



Атомная наука и техника в развивающихся странах: возможности и перспективы

*Размышления о развитии
применения ядерной энергии
для производства энергии,
в сельском хозяйстве, медицине,
промышленности, науке
и других областях*

Норамли бин Муслим

За 30 лет существования МАГАТЭ развивающиеся страны получили возможность осуществлять деятельность практически во всех областях атомной науки и техники, что ведет к широкомасштабному использованию энергии атомов в мирных целях во всем мире. Как и ожидалось, при этом возникали проблемы, поэтому прогресс в отдельных областях был достигнут быстрее, чем в других. Много сложных аспектов связано с мирным развитием ядерной энергии. Учитывая существующий опыт, можно задать вопрос, а какой потенциал она имеет? Обзор некоторых основных областей применения ядерной энергии, в которых МАГАТЭ принимает участие через проекты технической помощи и другую деятельность, указывает на наличие определенных перспектив.

Атомные электростанции

Причины более быстрого развития в развивающихся странах в течение нескольких последних десятилетий мирного использования изотопов и излучений, а не ядерной энергетики, несомненно связаны с фактором времени и денег. Для развития ядерной энергетики требуются значитель-

ные капиталовложения и наличие соответствующей инфраструктуры. Кроме того, долгосрочный прогноз в области энергетики, вероятно, более необходим, чем в других секторах промышленности. Проведение такого прогноза связано с большими трудностями и сложностями, так как он должен учитывать политику, проводимую в отношении других источников энергии, а также целый ряд факторов, связанных с национальной экономикой и вспомогательными отраслями промышленности, например, гарантированные возможности осуществления эксплуатационного обслуживания оборудования или внешние факторы: цены на уран и нефть. Любая ошибка в прогнозе может иметь

Г-н Норамли является заместителем Генерального директора МАГАТЭ по вопросам технического сотрудничества. Его статья взята из доклада, представленного на проходившем в Афинах Международном симпозиуме МАГАТЭ по значению и влиянию научных исследований на развивающиеся страны.

В 1977 г. МАГАТЭ и Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН совместно провели месячные курсы по растениеводству в Сельскохозяйственном научно-исследовательском институте в Нью-Дели, Индия. На фото — представители Ганы и Индонезии, принимавшие участие в числе двадцати ученых из разных стран.
(Фото А. Мик, МАГАТЭ)

серьезные последствия в силу очень длительного времени срабатывания „систем“, участвующих в этом проекте, например, любая ядерно-энергетическая программа начинает принимать четкую форму в среднем через 10 лет после начала ее реализации.

Первым важным шагом любой развивающейся страны является разработка обоснованного и пользующегося широкой поддержкой национального плана развития. И только разработка и наличие такого плана могут гарантировать эффективное развитие подготовки кадров и промышленной инфраструктуры. Это откроет двери всем неэнергетическим видам применения ядерной энергии, что в свою очередь представляет очевидный интерес (об этом я буду говорить позднее) для всех областей экономической деятельности и здравоохранения и, если позволяют местные условия, открывает дорогу возможному развитию ядерной энергетики.

В энергетическом секторе на пути анализа экономической целесообразности, проводимого до принятия решения о начале реализации ядерно-энергетического проекта, стоят большие трудности. Необходимо добавить, что такой анализ могут провести только эксперты в области энергетики, представляющие все заинтересованные группы; однако в этой области, вероятно, в большей степени, чем в каком-либо ином секторе, необходима внешняя помощь. Кроме того, нужно взвесить и многие другие факторы. К их числу относится политическая воля и стремление соответствующего правительства осуществить такой долгосрочный и сложный проект, понимание и приемлемость ядерной энергии общественностью страны, возможности национальной промышленности, связанные со строительством, эксплуатацией и техническим обслуживанием такого проекта, и, конечно, не последнюю роль

Республика Корея осуществляет одну из наиболее активных ядерноэнергетических программ среди развивающихся стран. На фотографии показаны модели турбинных строящихся в стране АЭС.

(Фото French Nuclear Newsletter, 1986 г.).



играет наличие достаточных финансовых средств, предоставляемых на условиях, которые делают этот проект экономически и технически осуществимым. В дополнение к этому существуют и другие очевидные и жизненно важные технические аспекты ядерной энергетики, которые нужно принять во внимание, а именно: безопасность и радиационная защита, топливный цикл, хранение радиоактивных отходов, снятие АЭС с эксплуатации и другие.

Каковы же перспективы развития ядерной энергетики в развивающихся странах с учетом всего вышесказанного?

Вообще говоря, потребление энергии указывает на уровень развития страны, поэтому можно предположить, что в будущем оно будет расти; в этом отношении интересно заметить, что темпы роста потребления электричества в развивающихся странах выше, чем в промышленно развитых странах. Возникает важный вопрос, а каковы эти темпы?

Производство электроэнергии с помощью атомных электростанций в развивающихся странах внедрялось медленнее, чем ожидалось: на 31 октября 1986 г. в этих странах насчитывался 21 действующий ядерный энергетический реактор. Еще 18 энергоблоков находилось в стадии строительства, причем 9 из них возводятся только в двух странах, а именно: в Индии и Республике Корея. Остальные — в Аргентине, Бразилии, Иране, Китае, на Кубе, в Мексике и на Филиппинах.



В исследованиях в области животноводства радиоизотопы, как правило, используются в качестве индикаторов. В течение прошедших 30 лет проекты, поддерживаемые МАГАТЭ, были сфокусированы на решении проблем, связанных с заболеваниями, кормлением и продуктивностью домашних животных, и также других аспектов.

Принимая во внимание реакторы, которые должны быть подключены к национальным энергосистемам, а также строящиеся энергоблоки, предполагается, что ядерно-энергетические мощности развивающихся стран к 1990 г. возрастут приблизительно на 12,7 ГВт(эл.), что составляет 10 % ожидаемого роста мощностей во всех странах (120,5 ГВт(эл.)). В более отдаленном будущем по минимальным оценкам Агентства ядерно-энергетические мощности (исключая развивающиеся страны Европы с централизованно планируемой экономикой) в 1995 г. и 2000 г. возрастут соответственно на 30 ГВт(эл.) и 40 ГВт(эл.), что составит (в обоих случаях) 4 % от общих мощностей.

Такие прогнозы необходимо рассматривать только в качестве грубых оценок, т.к. они связаны с непредсказуемыми факторами или событиями, например, с возможным пересмотром после Чернобыльской аварии национальных планов или внедрением энергетических реакторов небольшой или средней мощности, в отношении которых уже проводятся экономические оценки.

Пищевая промышленность и сельское хозяйство

Ядерные методы стали важным инструментом научных исследований и разработок в пищевой промышленности и сельском хозяйстве. Эти методы применяются в основном для оптимизации рациона животных или использования удобрений, для выведе-

дения новых улучшенных сортов сельскохозяйственных культур или создания более эффективных и менее вредных пестицидов, уничтожения насекомых-вредителей и сохранения пищевых продуктов. Развивающиеся страны незамедлительно проявили интерес к этим методам и теперь выгодно их используют. В основном развитие этих методов осуществляется с помощью Объединенного отдела МАГАТЭ и Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций (ФАО), который был создан в 1964 г. В настоящее время развивающиеся страны получают выгоду от реализации примерно 150 проектов технической помощи.

● **РАЦИОН ЖИВОТНЫХ.** Во многих тропических или субтропических странах нехватка молока и мяса обусловлена главным образом низкой продуктивностью домашних животных, а не недостаточными размерами поголовья скота. Радиоизотопные индикаторы могут использоваться для изучения процессов ферментации, расщепления протеина в рубце желудка и процессов ассимиляции в кишечнике. Таким образом, с их помощью можно использовать недорогие корма, например, солому, и тем самым повысить вес животных и производство молока. Аналогичные результаты можно получить благодаря повышению воспроизводства этих животных; в этих целях для выяснения различных факторов, влияющих на воспроизводство, используются методы радиоиммунологического анализа (РИА). Кроме того, методы радиоизотопных индикаторов и РИА успешно применяются для борьбы с заболеваниями домашних животных.

● **ПЕСТИЦИДЫ И УДОБРЕНИЯ.** Интенсификация производства сельскохозяйственной продукции в развивающихся странах сопровождается ростом применения инсектицидов; использование удобрений пойдет по аналогичному пути. Вообще говоря, применение удобрений, инсектицидов и гербицидов дает положительный экономический эффект, однако, часто их использование приносит ущерб из-за попадания этих продуктов (или побочных продуктов) в землю и поверхностные воды. Хорошо известны примеры гибели озер в результате попадания в них смываемых с пашни удобрений. Для оптимизации их применения нужно знать механизм переноса и возможные последствия взаимодействия таких веществ с окружающей средой. Для успешного проведения таких исследований предпочтительно применять методы радиоизотопных индикаторов. С их помощью, например, можно определить зависимость удельных потерь инсектицидов от температуры, осадков, солнечного света, характера почвы и выращиваемых сельскохозяйственных культур.

● **МУТАГЕНЕЗ И СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ.** Другим важным методом, применяемым для увеличения производства пищевых продуктов, является гамма облучение семян или обработка их быстрыми нейтронами для индуцирования мутации. В результате увеличивается генетическое разнообразие сель-



Двое из сотен участников совместного семинара ФАО/МАГАТЭ для стран Азии и района Тихого океана по облучению пищевых продуктов, проведенного в Шанхае в апреле 1986 г. Модель шанхайской установки по облучению, которая в настоящее время введена в строй.



скохозяйственных культур, из которых выбираются наилучшие генотипы, способные после скрещивания образовать сорта с требуемыми характеристиками: более высокой урожайностью, устойчивостью к неблагоприятным климатическим условиям и воздействию соленой воды, а также повышенной болезнестойкостью. Можно предположить, что такой метод вызывает интерес у большого числа развивающихся стран. МАГАТЭ осуществляет очень активную программу в этой области и оказывает поддержку примерно 20 проектам технического сотрудничества. Агентство неоднократно подчеркивало ценность этих методов для развивающихся стран, а в настоящее время многие из них уже активно их используют. Применение данных методов будет расширяться, т.к. они направлены на решение жизненно важных проблем и достаточно хорошо восприняты общественностью этих стран. Темпы роста их применения зависят от конкретных условий в каждой отдельной стране, особенно это касается экономической ситуации.

● **ОБЛУЧЕНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ.** Сохранение пищевых продуктов с помощью облучения является хорошо отработанным методом. Он препятствует прорастанию овощей, продлевает сроки их хранения, нейтрализует патогенные вещества и убивает

паразитов и насекомых, которые приводят к порче пищевых продуктов, а также обеспечивает микробную стерилизацию пряностей и сушеных продуктов. Этот метод представляет особый интерес для развивающихся стран, расположенных в тропических районах. Некоторые развивающиеся и промышленно развитые страны в предварительном порядке одобрили облучение многих продуктов как безусловно безопасное. Выводы, к которым пришли в 1981 г. в рамках международного проекта в области облучения пищевых продуктов и которые гарантировали, что средняя общая доза облучения продуктов ниже 10 кГр безопасна для здоровья, а также разработка и утверждение в 1983 г. Продовольственной комиссией кодекса (Codex Alimentarius Commission) норм облучения пищевых продуктов, вероятно, будут способствовать прогрессу в деле использования этого метода. В последние три года мы стали свидетелями возрастающего интереса развивающихся стран-членов Агентства к применению этого метода в рамках программы технического сотрудничества МАГАТЭ, эта тенденция неуклонно возрастает. Вопрос признания и приемлемости общественностью метода облучения пищевых продуктов является основным препятствием на пути его быстрого и расширенного внедре-



МАГАТЭ оказало помощь многим странам, заинтересованным в использовании изотопов для изучения проблем водоснабжения. В 60-х годах на Ямайке Агентство в рамках проекта Программы развития ООН провело изотопные исследования.

ния. В настоящее время общепризнана широкая необходимость более интенсивных усилий, направленных на достижение понимания и признания общественностью значительной выгоды, которую сулит метод облучения пищевых продуктов.

Промышленность и наука о земле

Вначале ядерные методы были разработаны и применены в некоторых областях промышленности и науки о земле; в настоящее время это обычная повседневная практика, часто осуществляемая на коммерческой основе.

● **ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ, ПЛОТНОСТИ И УРОВНЯ.** Почти все бумагоделательные машины оборудованы ядерными датчиками, непрерывно поставляющими информацию о поверхностной плотности производимой бумаги; почти на всех крупных сталеплавильных заводах используются ядер-

ные толщиномеры. Кроме того, в различных технологических процессах применяются тысячи уровней. Такие приборы уже вышли из стадии научных исследований и разработок, за исключением случаев, связанных с решением очень специфических проблем. Внедрение таких приборов в развивающихся странах медленно следует за процессом их индустриализации. Необходимо отметить весьма позитивную и стимулирующую роль Регионального соглашения о сотрудничестве (РСС) МАГАТЭ и Программы развития ООН (ПРООН) во внедрении такого оборудования в Азии и районе Тихого океана, особенно это касается датчиков для бумажной и сталелитейной промышленности.

● **ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОИЗОТОПНЫХ ИНДИКАТОРОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.** После второй мировой войны его темпы сильно возросли. Оно является простым методом „устранения трудностей” в обрабатывающей промышленности, помогает решать проблемы оптимизации технологического процесса и контроля. В последней области успех метода радиоизотопных индикаторов обусловлен фактом, что он является единственным методом, с помощью которого можно контролировать процесс дисперсии. Дисперсия играет решающую роль в тех промышленных процессах, где она используется (химические реакции и смесители) или где с ней борются (транспортировка жидкостей по трубопроводам). Во многих промышленно развитых странах компании коммунального обслуживания используют этот метод в коммерческих масштабах. В других странах радиоизотопные индикаторы применяются только в лабораториях или в опытно-экспериментальных масштабах, и лицензии на их применение выдаются с большим трудом. Несомненно, в этих странах будет более либерально относиться к этому методу, т.к. промышленность и машиностроительные компании уделяют постоянное внимание оптимизации технологических процессов, и метод радиоизотопных индикаторов очень часто оказывается единственным средством ее достижения. Уровни радиоактивности при проведении на заводах испытаний с использованием радиоизотопных индикаторов обычно очень низки, кроме того, применяются, как правило, только самые короткоживущие изотопы. Всего лишь несколько развивающихся стран успешно используют радиоизотопные индикаторы в промышленности. Есть основания полагать, что масштабы их применения в развивающихся странах расширятся: расходы на создание необходимой инфраструктуры ничтожны по сравнению с получаемой выгодой, поэтому применение данного метода обязательно будет расширяться с процессом индустриализации.

● **МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.** Ядерные методы неразрушающего контроля (НК), особенно гамма-радиография, широко используются в большинстве развивающихся стран. Контроль качества оборудования очень часто имеет жизненно важное значение, а также влияет на конкурентоспособность

изделий. Вероятно, это основная причина широкого применения этих методов. Различные мероприятия, проводимые на международном уровне при участии МАГАТЭ, направлены на усовершенствование методов подготовки специалистов в области неразрушающего контроля. Можно ожидать, что по мере развития национальной обрабатывающей промышленности в развивающихся странах будут расти и масштабы использования методов НК. Несомненно, эти страны будут вынуждены сделать это, когда некоторым из них потребуется обеспечить контроль качества изготавливаемой продукции на уровне требований международного рынка. В настоящее время примером таких событий в будущем, вероятно, является Сингапур, который проводит политику закупки проектов „под ключ“, поэтому особое внимание уделяется разработке методов контроля качества материалов, предназначенных на экспорт.

● **РАДИАЦИОННАЯ ХИМИЯ.** Излучения, которые первоначально использовались в качестве источника энергии в различных промышленных процессах, постепенно стали повседневно применяться в целом ряде областей. С первой половины 50-х годов, когда начали осуществлять в промышленных масштабах радиационную стерилизацию медицинских материалов и принадлежностей, возникали новые области их применения, что явилось результатом проведения широкомасштабных фундаментальных и прикладных научных исследований. В промышленности широкое распространение получили методы радиационно-стимулированного изменения свойств полимеров, особенно в кабельной, упаковочной промышленности и других отраслях. Позднее метод радиационного отверждения стал широко применяться в различных областях, заменяя и дополняя методы ультрафиолетовой и тепловой обработки. В промышленности примерно 45 государств в настоящее время используется около 150 промышленных источников излучения большой мощности (в основном источник гамма-излучения с кобальтом-60). Несколько сот ускорителей электронов применяется в коммерческих масштабах для радиационной сшивки и отверждения материалов.

Разрабатываются новые процессы, которые, как ожидается, в ближайшем будущем найдут коммерческое применение. Уже упоминалась радиационная обработка пищевых продуктов для сохранения их от порчи и гниения. К их числу также относятся радиационная дезактивация отходов в целях безопасного повторного использования (сточные воды, шлам), радиационная обработка промышленных газообразных отходов для защиты окружающей среды и различные виды биомедицинского применения. Вопреки широко распространенному мнению, в развивающихся странах целесообразней использовать технологию радиационной обработки вместо других конкурирующих технологий, основывающихся на применении альтернативных источников энергии. Например, промышленная радиационная



В 1967 г. МАГАТЭ оказало помощь Сенегалу в реализации проекта радиоизотопной лаборатории Западно-Африканского научно-исследовательского института раковых заболеваний при госпитале Дантек в Дакаре. В настоящее время МАГАТЭ в рамках данного проекта продолжает оказывать помощь Сенегалу в области ядерной медицины.

(Фото ООН)

стерилизация является простым и надежным процессом, безопасным для окружающей среды и персонала, обслуживающего источники излучения. В развивающихся странах действуют такие же нормы безопасности, как и в большинстве промышленно развитых стран, чего нельзя сказать о конкурирующих технологиях, основанных на применении токсичных газов, т.к. высокие нормы безопасности, действующие в передовых государствах, никогда не применяются в менее развитых странах. Развивающиеся страны уже давно признали потенциальные возможности радиационной стерилизации, и во многих из них действуют опытные установки. Выгода от их применения очевидна, кроме того, они помогают существенно поднять общий уровень здравоохранения.

Однако преимущества этих методов в других сферах деятельности пока еще не получили должной

оценки или используются неполностью. Одна из основных причин заключается в уровне развития радиационной науки и техники: для прогресса в области радиационной инженерии, радиационной физики и химии требуется соответствующая инфраструктура, подготовленные кадры и информация. Их отсутствие затрудняет определение промышленных возможностей, а также подготовку и реализацию проектов промышленно ориентированного развития радиационной технологии. Уже отмечалось, что страны, имеющие относительно развитые программы радиационных исследований, лучше подготовлены для применения новой технологии на раннем этапе и передачи этой технологии. Передача более сложных технологий, например, радиационной сшивки и отверждения, происходит очень медленно. Здесь существует много трудностей, в основном обусловленных нехваткой национальных возможностей для проведения исследований в области контроля качества, технологического контроля, создания новых технологий и материалов и т.д. Во многих развивающихся странах имеются потенциальные возможности промышленного применения излучений, потребности в которых, совершенно очевидно, будут расти. И увеличение этих возможностей будет происходить параллельно общей индустриализации и возрастанию потребности в улучшении уровня общественного здравоохранения, безопасности персонала, а также в новых, более качественных продуктах, в усилении защиты окружающей среды и в силу многих других причин.

● **ЯДЕРНЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ**, как и все аналитические методы, могут оказать влияние на многие области исследований и технологии. Применение таких методов имеет особенно большое значение в промышленности и науке о земле. К их числу относится активационный анализ с помощью надтепловых и быстрых нейтронов, различные методы радионуклидных индикаторов, как, например, анализ методом изотопного разбавления, рентгеновской флюоресценции, индуцированной ядерным излучением, и рентгеновской флюоресценции независимо от способа возбуждения, хотя основное явление носит атомный, а не ядерный характер. Эти методы широко используются во многих аналитических лабораториях, в которых также применяются и неядерные методы. В частности, активационный анализ применяется при разведке рудных месторождений, в геологии, медицине, в области промышленных исследований и дозиметрического контроля за состоянием окружающей среды. Многие проекты технического сотрудничества МАГАТЭ направлены на оказание содействия внедрению этих методов в развивающихся странах, где уже создан целый ряд лабораторий. Лаборатории, в которых используются методы активационного анализа, создавались на базе ядерных исследовательских реакторов или генераторов нейтронов. Как правило, они оказывают аналитическую поддержку исследованиям, проводимым в ядерных исследовательских центрах, а также другим национальным организациям. Метод рентгеновской флюоресценции не зависит от наличия таких крупных установок, как ядерный реактор или ускоритель частиц; он, например, применяется при разведке и добыче полезных ископаемых, в промышленности

и различных научно-исследовательских институтах. Часто лаборатории активационного анализа строятся вместе с исследовательскими реакторами для оказания поддержки деятельности, которая не всегда заранее планируется. А это может привести к разработке аналитического метода как самоцели, а не средства решения какой-либо конкретной проблемы. Можно избежать этой опасности, если тщательно изучить потребности конечных пользователей в этих методах. Можно также предположить что число ядерных аналитических методов в развивающихся странах будет по-прежнему расти. В большинстве передовых стран сейчас хорошо известны эти потребности и хорошо понимают роль ядерных методов в сочетании с неядерными. Оказывается, что и в развивающихся странах существуют также потребности, но в полной мере они, конечно, не изучались.

● **ИЗОТОПНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**. Следует отметить, что в развивающихся странах особенно остро стоит проблема водоснабжения. Ядерные методы с использованием в первую очередь искусственных, а затем и природных изотопов, например, дейтерия, кислорода-18, трития, углерода-14 и других, были в числе первых методов, разработанных в 1950—1955 гг. Проблемы охватывают все стадии водного цикла; решение этих проблем в результате применения ядерных методов как дополняющих неядерные или в качестве самостоятельных методов приносит очевидную пользу. Измерение природных индикаторов водорода и кислорода в водных ресурсах или радиоактивного распада содержащихся в воде природных элементов используется для решения сложных проблем с целью определения связей, перемешивания, возраста и происхождения грунтовых вод. МАГАТЭ сыграло большую роль в создании лабораторий изотопной гидрологии во многих развивающихся странах. Потребуется пройти еще длинный путь, прежде чем в большинстве развивающихся стран будут решены проблемы водных ресурсов. Именно поэтому продолжает развиваться деятельность существующих лабораторий и появятся новые лаборатории. Им придется столкнуться с новыми проблемами, например, загрязнением водной среды, и внести свой вклад в эксплуатацию природных ресурсов, например, геотермальных, которые до настоящего времени не разрабатывались.

Ядерная медицина

Радионуклидные индикаторы широко и с большой пользой применяются в медицине. Общеизвестно одно из ее направлений — ядерная медицина. Примерно в 60 развивающихся странах в настоящее время имеются программы в этой области. Изотопные индикаторы используются в диагностических целях и для лечения болезней, а также в медицинских научных исследованиях. Существует четыре основных направления их применения, классифицируемых в соответствии со способом детекции излучения и ввода радионуклидных индикаторов.

● Индикатор вводится в организм больного с последующим внешним измерением излучения тела пациента. К этой категории относятся методы ядерного сканирования внутренних органов человека, например, мозга, а также тесты по определению

физиологических процессов, например, экскреция меченых молекул почками.

● Измерение изотопного индикатора в физиологической жидкой пробе проводится *in vitro*, например, для измерения объема циркулирующей крови или для изучения абсорбции витаминов.

● В организм пациента не вводятся никакие индикаторы, и все тесты проводятся *in vitro*, например, радиоиммунный анализ (РИА) гормонов.

● Радиоизотопная терапия, которая включает в себя хорошо известные методы лечения рака щитовидной железы с помощью радиоактивного йода.

Значение РИА, позволяющего изучать защитную систему организма человека в борьбе с паразитарными заболеваниями или ставить диагнозы, за последние десять лет сильно возросло благодаря возможности проводить с его помощью очень чувствительные измерения антиген и антител. Кроме того, за последние несколько лет были существенно усовершенствованы методы ядерного сканирования, позволяющие получать изображение меченых органов после введения радиоизотопных индикаторов в организм больного. Они прошли большой путь от первых сканирующих устройств до гамма-камер, которые в сочетании с компьютером позволяют проводить (как ее сейчас называют) томографию внутренних органов человека или другими словами — получать их изображение в разрезе. Для применения этих и других методов в ядерной медицине необходимы специальные радиофармацевтические препараты, в производстве которых должен осуществляться строгий контроль качества. Производство радиофармацевтических препаратов дает толчок к активному развитию целой отрасли промышленности. Новые радиофармацевтические препараты, включая процедуры контроля качества и требуемые контрольно-измерительные приборы, создаются и разрабатываются почти исключительно в передовых и хорошо оснащенных национальных и частных или коммерческих лабораториях в развитых странах. За некоторыми исключениями, лаборатории развивающихся стран не принимают участия в этих разработках. В связи с этим нужно заметить, что создание новых, годных для продажи радиофармацевтических препаратов, — это длительный и дорогостоящий процесс, во многих случаях требующий нескольких лет и значительных экономических и людских ресурсов. Однако разрыв времени с момента завершения успешных испытаний нового продукта и получения разрешения на его использование в клиниках развитой страны и началом местного производства аналогичного препарата (обычно в национальном исследовательском центре развивающейся страны) не столь велик, как во многих других областях. В некоторых случаях он не превышает одного года. Это пример относительно стабильной передачи информации и „ноу-хау”, поставленной на службу обществу, в частности, в более передовых с технологической точки зрения развивающихся странах. Конечно, совершенно иная ситуация сложилась в других развивающихся странах, не столь продвинувшихся на пути технического прогресса, которые не импортируют радиофармацевтические препараты и устройства, производимые всего лишь несколькими крупными коммерческими поставщиками.

Однако есть еще и другие области, связанные с ядерной медициной, в которых масштабы передачи технологий невелики. Это производство и поставки радиоизотопов и установок, производящих радионуклиды в медицинских целях. Существующая технология производства наиболее широко используемого в ядерной медицине радиоизотопа, а именно технеция-99m, основывается на дорогостоящих и сложных радиохимических процедурах, включающих производство расщепляющегося изотопа молибден-90, который является сырьевым радиоизотопом метастабильного технеция-99m. Только в нескольких передовых промышленно развитых странах производятся генераторы технеция. Для развивающихся стран ассимиляция и освоение этой технологии оказалось чрезвычайно сложным делом в силу экономических причин и отсутствия реакторов с соответствующими нейтронными потоками, а также перерабатывающих установок. Некоторые страны импортируют значительные количества генераторов технеция-99m, хотя у них имеются действующие ядерные исследовательские реакторы. Благодаря новым концепциям в настоящее время завершается разработка альтернативной генераторной технологии, с помощью которой можно будет использовать исследовательские реакторы малой и средней мощности. Некоторые из этих концепций были известны в течение уже многих лет, однако добиться больших успехов не удавалось. Крупные коммерческие производители не были заинтересованы и по-прежнему не заинтересованы в достижении прогресса в этой технологии. Для этого просто отсутствует достаточная экономическая инициатива.

Однако некоторые развивающиеся страны поняли, какие огромные выгоды им сулят эти новые технологии, и начали реализовывать крупные исследовательские программы по разработке новых генераторов радионуклидов для клинического использования в госпиталях с применением своих собственных ядерных исследовательских реакторов. Этот пример показывает, что соответствующие технологии, представляющие интерес только для развивающихся стран или незначительный интерес для одной технологически развитой страны, должны разрабатываться странами, ощущающими наибольшую потребность в данной технологии. Что касается генераторной технологии, то имеется, к счастью, целый ряд технологически передовых развивающихся стран, которые ведут исследования в этой области и делятся своим опытом и результатами с научными центрами в менее развитых странах. Данные размышления о проблемах производства радиофармацевтических препаратов в развивающихся странах указывают на то, что в ближайшем и не столь отдаленном будущем эти препараты, вероятно, придется импортировать. Можно также спокойно предположить, что число методов, основанных на РИА, при содействии МАГАТЭ будет по-прежнему расти, так как для решения жизненно важных проблем в этой области (а их здесь больше, чем в какой-либо иной) требуется международное сотрудничество. Гораздо сложнее делать прогноз относительно методов ядерного сканирования, так как они требуют значительных капиталовложений и по-прежнему быстро развиваются.