

Нейтроны спасают жизни:

использование исследовательских реакторов для производства медицинских изотопов и радиофармпрепаратов

Амирреза Джалилиан и Мэри Элбон

Эффективное производство медицинских радиоизотопов и разработка новых радиофармпрепаратов — это путь к совершенствованию диагностики и повышению эффективности лечения многих видов рака и других заболеваний. В результате спрос на радиоизотопы, которые в основном производятся с помощью исследовательских реакторов и ускорителей, продолжает расти, а число радиофармпрепаратов, используемых в клинической практике, стремительно увеличивается.

Исследовательские реакторы, способные производить радиоизотопы, есть в **40** странах, из которых около **25** активно производят радиоизотопы для применения в медицине.

«Медицинские радиоизотопы и радиофармпрепараты могут спасти жизнь, если они приготовлены и применяются надлежащим образом», — говорит директор Отдела физических и химических наук МАГАТЭ Мелисса Денекке.

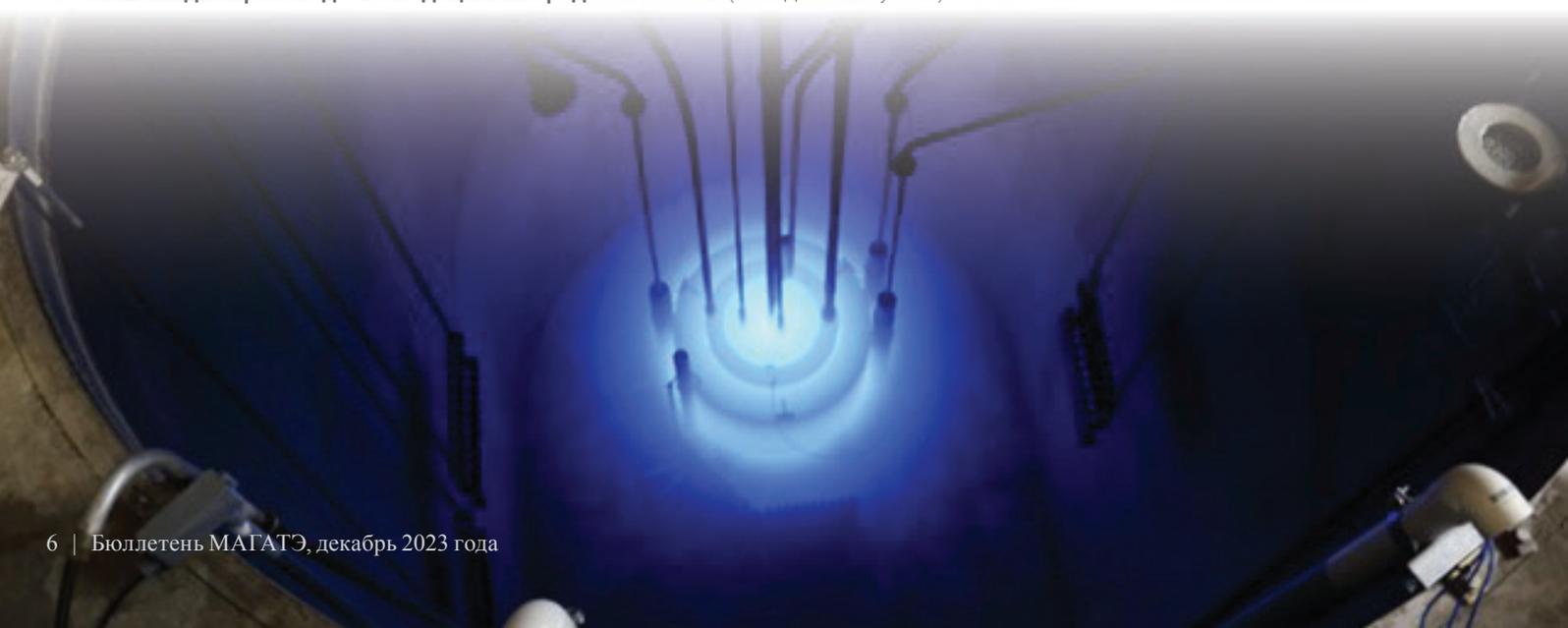
Медицинские радиоизотопы — это радиоактивные элементы, которые, прикрепляясь к определенным молекулам в фармацевтических препаратах, испускают излучение, легко отслеживаемое соответствующими приборами, что делает их полезными для целей

медицинской диагностики. Их можно также использовать в терапевтических целях, подвергая точечному облучению опухолевую ткань для лечения онкологических заболеваний, например рака простаты, молочной железы или кишечника.

Радиофармпрепараты — это лекарства, в которых медицинский радиоизотоп сочетается с биологически активной молекулой. Диагностические радиофармпрепараты содержат радиоизотопы, испускающие гамма-излучение, и могут использоваться для обследования конкретных органов, тканей или клеток. Они вводятся пациентам путем инъекций, ингаляций или перорально для неинвазивного получения изображений органов или тканей-мишеней с помощью внешней камеры, регистрирующей гамма-излучение. Терапевтические радиофармпрепараты содержат радиоизотопы, испускающие частицы, которые накапливаются в тканях-мишенях и убивают раковые клетки.

Исследовательские реакторы являются основным источником производства медицинских радиоизотопов, включая, среди прочих, молибден-99 (Mo-99), йод-131 (I-131) и гольмий-166 (Ho-166). I-131, который используется для диагностики и лечения рака щитовидной железы, был одним из самых первых радиоизотопов, произведенных в исследовательском реакторе в начале 1940-х годов. Всего производится около 35 медицинских радиоизотопов, однако основная доля производства приходится на Mo-99. Он является материнским изотопом технеция-99m (Tc-99m), который находит применение почти в 85 процентах проводимых по всему миру процедур ядерной медицины для диагностики онкологических заболеваний и

Активная зона исследовательского реактора в Рид-колледже (Соединенные Штаты Америки), в которой облучается мишень для производства медицинских радиоизотопов. (Фото: Д. Маккалоу/Flickr)



болезней сердца, мозга и костей: каждый год с его использованием проводится до 50 млн таких процедур.

Еще одним важным радиоизотопом, который нарабатывается в исследовательских реакторах, является лютеций-177 (Lu-177). «На основе Lu-177 производятся терапевтические радиофармпрепараты, используемые для лечения болей в костях и рака простаты, желудка и кишечника, — говорит научный сотрудник Центра радиоизотопов ПОЛАТОМ при Национальном центре ядерных исследований Польши Рената Миколайчак. — В стадии разработки в мире находится по меньшей мере 20 новых лекарств, в которых используется Lu-177».

В мае 2023 года МАГАТЭ приступило к осуществлению проекта координированных исследований по разработке новых радиофармпрепаратов для лечения рака с использованием Lu-177. «Последние разработки в области радиотерапии на основе Lu-177 изменили подход к лечению нейроэндокринных опухолей и рака предстательной железы, что привело к улучшению результатов лечения пациентов, — отмечает ученый-радиофармацевт из МАГАТЭ Аруна Корде. — Однако в нашем понимании биологического поведения терапевтических радиофармпрепаратов, меченных Lu-177, все еще остаются пробелы». Упомянутый проект координированных исследований направлен на выявление и устранение факторов, которые могут ограничивать эффективность такой радиотерапии. В рамках проекта будет вестись разработка и доклиническая оценка радиофармпрепаратов на основе Lu-177 для анализа их потенциала в области лечения некоторых распространенных онкологических заболеваний, а также будут подготовлены руководства по изотопному мечению и оценке качества, безопасности и эффективности радиофармпрепаратов на основе Lu-177.

Производство радиоизотопов

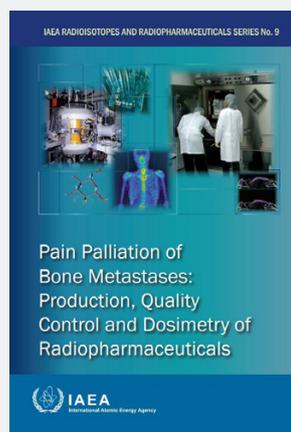
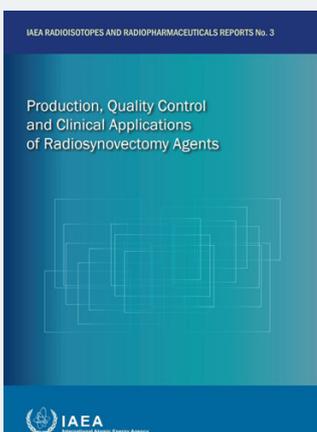
Исследовательские реакторы, пригодные для производства радиоизотопов, есть в 40 странах, при этом около 25 из них активно производят радиоизотопы для применения в медицине. В большинстве случаев радиоизотопы производятся для внутреннего рынка. Относительно небольшое число стран экспортирует радиоизотопы на региональный или мировой рынок, и только некоторые

страны экспортируют их в больших количествах. МАГАТЭ предоставляет странам информационно-консультационные услуги в области использования исследовательских реакторов для разработки и производства этих важнейших средств диагностики и лечения. Исследовательские реакторы являются безопасным и стабильным источником важных изотопов для медицинских применений, включая радиофармпрепараты; кроме того, на их основе производятся радиоизотопные источники, используемые в терапевтических целях, например в брахитерапии, и для стерилизации медицинских изделий.

Спрос на них продолжает расти. «Растущий спрос на радиоизотопы, получаемые с помощью исследовательских реакторов, будет удовлетворен еще не скоро», — говорит Бернар Понсар, руководитель проекта по радиоизотопам в Бельгийском центре ядерных исследований, известном также как SCK CEN.

МАГАТЭ содействует странам в производстве радиоизотопов на основе исследовательских реакторов не только в медицинских, но и в промышленных и научно-исследовательских целях. Агентство разрабатывает руководящие материалы, проводит технические совещания для обмена информацией и ноу-хау, организует проекты координированных исследований с участием исследовательских организаций в разных странах, а также способствует созданию потенциала посредством учебных мероприятий, научных командировок и стажировок. В рамках своей программы технического сотрудничества МАГАТЭ помогает также отдельным странам и содействует осуществлению региональных и межрегиональных проектов.

«МАГАТЭ создает и развивает международное сообщество специалистов, способных производить радиоизотопы и безопасные, высококачественные радиофармпрепараты, — говорит Мелисса Денекке. — Наша конечная цель — помочь увеличить мировое производство этих важнейших средств ядерной медицины и устранить имеющиеся в некоторых регионах проблемы с доступом, чтобы уязвимые группы (больные раком и другими опасными для жизни заболеваниями) могли получать необходимую им помощь».



Две недавние публикации МАГАТЭ посвящены производству и клиническому применению радиофармпрепаратов для лечения болей в суставах при ревматоидном артрите и гемофилии, а также для облегчения болей, обусловленных прогрессирующими костными метастазами. Эти методы лечения могут улучшить качество жизни больных данными заболеваниями.