

АТОМНОЙ
ЭНЕРГЕТИКЕ
XX ЛЕТ



*-летию Первой в мире
атомной электростанции
в г.Обнинске посвящается*

ЭНЕРГЕТИКЕ
XX
ЛЕТ




МОСКВА · АТОМИЗДАТ · 1974



*Историческая роль
отечественной науки и техники
в мирном использовании
атомной энергии*





уском 27 июня 1954 г. в нашей стране первой в мире атомной электростанции было отмечено начало нового этапа в развитии энергетики.

В эпоху научно-технической революции далеко идущие изменения в способе производства являются результатом крупных открытий в фундаментальных науках. Это в полной мере относится и к использованию атомной энергии.

Начавшаяся в конце прошлого столетия революция в естествознании сопровождалась крупнейшими открытиями, такими, как открытие радиоактивности, электрона и др. Эта революция продолжалась и в двадцатом веке. В частности, открытия, явившиеся результатом экспериментальных и теоретических работ, привели к изменению старых представлений о строении и свойствах вещества, к возникновению новых физических теорий, важное место среди которых занимают специальная теория относительности и квантовая механика. Физики проникли внутрь атома, было открыто атомное ядро, стали изучаться его свойства.

Наука вплотную подошла к исследованию путей использования ядерной энергии.

Ученые Советского Союза верили в будущее мирного использования атомной энергии. Так, академик В. И. Вернадский в 1922 г. писал: «Недалеко то время, когда человек получит в свои руки атомную энергию, такой источник силы, который даст ему возможность строить свою жизнь как он захочет. Это может случиться в ближайшие годы, может случиться через столетие».

Успешная разработка проблемы использования атомной энергии в нашей стране была бы невозможна без высококвалифицированных научных и инженерно-технических кадров, без высокого уровня техники и промышленности, достигнутого за годы Советской власти.

Достижения в этой области уходят своими корнями в эпоху становления и развития советской атомной и ядерной физики.

После Октябрьской революции в нашей стране происходил бурный процесс создания физических институтов, лабораторий, формирования научных школ в только что зарождавшихся областях физики, в том числе физики атома. В 30-е годы получили дальнейшее развитие созданные научные центры в области ядерной физики: ныне Ленинградский Физико-технический институт, Радиевый институт, Харьковский Физико-технический институт и др. Большой приток талантливой молодежи в новые области науки, ее высокая активность, популярность актуальных проблем физики способствовали формированию многочисленного поколения физиков.

Проводившаяся в то время индустриализация промышленности и создание новых отраслей, таких, как производство рентгеновской аппаратуры, радиоаппаратуры, приборостроение, производство радио и др., способствовали быстрому развитию советской атомной физики.

Выделяются валютные ассигнования на приобретение зарубежных приборов и литературы, на поездки советских ученых за границу. Советские ученые работали в тот период в лабораториях крупнейших физиков мира, принимали участие в международных конгрессах и научных конференциях.

К началу 30-х годов советская атомная физика имела в своем активе уже ряд важных в методическом отношении эксперимен-

тальных работ, таких, как применение камеры Вильсона с магнитным полем для измерения импульсов частиц, метод толстослойных эмульсий, установление законов распределения и соосаждения радиоактивных веществ, и некоторые теоретические работы принципиального значения: теория α -распада, обобщение уравнения Шредингера на случай магнитного поля, вывод уравнения самосогласованного поля в квантовой теории и др. Наши ученые располагали вполне удовлетворительной технической базой и принимали активное участие в развитии исследований атомного ядра. В СССР была выдвинута гипотеза о нейтронно-протонном строении ядра, предложен обменный механизм ядерных сил.

После сооружения импульсного ускорителя в Ленинградском Физико-техническом институте, генератора Ван-де-Граафа в Харьковском Физико-техническом институте и циклотрона в Радиовом институте в СССР широко развернулись исследования незадолго до этого открытой искусственной радиоактивности. В результате возникла новая специфическая область ядерной физики — ядерная спектроскопия.

В 1934—1936 гг. в СССР были открыты явления испускания позитрон-электронных пар возбужденными ядрами, ядерная изомерия у искусственных изотопов, доказано сохранение импульса при аннигиляции позитрона и электрона. В те же годы было открыто излучение Черенкова — Вавилова, сыгравшее в дальнейшем важную роль в развитии экспериментальных средств ядерной физики. За открытие этого явления и создание его теории советским ученым впоследствии была присуждена Нобелевская премия.

В целом ядерно-физические исследования в СССР в 30-е годы вышли на мировой уровень. Этому, безусловно, способствовали существенно возросшие возможности советской промышленности. Почти всю необходимую для ядерно-физических работ аппаратуру к тому времени уже могла изготавливать отечественная промышленность. Крупное электротехническое оборудование для ускорителей поставлял ленинградский завод «Электросила», где сформировался коллектив инженеров и конструкторов, ставший впоследствии ядром известного ныне Научно-исследовательского института электрофизической аппаратуры им. Д. В. Ефремова.

Как известно, практическая возможность высвобождения атомной энергии стала ясной после открытия в 1939 г. реакции деления урана под действием нейтронов.

В конце 30-х годов в СССР была предложена капелльная модель деления ядер, позднее детально развитая на Западе, разработана теория и дан расчет цепной реакции деления урана-235, в ходе которой можно было ожидать освобождения значительной внутренней энергии; измерены и уточнены сечения деления ядер урана для тепловых и быстрых нейтронов, открыто спонтанное деление урана и др.

Советскими физиками был составлен детальный план развития работ по использованию атомной энергии. Предлагалось, в частности, создать устройство для осушения цепной ядерной реакции на естественном уране (ядерный реактор), которое помогло бы более детально изучить механизм этой реакции. В то время уже было известно, что при захвате нейтроном ядром урана-238 после ряда ядерных превращений образуется стабильный или слаборадиоактивный и, возможно, делящийся элемент с атомным номером 94 (плутоний), химическое отличие которого от урана могло бы быть использовано для его выделения.

Советские ученые призвали к овладению энергией атома как нового энергетического ресурса. Так, академик А. Е. Ферсман говорил*: «Овладеть тайной атомного ядра призывает нас Советскую науку в наступающем году. Это не только задача крупнейшего теоретического значения, не только разгадка природы вещества, но и путь к овладению новым источником энергии, энергией разрушающихся атомов урана и его аналогов... Здесь величайшая теоретическая проблема сливается с самыми острыми задачами энергетики сегодняшнего дня».

Вторая мировая война, развязанная фашизмом, приостановила работы по использованию атомной энергии в мирных целях. В Германии и США начались разработки атомной бомбы.

В миролюбивом Советском Союзе, вынужденном также создавать ядерное оружие для ликвидации преимуществ в этой области агрессивных империалистических стран, использование атомной энергии в мирных целях для строительства нового, коммунистического общества оставалось научно-технической проблемой. Это привело в дальнейшем к созданию именно в СССР первой в мире атомной электростанции промышленного типа.

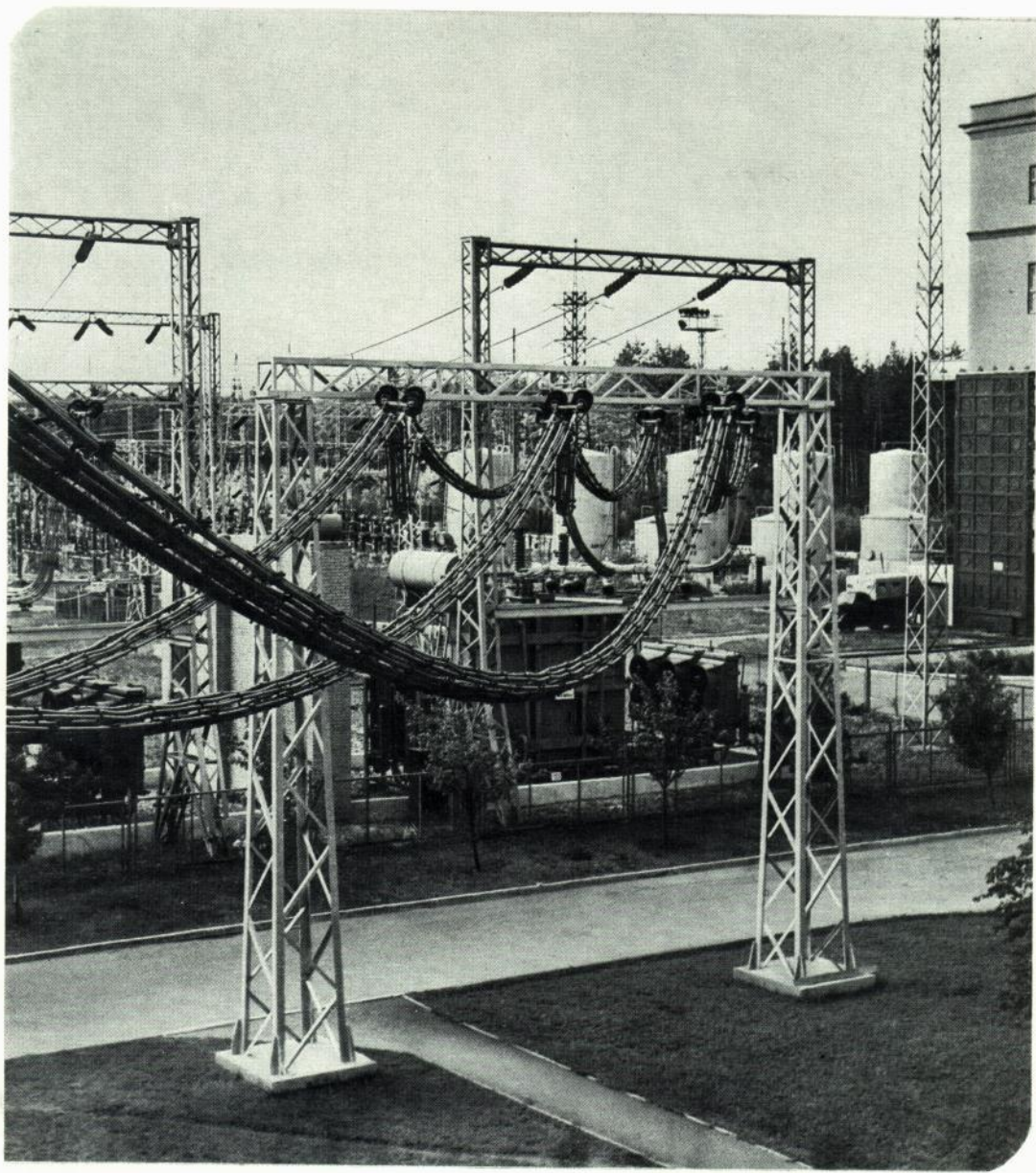
В трудные годы войны для работ по атомной проблеме была создана мощная техническая и промышленная база, организован ряд новых научных учреждений для решения широкого круга

* Газ. «Правда», 1940, 31 декабря.

Объединенный институт ядерных исследований. г. Дубна.



Отсюда начинается путь электроэнергии Белоарской АЭС им. И. В. Курчатова.



Пульт управления Кольской АЭС.



задач: Институт атомной энергии, Институт теоретической и экспериментальной физики и др. Научное руководство этими работами возглавил академик И. В. Курчатов.

К решению узловых проблем были привлечены ученые различных специальностей. Практически все физические, физико-химические, химические и многие отраслевые институты участвовали в той или иной степени в работах по атомной проблеме. Весь огромный комплекс возникших прикладных задач выполнялся на необходимом уровне и в короткие сроки на основе фундаментальных работ по изучению сечений ядерных реакций, развитию теории ядра, по нейтронной физике, теории реакторов на тепловых и быстрых нейтронах и многих других. В числе этих работ было сооружение первого физического уран-графитового реактора в декабре 1946 г.

В ходе работ по решению атомной проблемы были созданы мощная урандобывающая промышленность, беспрецедентная по масштабам промышленности разделения изотопов урана и выделения плутония, построены металлургические заводы, разработаны и пущены промышленные реакторы для получения делящихся материалов.

Уже на первом напряженном этапе решения атомной проблемы в нашей стране — создания ядерного оружия — закладывались основы ядерной энергетики. Были выполнены поисковые разработки практически по всем основным направлениям энергетических реакторов: по реакторам с графитовым замедлителем и гелиевым охлаждением, с водой под давлением и с замедлением в обычной воде, с обычной кипящей водой, с графитовым замедлителем и теплосъемом водой под давлением или кипящей водой; по тяжеловодным реакторам и др.

В соответствии с заданием Партии и Правительства началось строительство в г. Обнинске атомной электростанции промышленного типа мощностью 5000 *квт*. Эта первая в мире АЭС была сдана в эксплуатацию 27 июня 1954 г.

Пуск и эксплуатация этой АЭС впервые показали, что ядерная энергия может быть использована для производства электроэнергии, а ядерный реактор успешно работать в условиях промышленной нагрузки.

Пуск Первой АЭС имел огромное значение. Всему человечеству была продемонстрирована возможность мирного применения энергии атома, ставшей в сознании многих людей к тому времени символом разрушения, синонимом слов «Хиросима» и «Нагасаки». Эта первая в мире

АЭС была создана в нашей стране, последовательно проводящей миролюбивую политику на протяжении всей своей истории.

Эксплуатация Первой АЭС, результаты которой были доведены в 1955 г. до сведения международной общественности на Первой международной конференции по мирному использованию атомной энергии в Женеве, показала перспективность ядерной энергетики, надежность, безопасность и практическую возможность использования ядерных энергетических установок.

Опыт, приобретенный в процессе создания и эксплуатации этой электростанции, стал первым камнем в фундаменте атомной энергетики.

В 1958 г. в СССР была пущена первая очередь Сибирской АЭС мощностью 100 тыс. *квт*, в США — Шиппингпортская АЭС на 60 тыс. *квт* (1956 г.), в Англии — первый реактор АЭС в Колдер-Холле на 46 тыс. *квт* (1955 г.).

Значительные достижения наших и зарубежных ученых и конструкторов в создании специальных конструкционных материалов, в разработке теории и конструкции реакторов расширили число возможных типов энергетических реакторов на тепловых нейтронах, позволили осуществить ту широкую программу развития ядерной энергетики, которая сейчас претворяется в жизнь.

Через 20 лет после пуска Первой АЭС в 16 странах мира действует более 100 атомных электростанций общей мощностью примерно 40 млн. *квт*.

Использование ядерной энергии решает для человечества на многие годы проблему развития энергетики.

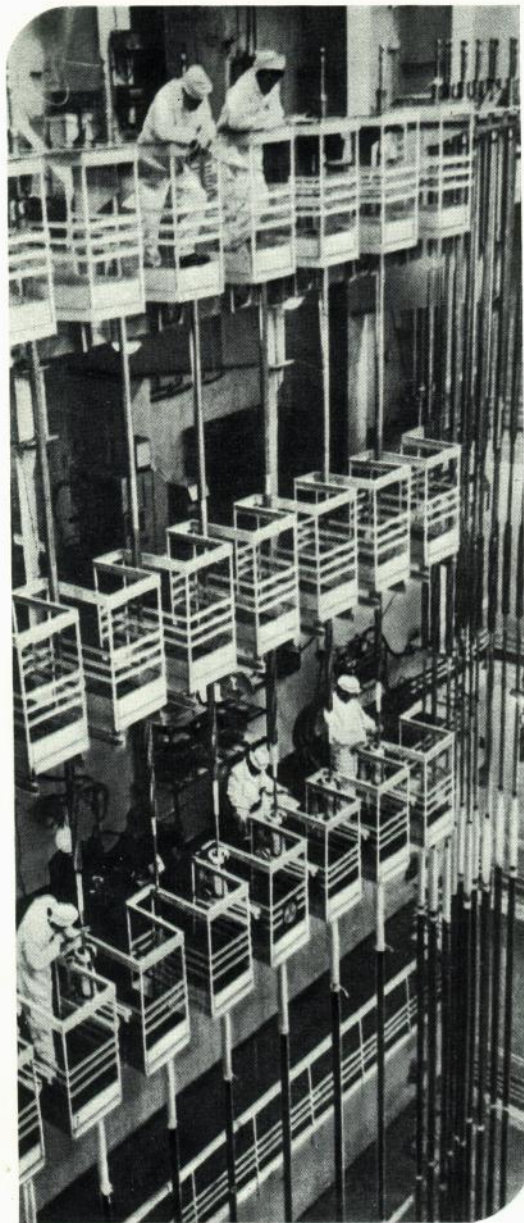
На VII конгрессе Мировой энергетической конференции (1968 г.) в Москве академик А. П. Александров так оценил значение атомной энергии: «Возможность технического использования энергии, освобождающейся при делении тяжелых ядер, и энергии синтеза легких ядер в принципе изменили ситуацию, существовавшую в первой половине нашего века. Дамоклов меч топливной недостаточности, угрожавший развитию материальной культуры уже в сравнительно недалеком будущем, устранен на практически неограниченное время».

Построенные в истекшие годы АЭС с тепловыми реакторами внесли заметный вклад в выработку электроэнергии, стали важным и закономерным этапом в развитии энергетики. Но еще более радикально решают стоящую перед человечеством проблему энергообеспечения АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. Эти

Водозаборный канал Белоярской АЭС им. И. В. Гурчатова.



Узел развески и сборки твэлов.



реакторы, с плутонием в качестве горючего, расширенно воспроизводящие ядерное горючее, могут отодвинуть на многие годы проблему ресурсов делящихся материалов. Однако первоначальная загрузка плутонием реакторов на быстрых нейтронах должна быть накоплена в обычных реакторах на тепловых нейтронах.

Работы по подготовке создания реакторов на быстрых нейтронах начались в СССР еще в 1947 г., когда стало ясно, что такие реакторы позволяют осуществлять расширенное воспроизводство ядерного горючего, вовлекать в топливный цикл не только уран-235, но и весь естественный уран, а также торий. Проведенный в СССР анализ процессов, происходящих в таких реакторах, и эксплуатация первых реакторов на быстрых нейтронах (БР-1, БР-2, БР-3, БР-5, а также реактора БОР-60) позволили успешно изучить ряд принципиальных проблем конструкции таких реакторов. Накопленный за эти годы опыт овладения сложной техникой быстрых реакторов¹ дал возможность перейти к сооружению крупных энергетических установок с такими реакторами (третий блок Белоярской АЭС им. И. В. Курчатова и Шевченковская опреснительно-энергетическая установка).

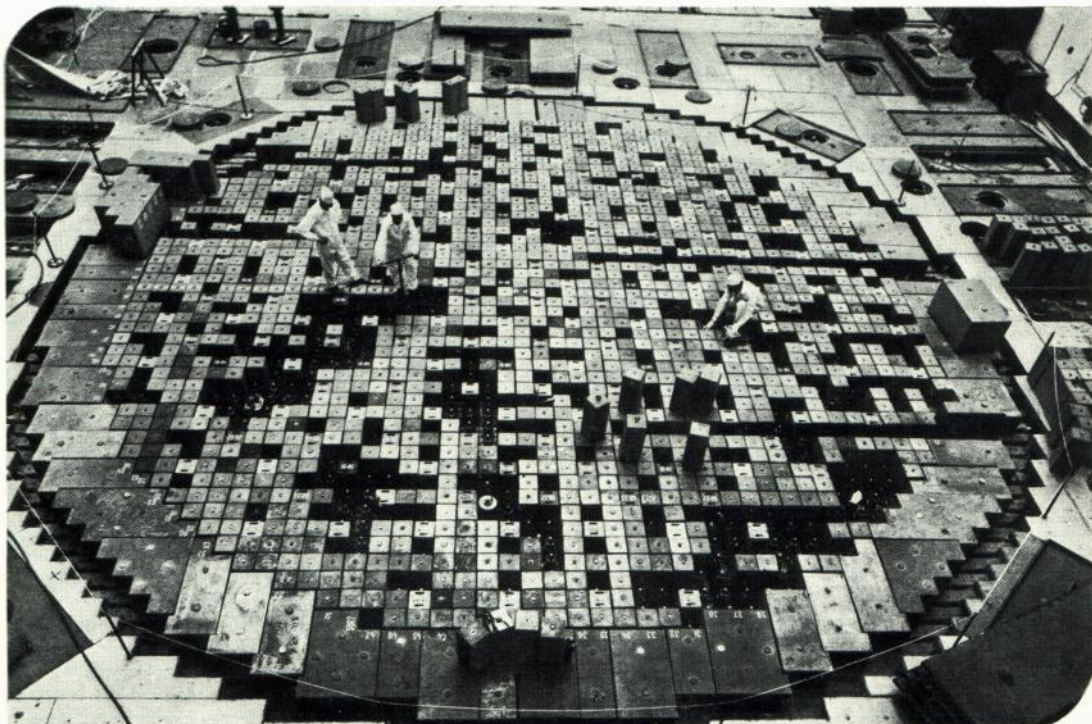
СССР выступил пионером не только в сооружении первой атомной электростанции, знаменовавшей мирное использование энергии атома для целей энергетики. Через два года после пуска Первой АЭС, в августе 1956 г., были закончены проектно-конструкторские разработки и полным ходом началось строительство атомного ледокола «Ленин». Такая апробация всех наиболее перспективных направлений мирного использования атомной энергии явилась результатом созидательных устремлений Советского государства.

Создание крупных судовых атомных установок особенно выгодно для ледоколов потому, что обеспечивает практически неограниченную автономность плавания, постоянство водоизмещения, лучшие ледокольные качества и др.

Многолетний опыт эксплуатации ледокола «Ленин» в сложных условиях полярной навигации в Арктике подтвердил эти прогнозы. Его использование позволило значительно удлинить период навигации, ускорить проводку судов, создать плановость в доставке грузов, предотвратить ранее вынужденные зимовки судов во льдах, повысить их сохранность и безопасность плавания.

Одновременно с созданием мощных энергетических установок для промышленности, судостроения и других нужд народного хозяйства

Центральный зал. Вид на реактор.



в Советском Союзе развивается и так называемая малая энергетика (установки малой мощности). Это прежде всего энергетические установки для использования в качестве источников электрической энергии в космических аппаратах, на автоматических гидрометеорологических станциях и др.; АЭС относительно малой мощности для обеспечения электроэнергией и теплом отдаленных труднодоступных районов.

В Советском Союзе ведутся исследования по прямому преобразованию тепла, получаемого в реакторе, в электрическую энергию, в частности, с использованием термоэлектрического и термоэмиссионного методов преобразования.

Важным этапом этих исследований был пуск в августе 1964 г. опытной установки «Ромашка», состоящей из высокотемпературного реактора на быстрых нейтронах и термоэлектрического преобразователя на основе кремний-германиевых термоэлементов. Эта установка электрической мощ-

ностью 500 *вт* успешно проработала 15 000 тыс. ч и подтвердила перспективность дальнейшей разработки подобных систем.

В 1970—1971 гг. проведены испытания термоэмиссионных реакторов-преобразователей типа «Топаз». Они проработали более тысячи часов и позволили получить электрическую мощность до 10 *квт*.

Энергия атомного ядра в принципе уже сегодня заменяет энергию, получаемую из органического топлива, запасы которого на Земле ограничены. Энергия деления ядер на долгие годы обеспечит человечество энергетическими ресурсами; позволит существенно повысить уровень электрификации технологических процессов и решить важнейшую проблему промышленного получения опресненной воды; откроет новые возможности в металлургии; даст мощный толчок развитию других жизненно важных для человечества областей науки и техники.

Еще более благоприятные перспективы в решении энергетической проблемы обещает осуществление управляемой термоядерной реакции. Ученым и инженерам предстоит найти способы удержания относительно плотной плазмы с температурой в десятки или даже сотни миллионов градусов, в которой могут идти термоядерные реакции, т. е. среды, аналогичной центральным областям звезд, где она скована гигантскими силами гравитации.

Первые предложения о решении этой грандиозной задачи были сделаны советскими учеными в 1950 г. в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР. С 1951 г. исследования по управляемому термоядерному синтезу широко ведутся в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова и в ряде других учреждений.

Толчок развитию термоядерных исследований во всем мире был дан в 1956 г., когда по инициативе Советского государства эти работы были раскритикованы и началось интенсивное международное сотрудничество в этой области.

В ходе многолетних исследований в СССР были получены принципиально важные результаты в изучении горячей плазмы. В прямых разрядах были получены нейтроны, излучаемые сжимающейся плазмой; найдены способы ликвидации ряда неустойчивостей, сокращавших время жизни горячей плазмы; предложены плазменные системы, в частности ловушки с магнитными пробками. В последние годы обнадеживающие результаты дало применение разработанных в СССР тороидальных систем типа «Токамак», являющихся, по-видимому, перспективным типом плазменных установок. В нашей стране исследуются также и нетрадиционные методы создания горячей плазмы — с помощью импульсов лазеров и др.

Выдающиеся достижения советской науки и техники в создании передовой атомной промышленности, в строительстве реакторов способствовали развитию в нашей стране важного мирного применения ядерно-физических явлений — использованию изотопов и излучений.

В первые же годы развития атомной промышленности Академия наук СССР, Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина (ВАСХНИЛ), Министерство здравоохранения СССР и другие министерства и ведомства за короткий срок разработали принципиально новые эффективные методы исследования, аппаратуру и приборы для работы с изотопами и излучениями.

Сегодня трудно найти такую область науки, техники, народного хозяйства, где бы не применялись изотопы и радиационная техника.

За последние 10 лет количество наименований изотопной продукции возросло до трех тысяч, радиоизотопной техники — до шестисот.

Вместе с количественным ростом потребления изотопов постоянно расширяется номенклатура и способы применения радиоизотопов.

В СССР достигнуты большие успехи в развитии ядерно-физических методов анализа: нейтронно-активационного, рентгено-радиометрического, с использованием эффекта Мёссбауэра и др.

Активационный анализ прочно занял место в лабораториях, в промышленности, в геологических исследованиях при каротаже скважин, в различных технологических процессах, в геохимии, биологии, медицине.

В промышленности, строительстве, при сооружении нефтяных и газовых магистралей все шире используется радиационная дефектоскопия.

Важным направлением радиационной техники является создание радиоизотопных приборов для автоматизации технологических процессов и контроля промышленных производств. Сюда относятся контроль и измерение уровня, определение плотности и толщины материалов и покрытий, износа деталей, влажности, давления, снятия электростатического электричества и др.

Родилась и новая отрасль советской атомной промышленности — производство изотопов и меченых соединений для медико-биологических целей. Радиоизотопная диагностика открыла широкие перспективы в изучении заболеваний сердечно-сосудистой, эндокринной и костной систем, легких, печени, почек, желудочно-кишечного тракта. В клинической диагностике успешно используются десятки, главным образом короткоживущих, изотопов.

С самого начала атомной эры наша страна ведет борьбу за то, чтобы энергия ядра служила мирным целям, интересам всего человечества. Первые советские предложения о международном сотрудничестве в деле использования атомной энергии были сделаны в 1945—1946 гг. Однако в силу сложившихся обстоятельств в то время не удалось развернуть эффективное научное сотрудничество в этом направлении. Вместе с тем уже в 50-е годы СССР заключил ряд соглашений о сотрудничестве в деле мирного использования атомной энергии.

Особенно тесным было сотрудничество с социалистическими странами. С помощью СССР в этих странах были созданы атомные научно-исследова-

тельские центры, сооружены атомные реакторы, циклотроны, оснащены самым современным оборудованием, радиохимические и физические лаборатории.

Атомные научно-исследовательские центры социалистических стран способствуют широкому развитию исследований, инженерных разработок и созданию новых лабораторий, производств и предприятий по использованию атомной энергии в различных областях народного хозяйства.

В строительстве, монтаже, наладке и пуске в эксплуатацию атомных научных центров в этих странах вместе с национальными кадрами принимали участие высококвалифицированные советские специалисты. Многие специалисты и молодые ученые социалистических стран прошли обучение и стажировку в СССР.

Особое значение имеет созданный по инициативе СССР и других социалистических стран Объединенный институт ядерных исследований в г. Дубне, оснащенный мощными ускорителями, импульсными реакторами и другими уникальными ядерно-физическими установками. Учеными социалистических стран совместно с советскими учеными получены ценные результаты в области физики атомного ядра и элементарных частиц. Все это подготовило условия для развития сотрудничества социалистических стран в области атомной энергетики. При технической помощи и содействии Советского Союза в проектировании, строительстве, пуске и наладке построена первая атомная электростанция в ГДР (1966 г.). Завершено строительство первой атомной электростанции в ЧССР. Подписаны соглашения между Народной Республикой Болгарией, Венгерской Народной Республикой, Германской Демократической Республикой, Чехословацкой Социалистической Республикой, Социалистической Республикой Румынией, с одной стороны, и Советским Союзом — с другой, о строительстве в этих странах атомных электростанций.

Советский Союз и социалистические страны в соответствии с Комплексной программой дальнейшего углубления и развития сотрудничества и социалистической экономической интеграции осуществляют мероприятия по специализации и кооперации в области использования атомной энергии, совместного планирования и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Созданы специальные международные организации, такие, как «Интератоминструмент», «Интератомэнерго». Являясь одним из учреждений Международного агентства по использованию атомной энергии, СССР организует помощь ряду стран не только на двусторонней основе, но и в рамках этой организации.

С 1959 г. налажен широкий обмен информацией, делегациями ученых и специалистов в области мирного использования атомной энергии с промышленно развитыми капиталистическими странами. Сотрудничество в деле мирного использования атомной энергии в рамках Устава ООН и Договора о нераспространении ядерного оружия служит делу общего прогресса всех народов, делу мира и процветания. Советский Союз сотрудничает в этой области с десятками стран. Большую помощь в создании основ национальной атомной науки оказывает СССР развивающимся странам: Индии, Египту, Ираку и др.

За 20 лет, минувших от исторической даты 27 июня 1954 г., советской наукой и техникой внесен большой вклад в развитие атомных исследований — одного из важнейших направлений современной научно-технической революции. Впереди у нашей атомной науки и техники новые задачи — сделать энергию атомного ядра не менее доступной и экономичной базой энергетики, чем традиционные источники энергии, освоить новые формы ее использования, обеспечив таким образом энергетический фундамент создаваемого величественного здания коммунистического общества.