

Изотопы в народном хозяйстве СССР

А. М. ПЕТРОСЬЯНИ

В 1968 г. исполнилось 20 лет после начала производства в СССР радиоактивных изотопов, а как много сделано в области их получения и применения в различных отраслях народного хозяйства, в науке, медицине, промышленности, сельском хозяйстве!

За прошедшие 20 лет атомная наука и техника заняли достойное место в практической деятельности человека. Энергия атома поставлена на вооружение народного хозяйства СССР. Советский Союз первым пошел по пути мирного использования атомной энергии, введя в эксплуатацию в 1954 г. в Обнинске первую в мире атомную электростанцию промышленного типа. В 1958 г. была пущена Сибирская АЭС.

В 1964 г. на Белоярской атомной электростанции им. И. В. Курчатова был запущен реактор с ядерным перегревом пара. В этом же году вошла в строй Ново-Воронежская АЭС, а в ноябре 1965 г. на родине В. И. Ленина дала первый ток Ульяновская АЭС (Мелекес). Сейчас мощность «фабрик атомного электричества» в СССР составляет около 1,5 млн. *квт.*

В ближайшие годы в Советском Союзе должна быть создана промышленная серия экономически рентабельных энергетических реакторов для крупных АЭС. На Кольском п-ве и на Чукотке уже строятся Кольская и Билибинская АЭС.

Рассматривая вопрос экономичности атомных электростанций по сравнению с обычными, можно указать, что в настоящее время 1 *квт.ч.* Ново-Воронежской АЭС обходится дешевле одной копейки (0,95 коп., а в некоторые месяцы 1968 г. — 0,92 коп.). А ведь пущен только первый блок этой крупной промышленной АЭС. После пуска второго и третьего блоков стоимость 1 *квт.ч.*, безусловно, резко снизится, и НВАЭС станет полностью конкурентоспособной с лучшими угольными электростанциями СССР.

Перечисленные атомные электростанции, сооруженные в СССР, работают на так называемых медленных (тепловых) нейтронах. А это, как известно, не является лучшим методом использования ядерного горючего изотопов U^{235} . Вот почему уже в начале 50-х гг. в СССР началось изучение перспектив промышленного применения ядерных энергетических реакторов на быстрых нейтронах.

Сложность решения проблемы энергетического использования реакторов на быстрых нейтронах потребовала создания серии экспериментальных реакторов такого типа. Так, в 1955 г. был построен и пущен реактор БР-1 тепловой мощностью несколько десятков ватт, в 1956 г. был создан реактор БР-2 мощностью 400 *квт (т.)*, а в 1958 г. — реактор БР-5 мощностью 5 тыс. *квт (т.)* на двуокиси плутония с натриевым охлаждением.

На этих экспериментальных реакторах была проведена широкая программа исследований. Важное значение в этой программе имели работы на реакторе БР-5, физические и технические параметры которого ближе всего к параметрам, необходимым для энергетического реактора на быстрых нейтронах.

На основе опыта эксплуатации этих исследовательских реакторов были начаты работы по созданию крупных АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. Можно считать, что опытное освоение энергетических реакторов этого типа со всем комплексом необходимых работ, по-видимому, начнет осуществляться в ближайшие 2—3 года. Для этого в настоящее время в г. Шевченко на Каспийском море (КазССР) строится крупная АЭС с реактором на быстрых нейтронах. Наряду с выработкой электроэнергии [150 *Мвт (эл.)*] эта АЭС будет давать пар на установку для опреснения морской воды в количестве до 150 тыс. *т* в сутки.

В Мелекесе (Ульяновская обл.) заканчивается сооружение опытного реактора БОР-60

для проверки работоспособности активных зон, проведения массовых испытаний ядерного горючего на глубину выгорания, для отработки конструкций парогенераторов и т. д.

Последние годы характеризуются быстрым развитием работ по прямому преобразованию ядерной энергии в электрическую. Ядерная высокотемпературная энергетическая установка «Ромашка» на быстрых нейтронах мощностью 500 *вт* проработала в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова более 15 тыс. ч.

Созданы автономные источники тепловой и электрической энергии на основе применения радиоактивных изотопов. Изотопные источники электрического тока отличаются высокой надежностью, длительным сроком службы в зависимости от заложенных в них радиоактивных изотопов, сравнительной простотой конструкции. Они могут найти самое широкое применение для питания различных устройств, находящихся в труднодоступных, отдаленных районах земного шара, в морях и под водой, в космическом пространстве. Так, генератор типа «Бета-2» мощностью 10 *вт* может работать в комплексе с автоматической метеостанцией непрерывно в течение 10 лет. Установки «Бета» уже работают в Иркутской области, на о-ве Диксон и в других местах.

Применение ядерного горючего не исчерпывает, конечно, возможности технического прогресса только в производстве электроэнергии. В Советском Союзе и в других странах проводятся широкие исследования по созданию так называемых магнитогидродинамических (МГД) генераторов, непосредственно преобразующих в электрическую энергию тепло нагретых до высокой температуры ионизированных газов, проходящих через магнитное поле. Этот метод может повысить к. п. д. установок до 50—60% по сравнению с 35—40%, получаемыми на паротурбинных конденсационных электростанциях. Однако на пути его внедрения стоят еще очень большие научные и технические трудности.

Огромные потенциальные резервы энергетика заложены в использовании реакции синтеза ядер. Практически широкие исследования по управляемым термоядерным реакциям в Советском Союзе начались в 1950 г., когда советскими учеными была выдвинута идея о термоизоляции горячей плазмы от стенок цилиндров с помощью магнитного поля. Пока трудно делать прогнозы о том, когда будет решена эта сложнейшая проблема современности. Но

результаты, полученные в последнее время, показывают, что наши ученые и инженеры добились серьезных успехов на пути ее решения.

Сейчас в термоядерных системах, которые разработаны в Советском Союзе, удалось получить плазму с температурой до 5 млн. °С при плотности до 10^{14} *частиц/см³*. При этом время удержания измеряется десятками миллисекунд. Таким образом, за последнее время в 10 раз увеличены плотность плазмы и время удержания, повышена температура. Однако для технического осуществления термоядерного реактора потребуется еще значительное время.

Физика находится на пороге решающих открытий и в области микромира — создания единой теории поля, познания внутренней структуры элементарных частиц. Сегодня нам известно более 200 элементарных частиц. Изучать их свойства нашим ученым помогает уникальная ускорительная техника, вся мощь энергии которой буквально обрушивается на ядра и атомы элементов.

Многие университеты и институты нашей страны имеют в своем распоряжении ядерные реакторы, ускорители и современную электроннофизическую аппаратуру. На базе ядерных реакторов, крупных ускорителей элементарных частиц выросли научные центры в Москве, Дубне, Ленинграде, Риге, Тбилиси, Харькове, Минске, Ереване, Алма-Ате, Киеве, Ташкенте и других городах. Недавно советская наука добилась новой блестящей победы — запущен крупнейший в мире ускоритель с энергией протонов 76 *Гэв* в Серпухове, открывающий новые возможности для изучения элементарных частиц.

Основная цель физических исследований на этом уникальном ускорителе — изучение свойств элементарных частиц и их взаимодействий. Значительная часть экспериментальной программы посвящена исследованию процессов рассеяния сильно взаимодействующих частиц: л-мезонов, К-мезонов, протонов, антипротонов и нейтронов на нуклонах и ядрах в широком интервале энергий. Результаты экспериментов позволяют проверить справедливость многих важнейших предсказаний, основанных на общих принципах теории поля, таких, как микропричинность, унитарность, локальность и т. д.

Такие большие энергии (более 70 *Гэв*), доступные только Серпуховскому ускорителю ИФВЭ, делают возможным дальнейшее существенное продвижение в изучении нейтрино,

в обнаружении таких необычных частиц, как бозон, тяжелый лептон.

Техника ускорителей элементарных частиц, как известно, позволяет не только разрушать атомы, но и поистине, как в сказке, творить их. В настоящее время в периодическую таблицу Д. И. Менделеева внесено 12 новых трансурановых элементов. Ни один из них не был найден в природе, но зато их удалось искусственно получить в лабораториях, а некоторые из них — и в промышленных условиях.

Советские ученые получили выдающиеся результаты в фундаментальных исследованиях по структуре ядра, открыли и изучили новые изотопы трансурановых элементов 102 и 104. Открытый физиками ОИЯИ в Дубне в 1964 г. элемент 104 назван в честь выдающегося советского ученого, академика И. В. Курчатова «курчатовием» (Ku). В будущем, по-видимому, можно ожидать получения новых изотопов трансплутониевых элементов.

В результате этих достижений и общего научно-технического прогресса в нашей стране было создано новое направление в использовании атомной энергии — производство и применение радиоактивных изотопов, источников ядерных излучений и радиационной техники в народном хозяйстве.

Область промышленного производства изотопов в нашей стране изучена и освоена достаточно хорошо. В значительных количествах производится Co^{60} и Cs^{137} , Sr^{90} , Ce^{144} , Pm^{147} , Tm^{171} , Tl^{204} , Po^{210} , Pu^{238} , Cm^{244} , тритий, C^{14} , S^{35} и многие другие радиоактивные и стабильные изотопы, а также меченные ими соединения. В нашей стране радиоизотопные приборы первыми начали выпускать Институт физики АН ЛатвССР, Центральная лаборатория автоматики, Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И. П. Бардина, Харьковский завод контрольно-измерительных приборов, а позднее — другие организации.

Начало серийного выпуска радиоизотопных приборов технологического контроля было положено Таллинским опытным заводом КИП в 1957 г. За прошедшие годы радиоизотопные приборы усовершенствовались, улучшались их параметры и характеристики, расширялась область их практического применения.

Металлурги, машиностроители, химики, геологи вряд ли могут представить себе сегодня развитие своей отрасли без участия радиоактивных изотопов и изотопной техники.

Радиоизотопная аппаратура широко используется в ведущих отраслях науки и техники, например в космических исследованиях. На искусственных спутниках Земли, на космических ракетах, направлявшихся к Луне, Венере, Марсу, имелись приборы для регистрации и измерения ионизирующих излучений. С помощью таких приборов были обнаружены околоземные пояса радиации. Ядернофизические приборы помогают изучать структуру радиационных зон, находить их связь с магнитным полем Земли и космическим излучением.

Измерения с помощью приборов, установленных на ракетах и спутниках, дали возможность изучить состав и плотность потока первичных космических лучей вне атмосферы и вне магнитного поля Земли, определить природу и плотность межпланетного протонно-электронного газа, потоков заряженных частиц, испускаемых поверхностью Солнца и звезд. Получены ценные данные о концентрации протонов и электронов в ионосфере. Многоканальный гамма-спектрометр, установленный на искусственном спутнике Луны — советской станции «Луна-10», позволил определить по спектру излучения природу поверхностного слоя Луны.

Весьма интересным и перспективным представляется применение изотопов в пищевой и консервной промышленности. Например, мясо после облучения можно сохранять в течение двух недель без всяких холодильных средств. Можно сохранять также облученные овощи, фрукты, рыбу и другие продукты, причем они не теряют своих вкусовых и питательных качеств и их употребление совершенно безвредно.

Министерство здравоохранения СССР после многочисленных исследований и тщательной проверки дало разрешение на употребление в пищу некоторых облученных пищевых продуктов.

В особую группу следует выделить исследование хемоядерных процессов с использованием ядерных реакторов для промышленного производства химических соединений, т. е. использование энергии осколков деления для ускорения эндотермических нецепных химических реакций. Основные усилия научных организаций, работающих в этой области, сосредоточиваются на изучении фундаментальных основ радиационной химии и химии осколков деления, а также на разработке хемоядерных реакторов и топлива для использования осколков деления.

Плановый характер развития всех отраслей социалистического народного хозяйства требует создания и использования все более совершенных и точных приборов. Технический прогресс немислим ныне без электронной техники и средств кибернетики, которые необходимы для надежного, экономичного и оперативного управления крупными технологическими процессами (режимами). Большая роль в решении этих задач принадлежит институтам Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР: Всесоюзному научно-исследовательскому институту радиационной техники и Союзному научно-исследовательскому институту приборостроения.

В ближайшие годы должна значительно расшириться производственная база ядерного приборостроения благодаря строительству новых заводов ядерного приборостроения и радиоизотопной техники. Основная задача этой новой, весьма специфичной и перспективной отрасли — всемерно способствовать широкому применению достижений атомной науки и техники в промышленности, сельском хозяйстве и медицине.

Сейчас во всех социалистических странах — участницах СЭВ ведется изучение важных научных проблем, связанных с применением атомной энергии, осуществляются инженерные разработки для более широкого использования атомной энергии в народном хозяйстве. Постоянная комиссия СЭВ по использованию атомной энергии в мирных целях, созданная в октябре 1960 г., является коллективным органом по организации между странами — членами СЭВ эффективного сотрудничества в области использования атомной энергии в мирных целях.

Особое внимание уделяется организации широкой взаимной информации о развитии ядерной техники, координации совместно проводимых научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ. Это сотрудничество уже принесло реальные плоды. В социалистических странах за это время создана материальная база для быстрого прогресса атомной науки и техники. В ряде социалистических стран имеются научные центры, располагающие современными исследовательскими ядерными реакторами, специальными радиохимическими и физическими лабораториями, где ведутся работы с радиоактивными веществами, изотопами и т. д.

В Софии создан Национальный атомный научно-исследовательский центр, где имеется водо-

водяной ядерный реактор мощностью 2000 кВт (т.). В Будапеште в Центральном институте физических исследований имеются ядерный реактор и четыре ускорителя различных типов. Для исследования космического излучения в этом институте сооружена хорошо оборудованная подземная лаборатория. Возле Дрездена (ГДР) спроектирован, изготовлен и смонтирован комплекс реакторного и циклотронного оборудования и аппаратуры для научно-исследовательского центра, а в районе Рейнсберга построена и пущена в эксплуатацию первая в ГДР атомная электростанция.

В Польше создано несколько атомных научных центров. Один из них в Варшаве (Сверк) оснащен оборудованием, созданным польскими специалистами. В Кракове сооружен большой атомный центр.

В Румынии в районе Бухареста сооружены ядерный реактор и циклотрон, на базе которых создан Институт атомной физики. В Ржеше под Прагой сооружены ядерный реактор и циклотрон, там же в Институте ядерных исследований созданы физические, химические и металлургические лаборатории.

Важным результатом деятельности Постоянной комиссии СЭВ является разработка и принятие рекомендаций по унификации и стандартизации, по специализации и кооперированию производства изделий ядерной техники и изотопной продукции. Комиссией разработаны и приняты нормы радиационной безопасности, правила транспортировки радиоактивных веществ, единая методика осуществления дозиметрического контроля и пр. Перспективным планом координации научных и технических исследований в области использования атомной энергии в мирных целях на 1966—1970 гг. предусмотрено 39 тем и более 200 заданий по ним. В выполнении этих заданий участвуют около 130 научных организаций заинтересованных стран — членов СЭВ, в том числе более 40 специализированных организаций Советского Союза.

Постоянная комиссия СЭВ по использованию атомной энергии в мирных целях проводит симпозиумы, семинары, совещания и конференции специалистов по актуальным проблемам атомной науки и техники и ядерной энергетики.

У нас есть все основания утверждать, что уровень научных исследований советских ученых в области ядерной физики не ниже, чем в передовых капиталистических странах, а по

некоторым направлениям значительно выше. Однако мы не всегда бываем впереди в практическом использовании достигнутых теоретических и экспериментальных результатов, иногда мы отстаем. В настоящее время необходимо уделить значительно больше внимания практическому применению того, что накопила ядерная наука, поскольку средства ядерной физики в различных отраслях народного хозяйства используются явно недостаточно.

Для широкого внедрения изотопов и радиационной техники в народное хозяйство необходимо создавать условия для общего роста применения изотопов. Чем больше хороших приборов и изотопной продукции высокого качества мы будем выпускать, тем быстрее будет расти их применение во всех отраслях.

В этих условиях неизмеримо возрастает роль отраслевых министерств и ведомств, так как они полностью отвечают за внедрение новой техники в производство, за высокий технический уровень развития своей отрасли промышленности.

Основные задачи по внедрению радиоизотопной техники и ядерных излучений в народное хозяйство можно определить следующим образом.

1. В радиоизотопном приборостроении необходимо шире использовать последние достижения физики и электроники: полупроводниковые детекторы, приборы с низким уровнем собственных шумов, цифровые методы построения электронных схем, аналого-цифровые преобразователи, полупроводниковые приборы. Необходимо проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке оптимальных приемов построения электронных схем, созданию нормального ряда функциональных модульных элементов, по разработке и внедрению новой прогрессивной технологии производства низковольтных малогабаритных электронных схем для тех отраслей промышленности, которые предъявляют особо жесткие требования к конструкции приборов. Необходимо также проводить работы по увеличению надежности радиоизотопных приборов.

2. Опытно-промышленные испытания процессов получения высокотермостойкого радиационноспеченного полиэтилена для электротехнической промышленности, а также радиационной полимеризации этилена для синтеза ценных продуктов свидетельствуют, что эти процессы могут быть рекомендованы к промышленному внедрению.

Внедрение в промышленность радиационного модифицирования древесины, радиационного синтеза привитых волокон и пленок, олово-органических соединений, радиационной вулканизации полисилоксанов и других процессов радиационнохимического синтеза, протекающих по цепному механизму, является важной задачей сегодняшнего дня.

3. За прошедшие 20 лет медицина обогатилась новыми средствами и методами клинического исследования и лечения. Возникли новые направления: радиоизотопная диагностика, лучевая стерилизация медицинских препаратов, материалов и инструментов, гамма-терапия и др.

В развитии лучевой терапии исключительно важное значение имело применение радиоактивных изотопов отечественного производства. Выпущенные нашей промышленностью ротационные и ротационно-конвергентные аппараты способствовали успешному разрешению многих проблем лучевой терапии. Однако ощущается недостаток в ряде меченых соединений, обладающих туморотропностью, в гамма-установках специального назначения, защитном оборудовании и дозиметрических приборах.

В связи с тем что с каждым годом увеличивается производство медицинских изделий из пластмассы, необходимо развивать медико-биологические исследования по лучевой стерилизации, по созданию опытно-промышленных и промышленных установок для радиостерилизации медицинских продуктов и широко внедрять этот метод в медицинскую практику.

4. Особое внимание необходимо уделить сельскому хозяйству. В постановлении о мерах по дальнейшему улучшению научно-исследовательских работ в области сельского хозяйства, принятом недавно ЦК КПСС и Советом Министров СССР, указывается на то, что уровень и объем научных исследований по сельскому хозяйству все еще не отвечает задачам дальнейшего развития нашего общества.

Следует указать, что научно-исследовательские организации Министерства сельского хозяйства СССР и Академии сельскохозяйственных наук ведут работы в области использования ядерных излучений для сельскохозяйственного производства, однако объем их недостаточно велик. В настоящее время многие работы по предпосевному облучению семян, радиационной обработке продуктов сельского хозяйства и радиоселекции вышли за пределы лабораторных исследований, однако они не

внедрены еще широко в практику сельского хозяйства.

5. В нашей стране успешно проводятся исследования по радиационной обработке пищевых продуктов с целью увеличения сроков их хранения. В настоящее время получены разрешения Министерства здравоохранения СССР на радиационную обработку девяти видов продуктов массового потребления. Необходимо продолжить и расширить эти исследования, обратив особое внимание на скорейшее завершение строительства опытно-промышленных радиационных установок для облучения картофеля, продуктов моря, сухофруктов и др.

6. Преимущества ядернофизических методов анализа веществ неоспоримы. Однако сложность аппаратного оформления этих методов мешает широкому внедрению их в производственную практику. Необходимо развернуть опытно-конструкторские работы по созданию более простых и надежных промышленных аппаратов для ядернофизических методов анализа, доступных для любых производственных предприятий.

7. Перед ядерной геофизикой в настоящее время стоят большие задачи по созданию более совершенных приборов. Промышленность нуждается в скважинных генераторах нейтронов и γ -квантов с большим выходом, но при этом должны быть уменьшены габариты скважинной ядерно-геофизической аппаратуры и повышены ее эксплуатационные качества.

8. В области производства изотопов необходимо обратить особое внимание на совершенствование технологических процессов и повышение технико-экономических показателей. Одним из важнейших является вопрос об улучшении координации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в этой области.

9. Метод изотопных индикаторов имеет большое значение для улучшения технологии, повышения выхода и качества готовой продукции. Однако он недостаточно используется на предприятиях. Поэтому ближайшая задача — шире внедрять метод изотопных индикаторов непосредственно в производство.

В перечисленных задачах в общем довольно полно отражены направления развития радио-

изотопной техники в ближайшем будущем, изложенные в докладах и высказанные в дискуссиях участниками конференции. Однако для успешного внедрения в народное хозяйство новейших достижений атомной науки и техники, и в частности радиоизотопных методов и приборов, необходимо широко развивать пропаганду этих достижений и информацию о них среди работников промышленности.

Всесоюзное объединение «Изотоп» ведет такую работу совместно с отраслевыми министерствами и ведомствами. Так, например, с 1 мая 1963 г. по 1 сентября 1968 г. В/О «Изотоп» совместно с министерствами провело 58 конференций и семинаров в 35 крупных промышленных центрах по обмену опытом внедрения радиоизотопных методов в промышленность. В их работе участвовало более 10 тыс. человек, было прочитано и обсуждено около 1400 докладов. Во время проведения семинаров и конференций работали выставки, где демонстрировались радиоизотопные приборы для многих отраслей промышленности.

Очевидно, эту работу надо продолжать и еще шире практиковать проведение учебных и ознакомительных семинаров для работников промышленности. Кроме того, необходимо увеличить число изданий и тиражи выпускаемой информационной литературы, в том числе сборника «Изотопы в СССР», освещающего опыт применения радиоизотопных методов и техники в народном хозяйстве.

У нас все еще существуют противоречия между большими возможностями проведения научных исследований для практического применения радиоизотопной техники, ядерных излучений и недостаточно быстрым их внедрением в народное хозяйство. Задача ученых, специалистов и инженеров, работающих в области производства и применения радиоактивных и стабильных изотопов, радиоизотопной техники и ядерных излучений, заключается в том, чтобы методы использования атомной энергии были как можно быстрее внедрены в промышленность, сельское хозяйство и медицину. Это основной вывод, который можно сделать в результате проведения большой научно-технической конференции в Минске.