФА» ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ» (Обнинск) ЗАО «Циклотрон» ВНИИА им. Духова Центр «Атоммед» «РОНИК – ядерные и медицинские технологии» НТЦ Амплитуда ЗАО «НИПК Электрон»

Таблица 3 Основные компетенции в РТ и их локализация в Российской Федерации (ориентировочный список)

Компетенции	R&D
Медицинские ускорители	НИИЯФ ТПУ (Томск) НИЦ «Курчатовский институт», в том числе ФГУП ГНЦ РФ ИТЭФ им. Алиханова ФГУП НИИЭФА им. Д. В. Ефремова (СПб) ГНЦ РФ ТРИНИТИ НИИЯФ МГУ им. Скобелева ОИЯИ (Дубна) ЗАО «НИПК Электрон»
Промышленные ускорители (оборудование для облучения, напыления, стерилизации и другое оборудование)	ИЯФ СО РАН ОАО «НИИТФА» ФГУП НИИЭФА им. Д. В. Ефремова (СПб) НИЯУ МИФИ НИИЯФ МГУ им. Скобелева СПбГЭТУ (ЛЭТИ) Физический институт имени П.Н.Лебедева Российской академии наук (ФИАН) Институт сильноточной электроники СО РАН ИФПМ СО РАН НИИ ЯФ СПбГПУ ВНИИСХРАЭ ГНЦ РФ ТРИНИТИ СПбГТУ (ТИ) ОИЯИ РАН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН(Томск) Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН
Исследовательские и сверхбольшие ускорители	НИИЯФ ТПУ (Томск) НИЯУ МИФИ ИФПМ СО РАН НИЦ «Курчатовский институт» в том числе ГНЦ РФ ИФВЭ; ГНЦ РФ ИТЭФ им. А.И. Алиханова; ПИЯФ им. Б. П.Константинова ОИЯИ
Исследовательские реакторы	ГК «Росатом» в том числе ГНЦ РФ НИИАР, ГНЦ РФ ТРИНИТИ, ОАО «НИКИЭТ» НИЯУ МИФИ МФТИ ОИЯИ НИИ ЯФ СПбГПУ НТЦ «Синтез» НИЦ «Курчатовский институт» в том числе ПИЯФ им. Б.П.Константинова ГК «Росатом» в том числе ГНЦ РФ НИИАР, ГНЦ РФ ТРИНИТИ НИЦ «Курчатовский институт» в том числе ПИЯФ им. Б.П. Константинова ГК «Росатом» в том числе ГНЦ РФ НИИАР ГНЦ РФ ТРИНИТИ ОИЯИ НИЦ «Курчатовский институт» в том числе ПИЯФ им. Б.П.Константинова

Инжиниринг	Производство
НИИЯФ ТПУ (Томск) ФГУП НИИЭФА им. Д. В. Ефремова (СПб) ОИЯИ (Дубна)	ФГУП НИИЭФА им. Д. В. Ефремова (СПб) ОИЯИ (Дубна) ООО «Наука и технологии»
ИЯФ СО РАН Институт сильноточной электроники СО РАН ИФПМ СО РАН НИИ ЯФ СПбГПУ ВНИИСХРАЭ ГНЦ РФ ТРИНИТИ ООО «Наука и технологии» Институт физики прочности и материаловедения СО РАН (Томск) Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН «РОНИК – ускорительная техника» ФГУП НИИЭФА им. Д. В. Ефремова (СПб)	ИЯФ СО РАН Институт сильноточной электроники СО РАН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН (Томск) ООО «Наука и технологии» Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН ЗАО «Светлана-полупроводники» ОАО «НИИ Гириконд» ЗАО «Диаконт» «РОНИК – ускорительная техника» ФГУП НИИЭФА им. Д. В. Ефремова (СПб) «Корад-Сервис»
ИЯФ СО РАН НИИЯФ ТПУ (Томск) НИЦ «Курчатовский институт» в том числе ГНЦ РФ ИФВЭ ПИЯФ им. И. П. Константинова ОИЯИ	ИЯФ СО РАН НИЦ «Курчатовский институт» в том числе ПИЯФ им. Б. П. Константинова НИИЭФА им. Д. В. Ефремова ОИЯИ
НИЯУ МИФИ МФТИ ОИЯИ НИИ ЯФ СПбГПУ НТЦ «Синтез» НИЦ «Курчатовский институт» в том числе ПИЯФ им. Б.П.Константинова ГК «Росатом» в том числе ГНЦ РФ НИИАР, ГНЦ РФ ТРИНИТИ НИЦ «Курчатовский институт» в том числе ПИЯФ им. Б.П. Константинова	ГК, «Росатом», в том числе ГНЦ РФ НИИАР ГНЦ РФ ТРИНИТИ ОИЯИ НИЦ «Курчатовский институт», в том числе ПИЯФ им. Б.П. Константинова

**В РОССИИ ПОКА НЕДОСТАТОЧНО
РАЗВИТЫ ТАКИЕ ВАЖНЫЕ
НАПРАВЛЕНИЯ,
КАК ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ИКТ И LIFE SCIENCE
(ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖИЗНИ)**

Это затрудняет возможность создания прорывных инноваций и принципиально новых «продуктов-блокбастеров», значимых на мировом уровне.

Обеспечение междисциплинарности и научно-технического сотрудничества специалистов и компаний из различных отраслей будет осуществляться путем создания долгосрочных стратегических партнерств, в том числе — в рамках кластерной политики.

пример из практики

**СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ
ФГУП НИИЭФА ИМЕНИ Д.В. ЕФРЕМОВА**

Одним из крупнейших центров компетенций в ускорительной технике всех видов (линейные ускорители, циклотроны, сверхбольшие ускорители) в России является ФГУП НИИЭФА имени Д. В. Ефремова. Основной задачей для НИИЭФА на ближайшую перспективу является масштабирование производства. Так, в 2014 году на базе НИИЭФА начнется серийное производство циклотронов и гамма-томографов. Данный проект осуществляется в рамках государственной программы по организации серийного производства циклотронной техники, целью которой является создание российских мелкосерийных ускорителей для оснащения ими центров позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ-центров) в России и за рубежом. «Росатом» планирует использовать подобные циклотроны для оснащения медицинских центров в различных регионах страны. В 2012 году начаты работы по модернизации существующего производства: закупке оборудования, созданию станочного парка и стендовой базы для испытания компонентов.

Головной образец гамма-томографа разработки НИИЭФА уже прошел клинические испытания в одной из больниц Москвы. С учетом замечаний, полученных в ходе испытаний, будет проведена доработка гамма-томографа, после чего он пойдет в серийное производство. По словам руководства НИИЭФА, общий объем производства, начиная с 2014 года, составит до десяти циклотронов и до двадцати гамма-томографов в год. Производство циклотронов будет рассчитано, прежде всего, на российский рынок, но при этом не исключена поставка за рубеж.

5.2

**РАДИАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ЕДИНАЯ РОССИЙСКАЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ
ПЛАТФОРМА**

Технологическая платформа «Радиационные технологии» — это новая инициатива в сфере частно-государственного партнерства, утвержденная Правительственной комиссией по высоким технологиям и инновациям 1 апреля 2011 года (в составе перечня технологических платформ). Координатором технологической платформы является Кластер ядерных технологий Фонда «Сколково» (см.п.5.3.).

**ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
ПЛАТФОРМЫ «РАДИАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ» НАПРАВЛЕНА НА
ОБЪЕДИНЕНИЕ УСИЛИЙ ГОСУДАРСТВА,
БИЗНЕСА И НАУКИ В ЧАСТИ:**

- Развития, популяризации и поддержки безопасного коммерческого использования радиационных технологий;
- Формирования легитимной и устойчивой платформы коммуникации с ключевыми заказчиками, ориентированной на состыковку интересов участников для развития индустрии радиационных технологий в целом;
- Регулярного согласования долгосрочного видения развития технологий между игроками индустрии;
- Скоординированного использования ограниченных государственных и корпоративных ресурсов в сфере исследований и разработок;
- Международной кооперации и интеграции российских игроков.

**ОСНОВНЫМИ ЗАДАЧАМИ В РАМКАХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ
«РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»
ЯВЛЯЮТСЯ:**

- Проведение долгосрочного научно-технологического прогнозирования на основе методики форсайта, определяющего

основные научно-технические приоритеты развития радиационных технологий;

- **Подготовка и экспертное обсуждение стратегической программы исследований и разработок, а также координация использования государственных и корпоративных ресурсов для ее реализации;**
- Формирование функциональных требований к конечным продуктам и системам со стороны заказчиков;
- Проведение технологического аудита российских игроков в сфере радиационных технологий с последующим картированием технологических цепочек;
- **Продвижение российских разработок, продуктов и услуг в сфере радиационных технологий на международные рынки, вступление в международные ассоциации, развитие территориальных инновационных кластеров;**
- Разработка и согласование технических регламентов и стандартов;
- Разработка программ подготовки и повышения квалификации научных и инженерно-технических кадров.

В состав технологической платформы входят более семидесяти организаций, в том числе научно-исследовательские организации, высшие учебные заведения, производственные и инжиниринговые предприятия, компании с государственным участием, малые и средние компании (резиденты Фонда «Сколково»).

Целевая организационная структура технологической платформы состоит из Координатора, Индустриального совета, Совета заказчиков и Ассоциации профессионалов.

КООРДИНАТОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ, КЛАСТЕР ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ФОНДА «СКОЛКОВО», ВЫПОЛНЯЕТ СЛЕДУЮЩИЕ ФУНКЦИИ:

- Координация деятельности управляющих и исполнительных органов технологической платформы;
- Представление интересов участников в органах власти Российской Федерации всех уровней, институтах развития и др.;
- Установление контактов и взаимодействие с российскими и зарубежными игроками, заказчиками, регуляторами, международными техплатформами, ассоциациями в сфере радиационных технологий;

- **Координация научно-технологического форсайта, подготовка стратегической программы исследований и разработок, технологический аудит и картирование технологических цепочек, формирование функциональных требований к конечным продуктам и системам со стороны заказчиков;**
- Согласование технических регламентов и стандартов, в т.ч. международных, оказание содействия в подготовке научных и инженерно-технических кадров и повышении их квалификации;
- Привлечение финансирования в приоритетные проекты в сфере радиационных технологий из государственных и частных средств.

Индустриальный совет технологической платформы формируется из представителей всех уровней власти Российской Федерации, представителей частного бизнеса и компаний с государственным участием.

Целью деятельности Индустриального совета является разработка рекомендаций по технологическому развитию и содействие принятию решений, способствующих прогрессу индустрии радиационных технологий в целом

Совет заказчиков создается в формате рабочих групп по шести приоритетным направлениям применения радиационных технологий: медицина; безопасность; продукты питания и вода (дезинфекция, стерилизация сельскохозяйственной и пищевой продукции, очистка сточных вод и др.); тяжелая индустрия (радиационная химия, изменение свойств материалов); энергетика (крекинг нефти, очистка дымов, облучение биомассы и др.); большая наука (оборудование для исследовательских установок). Состав рабочих групп формируется из представителей экспертного сообщества, организаций-заказчиков, потребителей, регулирующих органов.

В РАМКАХ РАБОЧИХ ГРУПП В 2012 ГОДУ ЗАПЛАНИРОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ:

- Выявление функциональных требований к конечным продуктам и системам со стороны заказчиков технологий и оборудования;
- Выявление возможностей российских разработчиков и производителей (существующих в настоящее время и в перспективе);
- Описание трех-пяти наиболее приоритетных технологических цепочек, в которые могут быть встроены продукты на базе радиационных технологий (приборы, оборудование, технологии);
- Анализ возможностей разработчиков и производителей,

а также перспектив реализуемых проектов с точки зрения их встраивания в существующие технологические цепочки;

- Анализ R&D проектов и формирование обоснованного списка предложений в стратегическую программу исследований технологической платформы «Радиационные технологии»;
- Выработка требований к PR и GR (рекомендации по разработке технологических регламентов и нормативно-правовых актов);
- Определение ключевых технологических вызовов/задач для технологической платформы на период до 2015 года (технологическая дорожная карта).

**АССОЦИАЦИЯ
ПРОФЕССИОНАЛОВ
В СФЕРЕ РАДИАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ФОРМИРУЕТСЯ
ИЗ РАЗРАБОТЧИКОВ
РАДИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ, РАБОТНИКОВ
СФЕРЫ РАДИАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ,
РЕАЛИЗУЮЩИХ
ИХ НА ПРАКТИКЕ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
МЕДИЦИНЕ, СЕЛЬСКОМ
ХОЗЯЙСТВЕ И ДРУГИХ
ОБЛАСТЯХ**

Основными целями создания Ассоциации являются консолидация компетенций и опыта экспертов в рамках технологической платформы «Радиационные технологии», представление интересов участников в сфере бизнеса и права, создание площадок для коммуникации между экспертами, формирование рыночных трендов для расширения сфер применения радиационных технологий и определение долгосрочных направлений развития для производителей оборудования.

**В РАМКАХ АССОЦИАЦИИ ПЛАНИРУЕТСЯ
ПРЕДОСТАВИТЬ СЛЕДУЮЩУЮ
ПОДДЕРЖКУ УЧАСТНИКАМ:**

Установление контактов и коммуникация с основными заказчиками и регуляторами (согласование технических и функциональных требований к конечным продуктам и системам, разработка и согласование технических регламентов и стандартов);

Представление интересов участников в органах власти всех уровней, институтах развития и др. (привлечение финансирования, разработка и реализация стратегической программы исследований технологической платформы);

Популяризация сферы радиационных технологий (развитие отдельных процессов, выгоды применения радиационных технологий);

Международная интеграция (продвижение разработок и продукции на внешние рынки, вступление в международные ассоциации International Irradiation Association, American Society of Mechanical Engineers и другие).

**В СЕНТЯБРЕ 2012 ГОДА В РОССИИ
ПРОЙДЕТ МЕЖДУНАРОДНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ ПО РАЗВИТИЮ
РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И ИХ ПРИМЕНЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ
СЕКТОРАХ МИРОВОЙ ЭКОНОМИКИ —
С УЧАСТИЕМ АССОЦИАЦИИ
ПРОФЕССИОНАЛОВ, ИННОВАЦИОННЫХ
ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ
И ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ**

Кроме того, в рамках технологической платформы «Радиационные технологии» в течение 2012 года планируется:

Издать доклад с основными научно-техническими приоритетами развития радиационных технологий;

Сформировать стратегическую программу исследований и разработок;

Провести технологический аудит российских игроков в сфере радиационных технологий и сформировать карту технологических цепочек.

КЛАСТЕР ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ «СКОЛКОВО»

Кластер ядерных технологий фонда «Сколково» был создан в 2010 году, первые эксперты Кластера начали работать с 2011 года. Основной целью его создания является трансфер ядерных технологий из военной и энергетической отрасли в гражданский сектор и развитие перспективных направлений прикладного использования ядерных разработок: технологий ядерной науки, радиационных технологий, технологий создания новых свойств материалов, технологий машиностроения, приборостроения и новой микроэлектроники и других.

**КЛАСТЕР ЯДЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ОБЕСПЕЧИВАЕТ
ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ
ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
С ЦЕЛЮ УКРЕПЛЕНИЯ
ГЛОБАЛЬНОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ЛИДЕРСТВА
И СОХРАНЕНИЯ
ОБОРОНОСПОСОБНОСТИ
СТРАНЫ**

Одним из результатов работы Кластера должна стать диверсификация технологий и продуктов. Ожидается, что отраслевые наработки можно будет применить на новых для игроков индустрии рынках – в ядерной медицине, безопасности, а также в области создания новых материалов и других.

В «Сколково» существует пять кластеров, соответствующих пяти направлениям развития инновационных технологий, заявленных руководством страны в качестве приоритетных, в том числе Кла-

стер ядерных технологий. Участники Кластера ядерных технологий поддерживают инновации в области атомной энергетики и смежных направлениях. На сегодняшний день в кластер входят более пятидесяти инновационных компаний. Одной из приоритетных задач «Сколково» является коммерциализация разработок компаний-резидентов инновационного центра.

**ОСНОВНАЯ СФЕРА
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИЙ-
РЕЗИДЕНТОВ ЯДЕРНОГО
КЛАСТЕРА — РАЗРАБОТКИ
В СФЕРЕ РАДИАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И НОВЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

На основе анализа перспектив развития технологий ядерной отрасли, сравнения с мировым уровнем и оценки кадрового потенциала были определены стратегические технологические направления деятельности Кластера ядерных технологий (в целом, связанные с развитием радиационных технологий и оборудования для их реализации).

АНАЛИЗ МИРОВЫХ ТРЕНДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПЕРСПЕКТИВ РТ НА РАЗЛИЧНЫХ РЫНКАХ ПОЗВОЛИЛ ОПРЕДЕЛИТЬ СПИСОК ПРИОРИТЕТОВ РАБОТЫ КЛАСТЕРА, В СООТВЕТСТВИИ С КОТОРЫМ ИДЕТ РАБОТА ПО ПРИВЛЕЧЕНИЮ ПРОЕКТОВ И КОМПАНИЙ В СКОЛКОВО:

- 01.** Медицинские изотопы и радиофармпрепараты
- 02.** Лучевая и радиоизотопная терапия и магнитотерапия
- 03.** Лазерные технологии для диагностики и терапии, косметологии и биотехнологий

04. Диагностические системы, использующие излучение и магнитные поля
05. Дезинфекция продуктов питания
06. Стерилизация медицинских изделий
07. Напыление, имплантация
08. Индустриальное напыление
09. Очистка и модификация поверхности
10. Электронно-лучевая эпитаксия
11. Радиационные технологии производства фильтров
12. Средства контроля структуры материалов и соединений
13. Досмотровые системы безопасности
14. Радиационные методы переработки отходов, в том числе радиоактивных
15. Радиационные методы очистки территорий, выхлопных газов, сточных вод
16. Электронно-лучевые, радиационно-химические технологии и технологии, использующие электромагнитные поля
17. Каротаж
18. Электромагнитное зондирование земной коры
19. Роботизированный контроль и ремонт радиационных установок
20. Нейтронные генераторы
21. Микроскопы и телескопы
22. СВЧ-электроника
23. Детекторы, сенсоры, дозиметры
24. Радиационные методы сварки и резки материала
25. Наплавка и закалка металлов
26. Методы легирования полупроводников
27. Радиационный отжиг
28. Система калибровки, проверки и аттестации детекторов излучений

5.4

КЛАСТЕРЫ НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕГИОНАХ РОССИИ

В России идет активное формирование инновационных территориальных кластеров. Среди них выделяются кластеры по направлению ядерной тематики, прежде всего речь идет о развитии неэнергетических радиационных технологий. Названные кластеры имеют разную специализацию и ориентируются в перспективе своего развития на разные рынки применения; особое внимание среди них уделяется рынку ядерной медицины, рынку безопасности, рынкам промышленного применения лазерно-пучковых технологий.

Все кластеры опираются на собственные исследовательские инфраструктуры.

В СВОЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВСЕ КЛАСТЕРЫ СТАВЯТ ПРИОРИТЕТНОЙ ЗАДАЧЕЙ ДОСТИЖЕНИЕ ВЫСОКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЗДАВАЕМЫХ ЦЕНТРОВ ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ, КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАЗРАБОТОК, А ТАКЖЕ СОБСТВЕННОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ НОВОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ, БИОТЕХНОЛОГИЙ, БИОФАРМАЦЕВТИКИ

Рисунок 11 Ключевые кластеры радиационных технологий в России



Blank lined page for writing.

Blank lined page for writing.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.[illegible]



Все вместе российские центры компетенций в состоянии полноценно развивать ограниченное число направлений в радиационных технологиях. Чтобы остаться в контексте мировой ситуации, нам нужно в течение ближайшего года определить приоритеты развития в этой сфере, чтобы сконцентрировать на них ограниченные ресурсы

Д. Ковалевич, РИА Новости (ria.ru), Москва, 9 июня 2012 г.

Кластер ядерных технологий Фонда «Сколково» начал свою деятельность в мае 2011 года, и всего за год мы собрали экспертный совет международного уровня, привлекли свыше 100 проектных заявок, одобрили 15 грантов от 100 тыс. до 5 млн. долларов.

Говоря о Кластере, я имею в виду объединение всех наших партнеров: стартап компаний, предпринимателей, технологических корпораций, венчурных инвесторов, университетов, научно-исследовательских центров, экспертов в науке и бизнесе. Кластер — это неформальная сеть, становлению которой мы помогаем, вырабатывая совместно технологические приоритеты, поддерживая развитие новых команд и создавая возможности для прикладной реализации результатов исследований.

Я искренне надеюсь, что этот доклад, отражающий взгляд нашей команды на перспективы развития радиационных технологий, станет поводом для новых партнерств и совместных проектов.

Денис Ковалевич,
Директор Кластера ядерных технологий
Фонда «Сколково»