

Б. ГОЛЬДШМИДТ

АТОМНАЯ ПРОБЛЕМА

АТОМИЗДАТ · 1964

Б·ГОЛЬДШМИДТ

АТОМНАЯ ПРОБЛЕМА

ПОЛИТИЧЕСКИЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ

Сокращенный перевод
с французского

А. Д. ФЕДОРОВОЙ

Под редакцией
чл.-корр. АН СССР В. С. ЕМЕЛЬЯНОВА



АТОМИЗДАТ

МОСКВА 1964

УДК 539.107 (09)

Bertrand Goldschmidt

L'AVENTURE
ATOMIQUE

SES ASPECTS
POLITIQUES ET TECHNIQUES

LES GRANDES ÉTUDES CONTEMPORAINES

Fayard

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

В книге Б. Гольдшмидта «Атомная проблема» в доступной для неспециалистов форме изложены научные основы процессов ядерной физики и техники, а также показаны сложные и трудные условия организации первых работ в этой области, которые привели к созданию ядерного оружия и поставили мир на порог атомного века.

Автор останавливается не только на изложении научных, технических и организационных трудностях решения атомной проблемы, но и рассматривает отдельные эпизоды той политической борьбы, которая происходила вокруг этой проблемы и которая происходит до настоящего времени.

Б. Гольдшмидт — видный ученый, непосредственно принимавший участие в атомных исследованиях, когда они только начинались. Работу он начал юношей в лаборатории Марии Склодовской-Кюри, а в военное время вместе с группой французских и английских ученых был направлен в Канаду, где принимал участие в важнейших работах по разработке технологии выделения плутония еще тогда, когда свойства плутония не были известны, а исследования приходилось проводить с «невесомыми» количествами вещества.

Автор занимал ряд крупных постов в созданном во Франции Комиссариате по атомной энергии. В настоящее время он является одним из директоров этого Комиссариата. Б. Гольдшмидт принимает также активное участие в работе научно-технических международных организаций. Он хорошо знаком с тем, что делается в области использования атомной энергии не только во Франции, но и в большинстве стран мира.

Книга Б. Гольдшмидта представляет особый интерес, потому что она написана человеком, хорошо знающим атомную проблему и непосредственно участвующим в решении ее научных и политических аспектов.

Атомиздат в последнее время издал ряд книг, относящихся к истории использования энергии ядерных процессов. Сюда

следует отнести книги Р. Юнга «Ярче тысячи солнц», С. Гудсмита «Миссия Алсос», М. Рузе «Р. Опленгеймер и атомная бомба».

Книги Р. Юнга и М. Рузе написаны не специалистами, а книга С. Гудсмита касается только одного вопроса — истории того, как американские власти организовали сбор информации, поиски, захват ученых, оборудования и материалов, чтобы узнать, насколько продвинулись немцы в изготовлении бомбы.

Б. Гольдшмидт приводит некоторые новые сведения из истории атома, ярко описывает те условия, в которые были поставлены ученые, работавшие в США над атомной проблемой. Автор говорит о трудностях, возникавших при сооружении первых промышленных установок, и останавливается на разногласиях, которые тормозили исследовательские работы.

Рассказывая об истории борьбы США за монопольное обладание всеми научно-техническими сведениями, связанными с атомной проблемой, Б. Гольдшмидт приводит ряд ярких иллюстраций. Для того чтобы укрепить свою монополию, США ввели жесткий закон о контроле над атомной энергией. «По этому закону руководство всеми работами в области атомной энергии передавалось Комиссии из пяти гражданских лиц, назначаемых президентом и утверждаемых Сенатом. Все, что касалось атомной энергии (руды для получения ядерного горючего, а также заводов по его переработке), передавалось в ведение Комиссии и становилось ее собственностью. Предусматривалась строгая охрана секретности: за разглашение тайны иностранному государству виновным даже в мирное время грозит смертная казнь. Отдел военного применения атомной энергии был доверен представителям армии, и военные специалисты могли присутствовать на всех заседаниях Комиссии...

Все атомное производство этого времени подчинялось главным образом целям военного использования, — указывает автор, — а в плане международных отношений новый закон предусматривал атомную изоляцию. И только через несколько лет такое знаменательное событие, как рождение советского спутника в конце 1957 г., поколебало политику обособления США, которые до этого продолжали отказывать своим союзникам в научной и технической информации.

С некоторыми положениями автора согласиться нельзя. Он, например, считает неправильным утверждение английского физика Патрика Блеккета, что «применение бомбы было не столько последним военным шагом второй мировой войны, сколько намеренным актом холодной войны против Совет-

ского Союза». Блеккет абсолютно прав в своих утверждениях, и объяснение автора книги, что применение бомбы было вызвано «стремлением к скорейшему окончанию войны», находится в противоречии с его же собственным заявлением. «Успех исследований и первая цепная реакция в реакторе Ферми в декабре 1942 г. убедили правительственные круги США, что скоро в их руках будет оружие, которое позволит не только выиграть войну, но и руководить послевоенным миром».

Далее Б. Гольдшмидт показывает, кого считали США своими недругами, от кого они тщательно скрывали результаты работ в области атомной энергии. Он пишет: «Наша поездка в Париж, а также решение Джона Андерсона отправить Халбана в Париж (вопреки сопротивлению генерала Гровса) для переговоров с Жолио-Кюри об обмене патентами взволновали американцев. Почему же взволновали? Это может повести к утечке информации,— отвечает автор, ибо... Жолио-Кюри вступил во французскую Коммунистическую партию. Не против Германии и Японии были направлены усилия по спешному завершению работ над атомной бомбой. Как признает американский генерал Лесли Гровс — руководитель работ по созданию атомной бомбы,— он уже в 1942 г. «не питал никаких иллюзий относительно того, что Россия является врагом и что Проект строится на этой базе».

Нельзя согласиться также с Б. Гольдшмидтом в его оценке плана Баруха. «План Баруха имел почти такое же революционное значение для политики,— пишет автор,— как и использование атомной энергии для развития техники». Пресловутый план Баруха заключался в том, чтобы под контроль специального международного органа, в котором США рассчитывали иметь послушное большинство, отдать все источники уранового сырья. Этим самым США пытались установить контроль за всеми работами по атомной энергии, ведущимися во всех странах мира. США по этому плану сохраняли за собой атомное оружие, не позволяя никому другому производить его. Речь шла не только о том, чтобы сохранять монополию на ядерное оружие, но и контролировать все работы по использованию атомной энергии, а по существу подчинить американским монополиям основные направления научно-технического прогресса в современном мире.

В книге чувствуется желание автора приуменьшить опасность для человечества проведения ядерных испытаний, а также сброса радиоактивных отходов в моря. Вместе с тем он вынужден признать, что очень трудно определить степень одновременного воздействия ионизирующих излучений как природного, так и искусственного происхождения, которым подвергается все население земного шара, так как полностью

отсутствуют опытные данные о действии малых доз радиации на организм человека.

Странными являются рассуждения автора об американской политике контроля — контролируемой атомной помощи. Указывая на то, что эта политика нашла своих сторонников и противников, автор пишет, что первые (те, кто разделяет американскую политику контроля.— *В. Е.*), поддерживая эту политику, содействовали укреплению мира (!), другие, напротив, вносили недоверие в отношения между странами, заключающими соглашения о поставке ядерных материалов.

Далее автор сам противоречит своему утверждению о контроле. Например, он совершенно справедливо указывает: «Слаборазвитые страны, намерения которых исключительно миролюбивые в любой международной обстановке, выражали опасения, что покровительство Международного агентства по атомной энергии и его контроль приведет к новой форме колониализма — производству по использованию атомной энергии в мирных целях будет подчинено контролю крупных держав, владеющих атомным оружием, которые не будут нуждаться в помощи Агентства и сами окажутся вне такого контроля».

Автор отмечает, что делегация Индии на конференции в Нью-Йорке указывала на несостоятельность некоторых положений политики контролируемой помощи. По вопросам контроля автор книги неправильно излагает позицию Советского Союза. Хорошо известно, что Советский Союз на протяжении многих лет вел в Международном агентстве борьбу за то, чтобы контроль был ограничен только рамками, необходимыми для предотвращения возможности военного использования оказываемой Агентством помощи. Советский Союз добивался того, чтобы контроль не нарушал суверенных прав государств, получающих помощь от Агентства. И утверждение автора, что Советский Союз, чувствуя свое отставание в области атомной энергии, старался добиться уничтожения американских атомных бомб и предлагал объявить вне закона атомное оружие, совершенно неверно. Советский Союз неуклонно и последовательно проводил политику, направленную на запрещение использования ядерного оружия и уничтожение его запасов. И это объясняется отнюдь не его слабостью, а стремлением не допустить развязывания термоядерной войны.

Б. Гольдшмидт правильно оценивает важность самой атомной проблемы и необходимость решения этой проблемы, поставленной самим существованием оружия массового уничтожения. Он высказывает здравые суждения о необходимости нормально развивать отношения между нациями, но его рекомендации туманны и неконкретны.

Советский Союз предложил ясную программу всеобщего и полного разоружения под международным контролем, и политику, которой следует руководствоваться в отношениях между государствами — политику мирного сосуществования. Советский Союз был инициатором заключения в 1963 г. договора о запрещении испытания ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой. По инициативе Советского Союза подписано соглашение, запрещающее выводить в космическое пространство спутники с ядерными зарядами.

Убедительным свидетельством успехов нашей миролюбивой политики являются новые шаги СССР к сокращению производства расщепляющихся материалов для военных целей.

Советское Правительство приняло решение прекратить строительство двух новых крупных атомных реакторов по производству плутония, существенно сократить производство урана-235 для ядерного оружия и соответственно направлять больше расщепляющихся материалов для использования в мирных целях — в атомных электростанциях, в промышленности, сельском хозяйстве, в медицине, в осуществлении крупных научно-технических проектов, в том числе в области опреснения морской воды.

В результате договоренности Председатель Совета Министров СССР, Президент США и Премьер-министр Великобритании одновременно выступили с заявлениями о практических мерах, проводимых в их странах в области сокращения производства расщепляющихся материалов для военных целей.

В США решено провести дополнительное существенное сокращение производства обогащенного урана. Английские запасы расщепляющихся материалов также сводятся к минимуму, необходимому для удовлетворения оборонных потребностей страны.

Решения Советского Союза о сокращении военных расходов и численности армии, а также обращение Советского правительства в декабре 1963 г. к главам государств и правительствам с предложением решать пограничные споры мирным путем явились новым свидетельством мирной политики, проводимой нашей страной.

Эти мероприятия служат жизненным интересам всех народов и будут способствовать дальнейшему оздоровлению международной напряженности.

Несмотря на отмеченные недостатки, книга представляет интерес для советского читателя. Она содержит много новых материалов, затрагивающих основные наиболее важные проблемы использования атомной энергии.

В то же время автор заново пересмотрел для русского издания весь материал и сделал в ряде мест добавления и исправления, доводящие изложение до конца 1963 г.

Глава VII написана автором заново.

Все это, безусловно, повышает интерес советских читателей к настоящей книге.

Книга печатается с сокращениями, не влияющими на понимание материала, который приводится автором.

В. С. ЕМЕЛЬЯНОВ

ВВЕДЕНИЕ

В пять часов утра 16 июля 1945 г. в одной из деревень штата Нью-Мексико, на юго-западе Соединенных Штатов Америки, остановилась машина. Сидевшая за рулем женщина выскочила из нее и принялась стучать в двери домов, стараясь разбудить жителей: «Послушайте, я только что видела нечто невероятное! Солнце взошло и тотчас же скрылось за горизонтом».

С большим трудом смогли успокоить ее агенты секретной службы, посланные в эту деревеньку, как и во все окрестные населенные пункты, чтобы следить за реакцией местных жителей. Эта женщина только что стала свидетельницей первого атомного взрыва — с расстояния около 100 километров она видела искусственно созданную частичку звездной материи, которая расплавила песок пустыни на площади около одного квадратного километра.

Несколькими днями позже в Потсдаме на совещании глав правительств стран-победительниц по случаю победы союзников над Германией Трумэн и Эттли сообщили, что они владеют новым оружием невероятно большого радиуса действия и что, если бы такое оружие в свое время оказалось в руках немцев, оно позволило бы им выиграть войну и утвердить во всем мире нацистское владычество.

6 августа 1945 г. Хиросима была уничтожена одной единственной бомбой, сброшенной с одного единственного самолета. Спустя два дня, ровно через три месяца после окончания войны с Германией, в соответствии с принятыми на Тегеранской конференции обязательствами Советский Союз объявил войну Японии, и его войска вступили в Маньчжурию. На следующий день настала очередь Нагасаки — город был уничтожен последней атомной бомбой, имевшейся тогда в распоряжении американцев. 14 августа Япония безоговорочно капитулировала*.

* Япония подписала акт о безоговорочной капитуляции 2 сентября 1945 г. после разгрома Советской армией основных японских сухопутных сил.— *Прим. ред.*

Потребовалось всего шесть лет для того, чтобы чисто теоретическое открытие — возможность деления ядер урана — перешло из научных лабораторий в правительственные канцелярии всего мира, став самым важным политическим фактором того времени. Впервые за историю человечества на бесконечном пути покорения сил природы в руках человека оказалось такое средство уничтожения, что владеющая им страна может в несколько мгновений уничтожить население и вообще цивилизацию на значительной части земного шара.

Возможно, на протяжении предстоящих полутора столетий человек создаст и другие чудовищные средства массового уничтожения. Атомное оружие — только первая ступень. Но именно потому, что она — первая, она и послужит проверкой: безумно человечество или нет. Подобного экзамена нельзя избежать, потому что именно уран, запасы которого на Земле достаточно велики, является основой нового вида чрезвычайно концентрированной энергии, которая сегодня еще только проходит испытание, но завтра, вероятно, станет обычной.

В самом деле, деление ядра урана было открыто вовремя, чтобы прийти на смену известным источникам энергии, ибо цивилизация, жаждущая энергии, начала испытывать страх, что обычные энергетические запасы не смогут в течение долгого времени удовлетворять потребности как промышленно развитых стран, так и стран, только вступающих на путь индустриализации.

Более того, в этих вопросах гражданские и военные проблемы тесно переплетаются. И для военного, и для мирного использования атомной энергии требуются одни и те же достижения техники, причем одни и те же вещества могут быть как ядерным горючим, так и зарядом атомных или водородных бомб. Следовательно, уже сам прогресс промышленного применения атомной энергии делает более настоятельной необходимость политического решения проблемы, возникшей с появлением средств массового уничтожения. Вторая половина XX столетия характеризуется такой стремительностью технического прогресса и политических потрясений, что кажется, будто время капитулирует перед ними. Поэтому необходимо, чтобы объединение мира произошло в результате нормального развития взаимоотношений между странами, а не в результате захвата одной страной остального мира (под угрозой его полного уничтожения) и не как следствие хаоса, неизбежного в случае ядерной войны.

Но опасность никогда не препятствовала движению человека вперед, и он, несмотря на брошенный ему страшный вызов, решительно открыл первые страницы атомной эпопеи.

Я участвую в этой эпопее с самого ее начала. Она тесно связана с историей двух последних десятилетий, и я попытался описать эти годы. Хочу выразить здесь свою признательность друзьям, особенно профессору Луи Бюньяру, который вдохновлял меня во время работы над книгой и помогал в ее редактировании. В предлагаемой читателю книге я попытался, не вдаваясь в научно-технические детали, описать последовательное развитие проблемы, от которой зависит судьба нашей цивилизации.

Г Л А В А I

ОТ РАДИОАКТИВНОСТИ К ДЕЛЕНИЮ ЯДРА * (1896—1939)

Естественная радиоактивность и структура атома

Занавес поднимается парижским пасмурным днем зимы 1896 года; главный персонаж нашей проблемы — уран — выходит на сцену. Анри Беккерель, профессор физики Музея естественной истории, сейчас докажет, что обнаруженное им незадолго до этого излучение урановыми солями таинственного света через черную бумагу засвечивает фотографическую пластинку наподобие X-лучей, открытых годом раньше немецким физиком Вильгельмом Рентгеном.

Начало 1898 г. застало 30-летнюю Марию Склодовскую-Кюри занятой своей первой работой, посвященной количественному определению этого излучения; прежде всего она доказала, что интенсивность излучения для различных соединений урана находится в прямой зависимости от содержания в них этого элемента. Каково же было ее удивление, когда она обнаружила, что активность урановых руд во много раз превышает активность чистого урана.

Именно тогда (она часто вспоминала об этом впоследствии) обратилась она за помощью к своему мужу Пьеру Кюри, уже известному физику, который неохотно оставил свои работы по магнетизму, чтобы, как он надеялся, за какие-нибудь две недели объяснить явление природы, которое только что открыла его супруга в скромной лаборатории при Школе физики и химии в Париже.

Жребий был брошен. Ключ к познанию строения материи был в их руках, и дверь алхимии открылась, теперь им предстояло сделать первые серьезные шаги на большом пути, по которому мы идем и сегодня.

Супруги Кюри очень скоро убедились, что они имеют дело с какими-то новыми элементами, значительно превосходящими уран по мощности излучения. К концу 1898 г. они открыли

* В этой главе дается очень краткое изложение основ атомной науки.

первый неизвестный элемент, названный ими полонием, и второй — радием. С помощью химика Гюстава Бемона после четырех лет изнурительной работы над тонной отходов от переработки урановой смоляной обманки — урановым минералом из Богемии — они выделили в 1902 г. первый дециграмм радия.

Слава пришла к супругам Кюри, к сожалению, без средств, которых они настойчиво добивались. И только в 1906 г., после преждевременной кончины Пьера Кюри, для мадам Кюри была создана настоящая лаборатория — Институт радия при факультете естественных наук в Париже.

Итак, в начале XX века работы, начатые отдельными учеными, располагающими простейшими средствами, привели к расщеплению ядра и были продолжены в университетских лабораториях небольшими группами ученых физиков и химиков, работающих в научных центрах Парижа, Кембриджа, Берлина и позже — Копенгагена, Рима и Геттингема.

Постепенно были открыты новые делящиеся вещества с естественной радиоактивностью и объяснено явление радиоактивности. Оно связано с проявлением некоторыми атомами неустойчивости, которая выражается в испускании «луча», т. е. выбрасывании с большой скоростью частицы — зерна материи, с образованием нового атома, отличного от первого и, следовательно, превращением одного элемента в другой.

Догма Лавуазье о неизменности элементов — одна из опор, на которых развивалась химия XIX века, — была разрушена. Другая — относительно сохранения массы — была отброшена теорией Эйнштейна об эквивалентности массы и энергии.

К 1910 г. центр работ переместился в Англию, в Манчестер, затем в лабораторию Кавендиша в Кембридже, возглавляемую Эрнестом Резерфордом, который стал руководителем этих исследований на протяжении около четверти века. Труды Резерфорда и его выдающегося ученика Нильса Бора, изучавших частицы, излучаемые радиоактивными атомами, привели к созданию планетарной модели атома. По этой модели атом состоит из облака отрицательно заряженных частиц или электронов, тяготеющих к исключительно компактному центральному ядру, состоящему из материи в форме частиц двух видов с одинаковой массой — положительно заряженных протонов и не имеющих электрического заряда нейтронов*. Электрический заряд протона равен и противоположен по знаку электрическому заряду электрона, а в целом атом нейтрален, так как число протонов и орбитальных электронов одинаково.

* Автор здесь несколько забегаает вперед, описывая строение атома с точки зрения более поздних представлений. Нейтрон был открыт Чедвиком в 1932 г. — *Прим. ред.*

Классификация элементов по возрастающей массе и по химической аналогии, предложенная в 1875 г. русским ученым Дмитрием Ивановичем Менделеевым *, нашла, наконец, свое подтверждение: отличительным признаком, который определяет физико-химические свойства данного элемента, является число орбитальных электронов атома, равное числу протонов, находящихся в ядрах этих атомов; это число соответствует месту элемента в классификации от самых легких элементов, — водорода и гелия, до самых тяжелых, находящихся на Земле, — тория и урана.

Накануне первой мировой войны новое важное понятие — изотоп — дополнило классификацию: если для данного элемента общее число имеющихся в ядрах его атома протонов постоянно и характерно, то число нейтронов непостоянно и может изменяться на несколько единиц.

Атомы одного элемента, которые отличаются только числом нейтронов, находящихся в ядре, называются изотопами **. Это настоящие близнецы в смысле квазиотождества их физико-химических свойств, что делает очень трудным их разделение; однако их ядерные свойства различны, и это сыграло первостепенную роль в атомном вопросе.

Наш главный персонаж — уран, 92-й и последний в периодической системе естественных элементов, представляет собой совокупность двух основных изотопов — урана-238 и урана-235, ядра которых различаются только тремя нейтронами; более легкий — уран-235 — всегда встречается в природной смеси с ураном-238 в постоянной пропорции 7 частей на 1000. Оба изотопа урана радиоактивны, но с большим периодом полураспада (из одной тонны урана в течение года распадается один миллиграмм урана-235 и в семь раз меньше урана-238), так что их возраст определяется пятью миллиардами лет, прошедшими со времени образования земной коры. То же самое можно сказать и о тории, который также является исходным элементом для образования одной из трех групп *** элементов с естественной радиоактивностью.

* Автор допускает хронологическую неточность: первое сообщение об открытии периодического закона было сделано Д. И. Менделеевым в 1869 г. — *Прим. ред.*

** От греческих слов *isos* — тот же, такой же; *topos* — место, т. е. занимающее одно и то же место в периодической системе.

*** Эта группа, приводящая в итоге к устойчивым изотопам свинца, насчитывает около 40 радиоактивных элементов. Каждый из них имеет характерный, неизменный период полураспада, более или менее продолжительный. Два типа превращений элементов характеризуют естественный распад: альфа-радиоактивность соответствует испусканию ядра гелия с массой 4, и бета-радиоактивность — выбрасыванию электрона. Превращение элементов может сопровождаться электромагнитным излучением не корпускулярного характера, так называемым гамма-излучением.

Наконец, изучение радиоактивности позволяет присутствовать при рождении того, что мы называем сегодня атомной или ядерной энергией: она проявляется в высвобождении тепла, которым сопровождается превращение элементов. Эта энергия при равных массах действующих веществ намного превышает количество энергии, возникающей при химической реакции взаимодействия орбитальных электронов атомов; она соответствует действию значительных сил связи, которые соединяют в сердце ядра нейтроны и протоны мало изученным «цементом». В момент радиоактивных превращений происходит потеря массы ядра и превращение по закону Эйнштейна этой массы в энергию.

Искусственная радиоактивность

В 1933 г. в тот счастливый момент, когда мадам Склодовская-Кюри, подыскивая препаратора, обратилась в Школу физики и химии, где я заканчивал свой курс, определилась моя карьера. К несчастью, малокровие, вызванное годами работы без достаточных мер предосторожности, помешало мне по-настоящему работать под руководством этой необыкновенной женщины. Она только раскрыла мне процесс дробной кристаллизации — тот самый, который помог ей выделить радий.

Я храню волнующее воспоминание о маленькой химической лаборатории в Институте радия, созданной неустанным упорством этой, уже немолодой, женщины, такой хрупкой в своем черном рабочем халате, вся жизнь которой была большим научным подвигом.

Мадам Кюри собиралась послать меня в Германию в лучшую в то время лабораторию, специализировавшуюся в области измерения атомных весов, чтобы потом более точно определить атомный вес радия. Но нацистская драма помешала осуществлению этого замысла, а несколькими годами позже, после вторжения немцев в мою страну, привела меня в Соединенные Штаты Америки для участия в развитии проблем, связанных с радиоактивностью.

В феврале 1934 г., за несколько месяцев до своей смерти, мадам Кюри испытала большое удовлетворение: она оказалась свидетелем того, как ее ученики — зять Фредерик Жолио и дочь Ирен произвели революцию в современной физике, открыв явление искусственной радиоактивности.

Чтобы вызвать превращение одного атома в другой, Резерфорд уже в 1919 г. предложил использовать частицы материи, излучаемые с большой скоростью естественными радиоактивными элементами для бомбардировки атомов других элементов. Изучая таким способом траектории радиоактивных

лучей, он смог доказать, что ядро азота можно превратить в другое, выбив из него один протон; в этом процессе рождалось ядро кислорода.

12 лет спустя, его ученик Джеймс Чедвик, основываясь на работах немецких и французских школ, воздействуя излучением полония на легкие элементы, получил нейтрон.

В это время появились новые технические средства, позволившие получить интенсивные пучки частиц высокой энергии и использовать их как снаряды для бомбардировки. Были созданы сложные электромагнитные установки — ускорители частиц, из которых наиболее мощным был циклотрон, изобретенный Эрнстом Лоуренсом в 1930 г. в Калифорнии*. Появление аппаратуры, стоимость которой стала превышать возможности университетских лабораторий, представляло собой новый этап в развитии физических исследований.

Было произведено несколько отдельных превращений атомов, но предполагалось, что эти превращения происходили мгновенно и приводили к образованию устойчивых ядер. Еще не родилась мысль, что бомбардировка атомов может создать новые радиоактивные ядра определенного изотопа, неустойчивость которых, т. е. радиоактивность, проявится после процесса бомбардировки.

Собрав все запасы радиоактивных материалов, которые мадам Кюри с большим терпением и настойчивостью накапливала в продолжение более 30 лет, Ирен Кюри и Фредерик Жолио изготовили мощный источник излучения — полониевый. Поместив алюминий под лучи этого источника, они обнаружили образование атомов одного радиоактивного изотопа фосфора, еще неизвестного в природе. Несколько позже Ферми показал, что нейтроны являются наиболее подходящими частицами для проникновения в ядра атомов, так как они не отталкиваются электрическим зарядом этих ядер и образуют при этом новые радиоактивные изотопы.

Так раскрылась дверь перед сотнями новых искусственных радиоэлементов с продолжительностью жизни от долей секунды до миллионов лет, которые являются изотопами известных элементов, начиная от самых легких и кончая самыми тяжелыми. Эти неустойчивые ядра, вероятно, существовали в момент космических потрясений, сопровождавших образование солнечной системы, и исчезли в результате распада с относительно коротким периодом** по сравнению с возрастом земной коры. С их образованием в действие вступают

* В 1936 г. в Ленинграде был построен первый советский циклотрон, явившийся по тем временам крупнейшим в Европе.— *Прим. ред.*

** Период полураспада радиоактивного элемента — время, в течение которого распадается половина исходного количества атомов.

ядерные силы, т. е. высвобождается энергия атомного происхождения, однако количество ее чрезвычайно мало, так как число превращающихся атомов всегда остается относительно малым.

Все установки, которыми пользуются для освобождения атомной энергии, являются вместе с тем производителями различных искусственных радиоактивных элементов. Последние находят широкое применение во всех областях науки и техники и представляют очень важную отрасль атомной энергетики.

Деление урана

Чтобы подойти к производству атомной энергии в широких масштабах, оставалось преодолеть последний рубеж — раскрыть процесс, в котором изменение одного атома вызывает изменение многих соседних, и эта реакция распространяется лавинообразно.

В 1935 г. Фредерик Жолио при вручении ему Нобелевской премии сказал: «Если заглянуть в прошлое и охватить взором процесс, который происходит все более и более нарастающими темпами, то мы получим право думать, что исследователи, которые создают или разрушают элементы по своему желанию, сумеют добиться превращений, имеющих характер взрыва, добиться настоящих цепных реакций».

В этот период существовало мнение, что самые большие возможности для получения ядерной энергии скрыты в группе элементов, расположенных в начале и конце периодической таблицы. Было известно, что если бы в лабораторных условиях удалось получить ядерную энергию, то произошли бы два процесса, связанные с потерей массы или, иными словами, высвобождением энергии: слияние ядер атомов легких элементов в ядра атомов более тяжелых элементов и расщепление ядер атомов тяжелых элементов на ядра более легких элементов.

Первый процесс — реакция слияния или синтеза — происходит в звездах и является источником солнечной энергии, а теперь и водородной бомбы. В грохоте взрыва ядер тяжелых элементов возникла ядерная энергия, вызванная к жизни человеком. Потребовалось еще четыре года, чтобы раскрыть процесс цепной реакции и подтвердить пророчество Жолио-Кюри.

В 1934 г. Энрико Ферми подверг бомбардировке нейтронами уран, наиболее сложный из всех элементов. В результате вместо одного ожидавшегося радиоактивного элемента образовалось более двадцати, происхождение и природу которых не удалось объяснить.

Потребовалось около пяти лет, чтобы раскрыть эту загадку, пять лет работы, история которой представляет замечательный пример международного научного соревнования между группами Ферми в Риме, Жолио-Кюри — в Париже, Гана — в Берлине и Бора — в Копенгагене.

Сложность смеси радиоактивных элементов, полученных нейтронной бомбардировкой урана, и трудность определения их химических свойств заставили Ферми отступить. Но в 1935 г. группа берлинских ученых, в которую входили Отто Ган, Лиза Мейтнер и Фриц Штрасман, вернулась к этой проблеме и после года работы им показалось, что они решили химическую головоломку, идентифицировав все двадцать радиоактивных элементов.

Ирен Кюри, работавшая у югославского физика Поля Савича, поставила под сомнение результаты опытов Отто Гана и решила идентифицировать только один элемент из этой группы радиоактивных элементов, полагая, что одновременно определить все химические элементы невозможно. Задача трудная! Но она не отчаивалась и с упорством, достойным ее матери, сумела, наконец, доказать, что химические свойства изучаемого радиоактивного элемента очень напоминают свойства уже известного элемента — лантана, расположенного в середине периодической таблицы Д. И. Менделеева. Эта гипотеза оказалась в полном противоречии с выдвинутой ранее гипотезой берлинской школы.

Убеденные, что результаты опытов Ирен Кюри неточны, Ган и Штрасман продолжали работу, чтобы снова подтвердить свои предыдущие выводы. Используя тот же процесс дробной кристаллизации, позволивший 40 лет назад супругам Кюри выделить радий, Ган показал, что радиоактивные элементы, полученные воздействием нейтронов на уран, по своим химическим свойствам ведут себя так же, как элементы средней части периодической системы. Действительно, это были изотопы, и через месяц после опубликования Ганом результатов своих работ появились доказательства деления ядер урана, представленные физиками из разных стран мира, и прежде всего Отто Фришем из Копенгагена и независимо от него Фредериком Жолио-Кюри из Парижа; затем последовали другие открытия в США и Англии. Лиза Мейтнер познакомила своего племянника Отто Фриша, молодого талантливого физика, с результатами последних работ Гана, в которых не смогла принять участие, так как весной 1938 г. вынуждена была эмигрировать в Швецию.

Среди естественных элементов лишь два самых тяжелых и самых сложных — уран и торий, — неустойчивость которых определяется природой их естественной радиоактивности, способны к делению ядра; однако ядро урана-235 более при-

годно для бомбардировки нейтронами. Нильс Бор в 1939 г. произвел сложнейшие теоретические расчеты.

Деление ядра урана сопровождается выделением большого количества энергии, соответствующей потере примерно одной тысячной доли его массы. Деление ядра характеризуется, таким образом, двумя явлениями: выделением энергии и образованием радиоактивных продуктов.

Интерес к делению атомных ядер ограничился бы этим важным теоретическим выводом, если бы в этом не таилась возможность распространения реакции на гораздо большие массы материи. Действительно, в марте 1939 г. Фредерик Жолио-Кюри, Ганс Халбан и Лев Коварски в Коллеж де Франс установили, что деление атома урана, вызванное одним нейтроном, помимо образования продуктов деления и высвобождения соответствующей энергии сопровождается выходом нескольких нейтронов, так называемых вторичных нейтронов. Именно это главное явление позволяет распространяться атомному огню, подобно тому как тепло, выделяемое при горении, поддерживает это горение. Высвобожденные однажды вторичные нейтроны могут вызвать деление новых ядер. Условия, вызывающие цепную реакцию, определены, и теперь для получения атомной энергии могли быть использованы весомые количества материи. Был открыт доступ к неизмеримому хранилищу атомной энергии благодаря новому источнику, который при равных массах почти в три миллиона раз превышает калорийность угля.

Итак, уран — отправной пункт нашей истории — стал основой революционного переворота в науке. Через 40 лет после открытия радия атомная физика перестает быть областью только фундаментальных исследований, достоянием только исследователей-одиночек. Появляется новый избранник — ученый-атомник, чтобы принять самое активное участие в жизни великих наций.

Г Л А В А II

ОТ ЛАБОРАТОРИИ ДО ХИРОСИМЫ
(1939—1945)

Вторая мировая война создала условия для ошеломляющего развития последствий открытия деления ядра в результате подвига, при котором техника и современные средства научного исследования были введены в действие благодаря тесному сотрудничеству ученых, промышленников, военных специалистов и государственных деятелей союзных правительств.

Начиная с весны 1939 г. в большинстве стран и прежде всего во Франции ученые прилагали все усилия, чтобы убедить правительства своих стран в важности атомной проблемы и получить необходимую поддержку для продолжения исследований в еще более широком масштабе.

В это время самым страстным поборником будущего мощного атомного оружия был венгерский физик Лео Сциллард. В феврале 1939 г. Сциллард, находясь в Нью-Йорке, обращается ко всем ученым стран, возможных союзников в будущей войне, неизбежность которой он предвидел, с предложением прекратить опубликование материалов по проблеме ядерного деления. Я вспоминаю, какой неожиданностью для сотрудников лаборатории Жолио-Кюри при Коллеж де Франс оказалась телеграмма (содержавшая более 140 слов!), присланная коллегой Сцилларда и вызвавшая большую дискуссию: можно ли ученым прийти к общему добровольному соглашению, чтобы сохранить в секрете результаты научных исследований в настоящее время и в будущем. Для ядерной физики, которая до того времени была исключительно чистой наукой, это казалось неосуществимым. Свободный обмен знаниями всегда был довольно полным и иногда он был подобен состязанию, где сообщение, посланное в научный журнал несколькими днями раньше или позже, принесило его автору или славу открытия, или только удовлетворение перед свершившимся фактом. Так, произошло с открытием вторичных нейтронов, сделанным в Париже группой Жолио-Кюри и не-

зависимо от нее Сциллардом и Ферми в Нью-Йорке, куда итальянский ученый переехал, отказавшись вернуться в фашистскую Италию после получения в Стокгольме в 1938 г. Нобелевской премии.

Предложение Сцилларда так и осталось непонятым и не было принято, но несколькими месяцами позже, перед самым началом войны, каждая страна начала самостоятельно принимать меры, чтобы сохранить в тайне результаты своих исследований урана.

Начало французских исследований

Во Франции группа Жолио, Халбана и Коварски, к которой присоединился Франсис Перрэн, вскоре приходит к выводу, что в природном уране один лишь уран-235 легко подвергается делению, а уран-238 менее пригоден для реакции деления, вызываемой нейтронами: он поглощает эти нейтроны до того, как они успевают выполнить свою роль и ведет себя с этой смеси подобно воде в подмоченом порохе. Именно по этой причине уран никогда не взрывается в природе и встречается на Земле. Однако Жолио и его сотрудники считали, что тем не менее можно попытаться осуществить цепную реакцию в уране-235, находящемся в природном уране.

И действительно, опыт подтвердил, что вторичные нейтроны, испускаемые с большой скоростью, после замедления способны вызвать деление ядер урана-235. Как известно, чтобы замедлить ускоренные нейтроны, достаточно поместить на пути их пробега материал, содержащий легкие ядра. Столкнувшись с ними, нейтроны потеряют часть своей энергии подобно бильярдному шару, который, встречаясь с другими такими же шарами и теряя постепенно свою движущую силу, замедляет ход. Было решено смешать уран с веществом, которое замедляет нейтроны, не поглощая их. Этот принцип лег в основу патентов, заявленных во Франции в начале мая 1939 г. Одни из них были посвящены использованию урановых взрывов, другие — проблеме конструирования установок для получения энергии из урана. Позднее эти установки называли котлами, или атомными реакторами.

Осенью 1939 г. началась война. Исследовательские работы развернулись с большим размахом. Однако в этот период задача создания бомбы не ставилась, так как она считалась слишком трудной для осуществления. Вопрос стоял о создании генераторов энергии: специалисты ясно не представляли себе всех трудностей решения проблемы и считали, что атомный двигатель подводной лодки может быть создан за несколько лет, и подводный флот получит чудовищное преимущество, исключаящее расход кислорода.

Вначале проблема замедлителей частиц решалась при помощи водорода, однако изучение смеси обычной воды с ураном показало, что водород очень легко поглощает нейтроны, необходимые для реакции. В итоге поисков группа Жолио приходит к заключению, что практически могут быть использованы два замедлителя: чистый углерод в виде графита и тяжелая вода. В состав тяжелой воды входят кислород и изотоп водорода с массой, равной двум,— дейтерий, встречающийся в природном водороде в соотношении 1 : 6000 и поглощающий нейтроны в гораздо меньшей степени, чем водород с массой, равной единице. Тяжелую воду очень трудно отделить от обычной. В одном литре обычной воды содержится 160 миллиграммов тяжелой и ее отделение требует применения сложных процессов фракционирования и затрат огромного количества энергии.

Тяжелый водород был открыт в 1932 г. американским ученым Гарольдом Юри, обнаружившим в воде после большого числа последовательных перегонки фракцию с повышенной плотностью. Вплоть до войны тяжелую воду использовали только для научных работ. Тем не менее франко-норвежское объединение синтетического аммиака несмотря на отсутствие потребителей начало производство тяжелой воды, воспользовавшись низкой стоимостью электроэнергии в Норвегии и применив систему электролитического фракционирования, используемую в производстве аммиака.

Министр вооружения Франции Рауль Дотри следил за развитием исследовательских работ в стране и при его поддержке в марте 1940 г., за несколько недель до вторжения немцев в Норвегию, в Осло отправилась секретная миссия, возглавляемая Жаком Аллье, чтобы вывезти около 180 литров тяжелой воды — единственный в мире запас этого ценного материала.

Дотри, сознавая всю серьезность проблемы, предоставил Ф. Жолио-Кюри неограниченные кредиты и право отзывать из армии любого сотрудника. В то же время Дотри, ориентируясь на сотрудничество с британскими учеными, направил в апреле 1940 г. в Лондон Жака Аллье, чтобы сообщить о последних результатах исследований французских ученых-атомников. Одновременно был подписан контракт с норвежской фирмой, изготовлявшей тяжелую воду, о предоставлении Франции всей продукции тяжелой воды в последующие годы. На основании другого торгового соглашения бельгийская промышленность обязалась поставлять во Францию урановую продукцию из Бельгийского Конго*, где находились богатейшие урановые месторождения. Более того, в лабораторию

* С 1960 г. Независимая Республика Конго (со столицей в Леопольдвиле).— *Прим. ред.*

Жолио-Кюри было доставлено шесть тонн окиси урана из Бельгии. Еще с мая 1939 г. Жолио-Кюри вел переговоры о том, чтобы французский национальный фонд научных исследований совместно с крупной бельгийской фирмой — производителем урана создал синдикат для возможного использования в промышленности деления ядра урана.

Все предвещало отличные результаты. Но, к сожалению, этот подъем был приостановлен оккупацией страны немцами.

Лаборатория Жолио-Кюри и запасы тяжелой воды были перевезены в Клермон-Ферран, а затем 16 июня 1940 г. в Бордо было принято тяжелое для Франции решение: Халбан и Коварски направлялись в Англию для передачи в распоряжение британских властей дорогих материалов, чтобы продолжить там опыты, начатые во Франции. Жолио-Кюри отказался сопровождать Халбана и Коварски и остался работать в своей лаборатории в оккупированной немцами стране*.

Вклад английских ученых

Английские ученые-атомники также прекрасно сознавали важность успешного решения атомной проблемы, но в противоположность Жолио-Кюри отдавали предпочтение идее создания атомной бомбы.

Летом 1939 г. ближайший советник Черчилля лорд Черуэлл, профессор физики в Оксфорде, указал на колоссальные трудности, с которыми связано создание атомной бомбы, утверждая, что возможная угроза со стороны нацистов сбросить на Англию такое оружие — не что иное, как блеф, не заслуживающий внимания.

Между тем в апреле 1940 г. при Министерстве авиационной промышленности был создан комитет с зашифрованным названием «Мауд Коммитти»**, возглавляемый Дж. Томсоном. В него вошли крупнейшие ученые-физики Англии, среди них Джеймс Чедвик, Джон Кокрофт, Маркус Олифант. На равных правах были приняты немецкие ученые Рудольф Пайерлс и Отто Фриш. Последний переехал в Англию после открытия в Копенгагене реакции деления ядра. Комитету предлагалось выяснить, можно ли создать атомную бомбу в ходе начавшейся войны и окупятся ли затраты на производство бомбы разрушительным эффектом применения ее в войне.

* Жолио-Кюри не просто остался во Франции. Он был одним из организаторов и руководителей движения сопротивления французского народа против немецких оккупантов.— *Прим. ред.*

** Мауд — имя гувернантки-англичанки у детей Нильса Бора. В телеграмме одному английскому коллеге, отправленной из Копенгагена, Бор спрашивал, что тому известно о Мауд. Англичане интерпретировали это слово так: «Милитэри Аппликэйшн оф Ураниум Дезинтегрейшн».— *Прим. ред.*

Чтобы лучше понять процесс атомного взрыва, следует напомнить известный анекдот. Изобретатель игры в шахматы потребовал от императора Индии в качестве вознаграждения плату в виде хлебных зерен: за первую клетку шахматной доски — одно зерно, за вторую — два зерна, за третью — четыре и т. д. В итоге на последней, шестьдесят четвертой клетке, это число оказалось таким огромным, что на земле не хватило бы всех запасов зерна, чтобы выполнить это условие. Если теперь обратиться к чистому урану-235 и разделить при помощи одного нейтрона его ядро, то возникнет по меньшей мере два других ядра, которые в свою очередь вызовут деление двух новых ядер и высвободят при этом четыре нейтрона второго поколения; в третьем поколении — их будет восемь, в десятом — тысяча, тридцатом — миллиард и в восьмидесятом поколении вторичных нейтронов будет достаточно, чтобы расщепить огромное число атомов, содержащихся в нескольких килограммах урана-235. Эта цепная реакция в чистом делящемся материале протекает в течение ничтожно малого времени (порядка одной десятиллионной доли секунды), ибо промежуток между двумя последовательными поколениями составляет чрезвычайно малую величину — одну миллиардную долю секунды. При этом высвобождается энергия огромного взрывного потенциала.

Если размножение нейтронов будет происходить только в малой массе, например в шаре из урана-235, то появятся нейтроны, которые, достигнув его поверхности, выйдут наружу и не будут больше участвовать в развитии реакции деления ядра. Чем больше радиус шара, тем меньше его поверхность по отношению к объему и тем меньше будет отношение между количеством потерянных и образовавшихся нейтронов. Таким образом, мы подошли к понятию критической величины, ниже которой потеря нейтронов огромна и взрывная цепная реакция невозможна, так как она мгновенно прекращается, а выше этой величины нейтроны, образованные в массе, не теряются и, следовательно, взрыв может произойти.

В 1939 г. французский ученый Франсис Перрэн подтвердил, что реакция деления зависит от критического объема и массы делящегося материала. Чедвик первым в 1940 г. рассчитал приблизительную величину критической массы урана-235. Она оказалась равной примерно 20 килограммам, что соответствует объему около одного литра. Любой шар из урана-235 с массой ниже критической представляет кусочек металла «мирного» характера, и любой шар с массой выше критической мгновенно становится источником чудовищного взрыва.

Ученые-атомники «Мауд Коммитти» пришли таким образом к заключению, что идея создания атомной бомбы осуществима, поэтому они охотно приняли Халбана и Коварски

с их планами и запасом тяжелой воды, предоставив им для продолжения исследовательских работ лабораторию в Кембридже. Здесь в конце 1940 г. были успешно осуществлены опыты, разработанные во Франции Фредериком Жолио. Они подтвердили возможность развития цепной реакции в среде урана и тяжелой воды, но показали, что для критической массы такой системы потребуются тонны тяжелой воды.

Важность этих опытов заключалась в том, что впервые была показана возможность создания установок для производства энергии из урана.

Вместе с тем очень скоро выяснилось, что потребуются мобилизация значительных промышленных усилий для производства урана-235 в количествах, необходимых для изготовления атомной бомбы. Для Англии в 1941 г. эта задача оказалась не по силам: вся промышленность ее работала на войну и ни одна из ведущих отраслей не могла переключиться на другие цели, не связанные с выполнением военных заказов. Крупнейшие английские ученые-физики включились в разработку секретной установки (радара), которая должна была помочь Англии выиграть войну.

Летом 1941 г. «Манд Коммитти» прекратила свою деятельность. Члены Комитета пришли к убеждению, что США — единственная страна, которая располагает высоким промышленным потенциалом, чтобы осуществить замыслы в сжатые сроки. Некоторые ученые в Америке уже поняли это.

Американское атомное производство

За океаном начиная с 1939 г. проводились научно-исследовательские работы в том же направлении, что во Франции и Англии. Лео Сциллард, обладая даром предвидения, опасался, как бы Германия не выиграла атомного соревнования, поэтому старался привлечь внимание официальных кругов к этой проблеме. В марте 1939 г. он обращается в Военно-морское министерство, но оно не проявляет достаточной заинтересованности. Нужно было обращаться в более высокие инстанции, действовать энергичнее, так как война в Европе принимала все больший размах. Сциллард склоняет на свою сторону венгерского ученого-физика Евгения Вигнера, к ним присоединяется Альберт Эйнштейн. Чтобы добиться приема у президента, Эйнштейн, Сциллард и Вигнер обращаются из Нью-Йорка к личному другу Рузвельта Александру Саксу.

В октябре 1939 г. на приеме у Рузвельта Сакс вручил президенту письмо Эйнштейна и доклад Сцилларда. В докладе работы французских ученых были представлены, вероятно, как самые передовые для того времени. Письмо Эйнштейна президенту Соединенных Штатов, датированное 2 августа

1939 г., в ярких словах рисует эффект возможной атомной бомбы: «Одна такая бомба, доставленная на борту корабля в порт и взорванная там, может отличнейшим образом уничтожить и весь порт и все, что есть на прилегающей к нему территории...»

Рузвельт немедленно решает создать Консультативный комитет по урану. Этот Комитет в 1940—1941 гг. руководил научными исследованиями, проводимыми, однако, на недостаточно высоком уровне. Тем не менее в этот период были получены результаты, имевшие большое значение.

И прежде всего Ферми и Сциллард в Колумбийском университете в Нью-Йорке доказали, что углерод в виде графита высокой чистоты может служить замедлителем при осуществлении цепной реакции в природном хорошо очищенном уране. Для этого потребуются десятки тонн графита и сотни тонн рафинированного урана. Ферми и Сциллард тщетно добивались получения кредитов от государства или от частных лиц, чтобы придать производству промышленный размах.

В 1940 г. американскому физико Альфреду Ниру удалось выделить несколько тысячных миллиграмма урана, обогащенного изотопом — ураном-235, и подтвердить, что именно это вещество подвергается делению.

В конце того же года на циклотроне в лаборатории Калифорнийского университета американский ученый-химик Глен Сиборг (который позже, в 1961 г., оказался первым ученым, назначенным председателем Комиссии по атомной энергии США) в сотрудничестве с другими учеными показал возможность превращения урана-238 под действием нейтронов в новый элемент — плутоний-239 — и выделил несколько тысячных миллиграмма его. Сиборг установил, что плутоний, как и уран-235, способен делиться под действием медленных нейтронов. Следовательно, если удастся осуществить цепную реакцию с природным ураном, то редкий изотоп — уран-235 будет «выгорать» в результате реакции деления, высвободит энергию и радиоактивные вещества, а изотоп — уран-238 станет превращаться в плутоний-239, который будет выполнять ту же роль, что и уран-235.

Плутоний занимает 94-е место в периодической таблице элементов. В природе он не встречается, так как период его полураспада составляет 24 тысячи лет*.

Наконец, в 1941 г. Роберт Оппенгеймер в Калифорнийском университете в Лос-Анжелосе при определении критической

* В настоящее время насчитывают 11 элементов, занимающих после урана места с 93-го по 103-е периодической таблицы. Большинство из них открыто группой ученых под руководством Глена Сиборга. Все эти элементы радиоактивны и их неустойчивость возрастает с ростом атомного номера.

массы урана-235 получил тот же результат, что и Чедвик в Англии. Помимо этого, он установил, что критическая масса плутония меньше критической массы урана. Действительно, она равна семи килограммам, что соответствует объему примерно трети литра. Отсюда следовало, что атомная бомба взрывной мощностью, равной по силе взрыву десяти миллионов тонн тринитротолуола, будет изготовлена, если будут накоплены запасы ядерного горючего, превышающие эти критические массы.

Параллельно с этим отделением изотопа урана-235 в Нью-Йорке занимался Юри, крупный специалист по изотопам, который открыл и выделил тяжелую воду, а в Калифорнии — Эрнст Лоуренс, изобретатель циклотрона.

Летом 1941 г. Рузвельт проводит мобилизацию научно-исследовательских сил. Он создает Управление по развитию научно-исследовательских работ, во главе которого был поставлен Ванневар Буш. В это Управление был включен и комитет, занимавшийся осуществлением военных программ, — Исследовательский комитет по вопросам национальной обороны под председательством Джеймса Конэнта. Конэнт и Буш до конца войны были теми гражданскими администраторами, на которых лежала главная ответственность за выполнение атомной программы.

В начале осени того же года входивший в английскую группу австралийский ученый-атомник Олифант на одном из приемов высказал мнение, что с каждым днем приближается роковой час, когда английская земля может покрыться радиоактивной пылью или будет полностью разрушена атомной бомбой. Такой вывод был сделан на основании полученных сведений, позволявших судить о принятии Германией важных мер в этом направлении. Англия, указывал Олифант, оказалась бессильной перед решением технической проблемы, связанной с производством атомной бомбы. И единственная страна, Соединенные Штаты Америки, чей огромный промышленный потенциал только частично использовался для войны, может включиться в производство атомной бомбы.

Иногда мнению иностранцев придают большое значение, и американцы признали, что начавшиеся исследовательские работы английских ученых, которые в свою очередь форсировались вкладом французов, послужили толчком для принятия в конце 1941 г. решения о начале в США работ по созданию атомной бомбы.

Вступление Соединенных Штатов в войну укрепило это решение. Через неделю после Пирл-Харбора * был создан Выс-

* Имеется в виду внезапное нападение японских милитаристов на военно-морскую базу США в Пирл-Харборе, закончившееся гибелью большого числа американских военных кораблей. — *Прим. ред.*

ший комитет, среди членов которого были вице-президент Генри Уоллес, военный министр Генри Стимсон и начальник Генерального штаба Джордж Маршалл. Было решено полностью реорганизовать работу в области атомных исследований.

На базе существовавших ранее групп ученых Ферми, Сцилларда в Нью-Йорке и Сиборга в Калифорнии при Чикагском университете было создано научное объединение под руководством физика Артура Комптона с условным названием «Металлурджикэл Проджект», начавшее свои работы в апреле 1942 г. Программа работ предусматривала осуществление цепной реакции в системе уран — графит и выявление возможностей метода химической экстракции плутония, образующегося в процессе цепной реакции.

В конце 1941 г. и начале 1942 г. состоялся обмен мнениями с английскими учеными. В результате было установлено, что цепная реакция в системе природный уран — тяжелая вода, безусловно, возможна, но для ее скорейшего осуществления необходимо большое количество тяжелой воды. Поэтому графитовому замедлителю было отдано предпочтение.

В это время я был откомандирован в распоряжение группы английских ученых-атомников и в июле 1942 г. был приглашен ими в Чикаго, где более сотни научных работников уже включились в работу, заняв лаборатории университета.

Программа намеченных работ с обязательным строгим исполнением ее требований предусматривала создание бомбы за три года. Ученые знали, что речь идет об оружии, разрушительный потенциал которого не имел себе равного в прошлом. Но вопросы морали отступили перед страхом: немцы могли идти по тому же пути и, возможно, уже намного опередили другие страны.

Самым выдающимся ученым этой группы был Энрико Ферми. Ему исполнился 41 год, он был полон сил и энергии. Экспериментатор, не знавший себе равных, он так и остался одним из немногих ученых-атомников, избежавших превращения в администратора, чего не миновали многие руководители крупных исследовательских лабораторий.

Ферми был ответственным за работы по осуществлению цепной реакции в системе уран — графит. С недавних пор изготовление очищенного графита (должно оставаться менее одной десятиллионной доли некоторых примесей), так же как и получение металлического урана высокой чистоты, было решенной проблемой. До войны этот металл добывали с примесями и в количествах, измеряемых граммами. Теперь же требовалось расширить производство для получения многих килограммов металлического урана. К счастью для союзников, два основных мировых месторождения урана были в их руках:

шахты в районе Большого Медвежьего озера на севере Канады и богатейшие запасы Бельгийского Конго *, где добыча, приостановленная в начале войны, была возобновлена только в 1944 г.

Более того, свыше 1000 тонн очень богатой урановой руды, составлявших половину предвоенных урановых запасов Бельгии, в 1940 г. было вывезено для сохранности в США. Эта урановая руда, а также значительные запасы руды, добытой в Конго и не вывезенной оттуда, в 1942 г. были также куплены американской фирмой.

Под трибунами университетского стадиона в большой тайне воздвигается сооружение из графита и урана, которому Ферми дает название «атомной кучи» ** (оно действительно напоминало кучу материалов).

На этом огражденном участке, блестящем от графитовой пыли, люди, черные с головы до ног, воздвигают в самой стройжайшей тайне строение, состоящее из графитовых блоков, частично полых, которые заполняют металлическим ураном или спрессованной окисью урана.

Вид этого странного сооружения вызывал у нас волнение, так как мы знали, что исход войны, а следовательно, и судьбы всего мира, возможно, здесь найдут свое решение.

По мере загрузки атомного реактора физики измеряли степень размножения нейтронов, количество которых быстро приближалось к критической величине (величина, начиная с которой воспроизводство нейтронов превышает единицу).

Наконец, 2 декабря 1942 г.— историческая дата атомной эры — началась цепная реакция. Реактор начал действовать. Для гарантии от возможных несчастных случаев в реактор были погружены стержни из кадмия,— материала, который легко поглощает нейтроны. Время от времени по мере регулирования работы реактора кадмиевые стержни очень медленно выводят из него до тех пор, пока количество нейтронов (постоянно имеющих в результате космического излучения и слабого спонтанного деления урана) не начнет возрастать в геометрической прогрессии. Когда плотность нейтронов, отмечаемая измерительными приборами, становится достаточно высокой, кадмиевые стержни снова погружают на глубину, соответствующую коэффициенту воспроизводства, близкому к единице, и достигнутая таким образом плотность нейтронов поддерживается на этом уровне.

* Урановые месторождения расположены в конголезской провинции Катанга и находятся сейчас под контролем Бельгийской кампании «Юнион Миньер».— *Прим. ред.*

** Впоследствии эта «куча» (англ. pile) материала получила название атомного котла или ядерного реактора.— *Прим. ред.*

Итак, для системы природный уран — графит, составляющей основу атомного реактора, так же как и для атомной бомбы, существует критическая масса. И все-таки между ними есть два принципиальных различия: во-первых, для достижения критической массы природного урана требуются тонны естественного урана, в то время как для чистого урана-235 или плутония достаточно всего лишь несколько килограммов; во-вторых, при замедлении нейтронов процесс получения последовательных поколений нейтронов осуществляется значительно медленнее, чем в бомбе, что делает работу реактора управляемой. Чтобы начать цепную реакцию, нужны секунды, продолжительность же взрыва бомбы составляет менее одной десятиллионной секунды.

Атомный реактор на природном уране значительно сложнее, чем установка алхимии: по мере того как уран-235 выгорает, в процессе деления из урана-238 образуется плутоний в количествах, приблизительно эквивалентных количеству выгоревшего урана-235. На каждый грамм израсходованного урана-235 высвобождается 20 тысяч киловатт-часов энергии и образуется немногим менее одного грамма плутония.

Уран-235 исключительно трудно отделить от урана-238; разделение же плутония и урана происходит относительно легко. Однако практически процесс извлечения плутония из облученного в реакторе урана очень сложен из-за большой радиоактивности присутствующих продуктов деления. При выполнении химических операций по разделению совершенно необходима защита персонала от вредного действия излучений.

Реактор Ферми, установленный в Чикаго, через несколько дней работы при мощности, составлявшей долю ватта, был остановлен, так как радиоактивные излучения становились опасными для прохожих и людей, проживающих вблизи спортивной площадки на противоположной стороне улицы. Первый реактор, созданный по приблизительным оценкам с чисто экспериментальными целями, не был снабжен биологической защитой. Едва ли этот реактор мог действовать, во всяком случае он не мог стать стационарной установкой или работать продолжительное время.

В это время я работал в группе Сиборга. В нее входило около 30 молодых химиков: старшему из нас, самому Сиборгу, было всего 30 лет. В результате бомбардировки нейтронами нескольких сот килограммов солей урана нам удалось получить 0,2 миллиграмма плутония — первую крупную порцию плутония, видимую невооруженным глазом.

18 августа 1942 г. на одном из еженедельных собраний ученых-исследователей Сиборг объявил, что он в первый раз видел вещество, созданное человеком — ничтожно малое коли-

чество соли плутония розового цвета. Но на вопрос Эдварда Теллера, руководителя группы теоретической физики, о какой соли идет речь, Сиборг ответил, что он не в состоянии ответить на этот вопрос,— настолько строгим было разделение работы между исследователями во имя сохранения государственной тайны.

Ученые имели основание предполагать, что у немцев не было достаточно мощного циклотрона, чтобы обнаружить и выделить плутоний. Я был очень удивлен, когда в июле 1942 г. в Чикаго на приеме у Комптона, шефа «Металлурджикэл Проджект», я услышал от него, что среди многих тайн, которые мне не известны, нерастворимость фторида плутония — не менее важный фактор, чем открытие этого элемента, так как она является основой начального процесса отделения плутония. Секрет нерастворимости металлической соли казался удивительно парадоксальным для химика, который значительную часть своих исследований посвятил методам анализа, чтобы узнать характерные свойства растворимости различных соединений каждого элемента.

Летом 1942 г., незадолго до того знаменательного события, когда наступление немецких войск было остановлено на Волге в России и под Александрией в Северной Африке, было решено перейти к осуществлению грандиозной перестройки промышленности и посвятить в эти планы командование вооруженных сил. В связи с этим была создана военная организация под названием «Манхэттенский проект» со штаб-квартирой в Нью-Йорке. При этом не обошлось без острых столкновений с большинством ученых-атомников, выразивших опасение, что вмешательство военных властей в область научных исследований помешает дальнейшему успеху поисков, так как для этого нужна творческая независимость ученого.

Действительно, требования секретности были значительно усилены и военные инструкции распространялись теперь на научные исследования. Самым невероятным было требование засекретить основные справочные труды по урану, украшавшие до войны библиотеки всех крупных научных лабораторий. Строгое распределение по служебной лестнице часто создавало серьезные препятствия для ученых-исследователей, которым приходилось иногда выполнять параллельные работы, и им с трудом удавалось связать между собой результаты смежных исследований.

Тем не менее армия своим авторитетом безусловно способствовала достижению необходимого приоритета в быстром осуществлении больших технических замыслов. С помощью военных специалистов удалось создать крупные научные объединения, организовать управление ими, соблюдая при этом строгую секретность.

Руководителем «Манхэттенского проекта» был назначен молодой генерал Лесли Гровс, отличавшийся необыкновенной работоспособностью.

В конце 1942 г. началось строительство трех секретных военных объектов, известных с самого начала только под индексами X, Y и W. Объект X был создан в долине Теннесси, в городе Ок-Ридже. Здесь были построены два завода по разделению изотопов урана и первый экспериментальный графитовый реактор с воздушным охлаждением. Объект W был создан в Ханфорде, в штате Вашингтон. Именно здесь были построены три крупных графитовых реактора для получения плутония. И, наконец, объект Y — «концентрационный лагерь лауреатов Нобелевской премии» построен в Лос-Аламосе — прекрасном уголке земного шара, где была создана атомная бомба. Но тот, кто работал в Лос-Аламосе, подписывал обязательство остаться там до конца войны и еще на полгода после ее окончания.

В каждом из этих городов, особенно в Ок-Ридже и Лос-Аламосе, были впервые созданы гигантские научные учреждения, объединившие тысячи инженерно-технических работников и ученых разных специальностей. Инженеры, руководившие строительством крупных промышленных комплексов, принимали участие в лабораторных исследовательских работах, чтобы лучше усвоить специфику производства. Таким образом, только силами действительно крупных объединений можно было подойти к решению поставленных задач, определенному таким невиданным до сих пор широким фронтом работ. Организация научного руководства и административного управления такими «вавилонскими башнями» в технике выдвигает ряд сложных проблем, над решением которых пришлось немало потрудиться.

Одной из наиболее трудных технических проблем была разработка системы охлаждения реакторов в Ханфорде, весь комплекс которых мог бы обеспечить электроэнергией Париж. Ежедневно здесь производилось несколько сот граммов плутония. Для охлаждения использовалась хорошо очищенная вода из реки Колумбии, которая пропусклась под давлением и с большой скоростью между двойными защитными алюминиевыми оболочками, покрывавшими урановые стержни. Температура в реке повысилась таким образом на несколько градусов, так как тепло, выделявшееся в реакторе, не использовалось.

К тому же во время пуска первого реактора в Ханфорде выяснилось, что нарастанию его мощности препятствует накопление одного из продуктов деления — радиоактивного изотопа ксенона с непродолжительным периодом полураспада. К счастью, реактор проектировали с запасом мощности, и

препятствие, казавшееся непреодолимым, удалось устранить к большому облегчению всех ученых и инженеров.

Действующий атомный реактор с самого начала становится источником интенсивной радиации. Чтобы избежать распространения вредных излучений, реактор окружают толстыми стенами из бетона и свинца. Периодически урановые стержни извлекают из реактора и для выделения плутония направляют на химический завод, расположенный в искусственных каньонах — коридорах длиной до нескольких сот метров с бетонными стенами в несколько метров толщиной. Здесь в результате ряда последовательных выполняемых дистанционно химических операций плутоний отделяется от урана и продуктов деления. При сдаче в эксплуатацию экспериментальной установки одного из заводов вышло из строя оборудование и для пуска его потребовались усилия 150 человек, каждый из которых мог оставаться около аппарата не более 30 секунд; более продолжительное нахождение в этих условиях запрещала медицинская служба.

Эти заводы современной алхимии были созданы на основании данных, полученных при работе с малыми количествами продукта — меньше одного миллиграмма.

Итак, плутоний извлечен. Теперь, чтобы изготовить бомбу, его нужно превратить в очень чистый металл. Труд деликатный и опасный, если не соблюдать мер предосторожности: плутоний очень токсичен; он легко проникает в организм, и действие плутония даже в очень незначительных дозах (менее сотой доли миллиграмма) смертельно. А для изготовления атомной бомбы нужны многие килограммы этого металла.

Был установлен контроль и постоянное медицинское наблюдение за всем персоналом. Ежедневно при выходе сотрудников из района производства работ руки и одежда их подвергались обработке. Каждый сотрудник имел при себе прибор, определяющий ежедневную дозу облучения, полученную им. Служба здоровья получила право прекращать любой производственный процесс, каким бы важным он ни был.

В Ок-Ридже воздвигались заводские корпуса по разделению изотопов. Чтобы отделить уран-235 от распространенного изотопа — урана-238, необходимо было, используя незначительное различие физико-химических свойств этих изотопов, применить процесс последовательного фракционирования с целью обогащения смеси редким изотопом и удаления излишка распространенного изотопа.

Чтобы довести к 1945 г. производство урана-235 до нескольких килограммов, американцы организовали производство на базе совместного использования тех нескольких способов, в принципе широко известных, при помощи которых

уже в 1941 г. можно было получать чистый уран-235 в количествах, не превышающих миллиграммов.

Одним из этих способов, успешно примененных на окриджском заводе, был способ газовой диффузии*, основанный на применении гексафторида урана — единственного газообразного соединения этого элемента, к сожалению, вызывающего сильную коррозию оборудования. Процесс состоит из четырех тысяч последовательных операций. Чтобы привести в действие многочисленные насосные установки, потребовалось соорудить электростанцию мощностью около 300 тысяч киловатт.

Другой способ — электромагнитное разделение — связан с применением в производстве такого количества электромагнитов, при котором стали, необходимой для их изготовления, хватило бы для создания военного флота средней мощности. Кроме того, изготовление электрических цепей электромагнитов потребовало изъятия значительной части металлического серебра из запасов Федерального резервного банка Соединенных Штатов Америки (14 тысяч тонн на сумму более 200 миллиардов старых франков).

Завод газовой диффузии был введен в строй только в начале 1945 г. Здесь производилось первичное обогащение урана (до нескольких процентов урана-235), а окончательное обогащение осуществлялось на заводе электромагнитного разделения. В дальнейшем получение высокообогащенного урана было сконцентрировано на одном заводе газовой диффузии, а весьма дорогостоящий завод электромагнитного разделения был закрыт в конце 1946 г.

На заводах повсюду царил небывалый подъем. Каждый считал себя причастным к исключительно важному делу, о котором он больше ничего не знал. Наблюдение за каждым сепаратором и многочисленными контрольными приборами в процессе электромагнитного разделения было доверено молодым девушкам из Теннесси. Пройдя курс подготовки, они управляли установкой не хуже специалистов, доверивших им это дело, и делали это с такой ловкостью, с какой можно управлять автомобилем, знать его капризы, но ничего не смыслить в работе мотора.

Еще более своеобразным был Лос-Аламос, расположенный на высоте около двух тысяч метров над уровнем моря на живописном уединенном плато в штате Нью-Мексико. Именно

* Принцип заключается в следующем: газовая смесь нагнетается через пористые перегородки. При этом более легкие молекулы газа проходят быстрее, чем тяжелые. Однократное пропускание гексафторида урана-235 обуславливает очень незначительное обогащение. Поэтому потребовалось несколько тысяч таких последовательных операций, проводимых при постоянном давлении, чтобы получить почти чистый гексафторид урана-235.

здесь решалась судьба всего задуманного дела. Ответственным за все работы был назначен молодой ученый-теоретик Роберт Оппенгеймер. Обаятельный человек, талантливый организатор, он сплотил вокруг себя целую плеяду математиков, физиков, специалистов по баллистике и тонкой металлургии. Он был инициатором теоретических и практических работ, увенчавшихся победой на одном из труднейших этапов атомной проблемы — созданием взрывного механизма атомной бомбы.

Трудность заключается в необходимости объединения в очень короткий промежуток времени подкритической массы делящегося вещества в сверхкритическую массу так, чтобы не произошло деления и, следовательно, преждевременного взрыва до того, как соединение отдельных подкритических масс будет закончено.

Еще более сложной, чем для урана-235, эта задача оказывается для плутония, так как по мере накопления его в реакторе плутоний-239 частично превращается в другой изотоп с массой 240, присутствие которого представляет опасность по той причине, что он имеет тенденцию к спонтанному (самопроизвольному) делению и образующиеся при этом нейтроны увеличивают, таким образом, возможность преждевременного взрыва бомбы.

Как в бомбе из урана-235, так и в плутониевой бомбе критическая масса в исключительно короткий отрезок времени достигается применением обычных взрывчатых веществ. Самое простое решение заключается в том, чтобы соединить в трубе, подобной классическому артиллерийскому орудью, две подкритические массы. Первая из них взрывным зарядом отбрасывается ко второй, расположенной на другом конце трубы и имеющей углубление, чтобы в результате присоединения первой получился компактный объем. Другое, более сложное решение состоит в применении взрывного механизма, позволяющего использовать мощность нескольких взрывов так, чтобы сплющить полую сферу, масса которой подкритична из-за своей геометрии, в монолитный шар, превышающий критическую массу, что достигается в еще более короткое время*.

Легко понять, что из-за сложности этих механизмов атомная бомба представляет собой исключительно точный снаряд,

* Чтобы вызвать взрывную реакцию в точно определенный момент, когда будет достигнута сверхкритическая масса, надо иметь запал, состоящий из механизма, дающего резкий толчок — вспышку нейтронов. Интересен такой факт. Критические массы остаются собранными вместе максимально продолжительное время (порядка одной миллионной секунды), если их заключить в очень тяжелую оболочку, которая противостоит в силу своей инерции очень быстрому разрастанию делящейся массы.

коэффициент полезного действия которого, т. е. отношение массы вещества, подвергнувшегося делению, к начальной массе, может изменяться в очень широких пределах.

Успех группы Оппенгеймера заключался не только в том, что она смогла решить проблему и для урана-235, и для плутония, но и в том, что ученым удалось уменьшить объем систем; это позволило доставлять их к цели на «летающих крепостях» — бомбардировщиках, построенных к концу войны. К апрелю 1945 г. стало ясно, что бомба может быть изготовлена и она будет действовать, хотя металл, предназначенный для первой бомбы, мог быть изготовлен только к началу июля.

Были приготовлены две опытные бомбы мощностью примерно в 20 тысяч тонн тринитротолуола каждая: «Малыш» на базе урана-235 длиной 3 метра, диаметром 70 сантиметров, весом 4 тонны и «Толстяк» на базе плутония примерно такой же длины, но в два раза толще и весом около 5 тонн.

В июне 1945 г. за несколько недель до испытаний в Нью-Мексико на завод по разделению изотопов в Ок-Ридже прибыл генерал Гровс. Он собрал весь персонал и потребовал увеличить в два раза выпуск продукции в последующие две недели. Это требование вызвано, как выразился Гровс, исключительно важной целью — приблизить окончание войны.

В день испытаний сотни ученых собрались в Аламогордо, пустыне штата Нью-Мексико. Лос-Аламос казался опустевшим, так как накануне, словно тени грешников, сотни жителей потянулись в горы, чтобы оттуда наблюдать взрыв, назначенный на четыре часа утра 16 июля.

Пять часов утра. Ничего не произошло. Разочарованные, решив, что гора «посмеялась» над ними, жители города стали спускаться вниз. Через несколько минут вспыхнуло небо и люди поняли, что не ради пустяков в течение двух лет они оставались оторванными от всего мира.

Англо-канадские усилия

После упразднения «Мауд Коммитти» в 1941 г. крупнейшая английская химическая фирма предложила взять на себя все расходы, связанные с возобновлением работ по ядерным исследованиям. Организация работ была доверена Департаменту научных и промышленных исследований под руководством Джона Андерсона, занимавшего в то время пост лорда президента. В целях секретности организация была названа «Тьюб Эллойс».

Летом 1942 г. последовало решение о передаче в распоряжение канадских властей группы ученых, руководимой Халбаном и Коварски, которая занималась созданием атомного

реактора на тяжелой воде. Этим актом англичане надеялись избавиться от материальных трудностей, которые сковывали развитие исследовательских работ в Англии. К тому же географическая близость к Соединенным Штатам благоприятствовала установлению контакта с американскими учеными.

С марта 1943 г. лаборатории разместились в Монреале. Но работы с самого начала налаживались очень медленно из-за трудностей политического характера. На несколько месяцев было прекращено англо-американское сотрудничество в этой области.

Наконец, на конференции в Квебеке в августе 1943 г. было подписано соглашение о полном сотрудничестве во всех областях, непосредственно связанных с продолжением военных действий. В соответствии с этим решением в конце лета 1943 г. лучшие физики Англии Олифант, Чедвик, Фриш, Пейерлс были назначены на руководящие должности в различных отделениях американского атомного предприятия, в частности в Беркли, Ок-Ридже и Лос-Аламосе.

В январе 1944 г. было возобновлено сотрудничество ученых Чикаго и Монреаля, занятых созданием атомных реакторов на тяжелой воде. Соединенные Штаты передали несколько тонн тяжелой воды и необходимое количество металлического урана. Реактор был построен к началу 1945 г. в живописном тихом уголке в Чолк-Ривере, в 200 километрах к западу от Оттавы. Мне довелось быть очевидцем волнующего события — рождения среди березовых и сосновых лесов города, насчитывающего в настоящее время пять тысяч жителей.

Англо-канадской группой руководил сначала Ганс Халбан, пионер французских исследований, который в мае 1944 г. был заменен Джоном Кокрофтом, одним из создателей английского радара. Кроме Халбана, считавшегося французом, во Францию в 1946 г. должны были вернуться Пьер Оже, Жюль Герон, Лев Коварски и я, чтобы принять участие в создании Комиссариата по атомной энергии. Оже руководил отделом физики, Коварски возглавлял строительство первого небольшого канадского реактора на тяжелой воде, начавшего действовать летом 1945 г. Это был первый атомный реактор, построенный за пределами Соединенных Штатов. Мне и Герону было поручено руководство отделом химических исследований.

Исследования, проводимые в Монреале, имели важное значение: здесь изучалась возможность отделения плутония от урана и продуктов деления с использованием растворимости их некоторых солей в органических растворителях. Велись также систематические поиски по отбору самых лучших из 300 органических растворителей, выпускавшихся промыш-

ленностью США. В результате было отобрано шесть наиболее подходящих. Тогда мы считали, что лучших растворителей нет. И только спустя четыре года был открыт действительно лучший растворитель, который в настоящее время является основным в процессах получения плутония на всех крупнейших заводах по отделению плутония. В период наших совместных работ в Америке торговые фирмы не имели этого растворителя. И мы не знали его. Это оказалось непредвиденной случайностью в наших сложных поисках.

Другие химические исследования в Монреале увенчались успехом: в результате бомбардировки нейтронами тория был получен 1 миллиграмм искусственного радиоактивного изотопа — урана-233 с большим периодом полураспада. Уже за несколько лет до того Сиборг открыл уран-233 и показал, что этот изотоп тоже можно подвергнуть расщеплению.

Неудачи немцев

Только после оккупации Германии стало очевидным, что в атомном соревновании немцы отстали на много лет вопреки необоснованным опасениям англосаксов.

Возможно, немцы и занимались созданием энергетических установок, но они, подобно французам, считали неосуществимым создание бомбы в течение нескольких лет и отказались от этой идеи и отнюдь не из соображений морали, как это иногда пытаются представить. Немцы не создали даже такого простого атомного реактора, который был построен в Америке в конце 1942 г., и не знали о существовании плутония.

В 1939 г. ученые-физики, среди которых были Вернер Гейзенберг и Вальтер Боте, создали общество по изучению урана — урановый клуб. Но с объявлением войны многие ученые были мобилизованы, другие, противники нового режима, подобно Отто Гану, открывшему расщепление ядра, отказались от участия в работах по ядерным исследованиям.

В 1942 г. Геринг возглавил эти работы, которые, несмотря на действенное руководство ученого-физика Вальтера Герлаха, проводились на недостаточном уровне — отсутствовало налаженное взаимодействие между отдельными группами. Во всяком случае около сотни ученых и инженеров работали небольшими группами, и общий бюджет не превышал 10 миллионов долларов (0,5% американских ассигнований).

Норвежский завод по получению тяжелой воды, на который немцы возлагали большие надежды, дважды подвергался разрушениям: первый раз парашютным десантом и норвежскими патриотами, второй раз, после ликвидации разрушений, — в результате воздушной бомбардировки. Завод выбыл

из строя до конца войны. Но зато в Германии было налажено промышленное производство металлического урана.

Немцы не предпринимали особых мер предосторожности, чтобы сохранить в секрете результаты своих исследований. На письмах, адресованных Герлаху, указывалось: «Полномочному представителю ядерной физики при Рейхсмаршале». Однако союзные государства не подозревали о таком отставании исследовательских работ в Германии. Это неведение послужило основанием для развития американских исследований, размах которых с самого начала был в значительной степени продиктован опасением, как бы противник не опередил союзников. Напротив, немцы знали о масштабах работ в Америке, но не приняли это всерьез, полагая, что американцы стремятся обеспечить себе ведущее положение после войны.

К концу 1944 г., несмотря на разрушение многих лабораторий, немецкие ученые пришли к заключению, что можно создать ядерную установку, работающую на тяжелой воде. Герлах предупредил об этом Мартина Бормана, заместителя Гитлера. Немного позже в Германии был распространен слух, что немцы находятся накануне создания урановой бомбы, хотя они и отстали в этом на несколько лет. С приближением краха была предпринята безуспешная попытка собрать всех ученых в одном из местечек Баварии, но трагическая развязка наступила слишком скоро. Однако немецкие специалисты до конца верили в свое превосходство. Некоторые даже надеялись, что их знания помогут смягчить условия мира для страны. Они только тогда поняли свою ошибку, когда была сброшена американская бомба. Германия проиграла не только войну, но и сражение в области ядерной физики, откуда она изгнала самых лучших своих специалистов.

Первые политические решения

Только благодаря превосходной координации действий правительства, науки, промышленности и армии в период войны, а также ассигнованию двух миллиардов долларов США в течение трех лет удалось осуществить грандиозное строительство комплекса атомных лабораторий и заводов, получившее не меньший размах, чем вся национальная автомобильная промышленность Америки. Но сегодня, в мирные дни, координация усилий науки, промышленности и армии в области создания межпланетных ракет и баллистических снарядов оказалась недостаточной. Успех ядерных исследований, проводимых в США, был обеспечен использованием достижений европейской науки в лице ученых, бежавших в США от фашистского режима и расистских преследований, и плодотворным сотрудничеством с учеными Великобритании.

В 1941 г. под влиянием британских ученых американские власти приняли решение начать крупные исследовательские работы. Летом 1942 г. налачился обмен научной информацией между американскими и британскими учеными. В то время в качестве английского представителя я работал в американской группе «Металлурджикэл Проджект» в Чикаго. Двери для меня были действительно широко открыты, в частности в одну из самых секретных областей — область выделения плутония.

Успех исследований и первая цепная реакция в реакторе Ферми в декабре 1942 г. убедили правительственные круги США, что скоро в их руках будет оружие, которое позволит не только выиграть войну, но и руководить послевоенным миром. В январе 1943 г. правительство Соединенных Штатов Америки заявило правительству Великобритании о своем намерении прекратить сотрудничество в области ядерных исследований, демонстрируя этим актом политику атомного разобщения, что и было немедленно осуществлено.

Для англо-канадской группы, которая обосновалась в Канаде, это решение было серьезным ударом, вызвав частичное сокращение работ.

В течение всего 1943 г. Черчилль пытался уговорить правительство США вернуться к прежним решениям, уверяя, что сотрудничество в области ядерных исследований так же необходимо, как и в других областях независимо от доли вкладов обоих партнеров. Последовательно, на конференциях в Касабланке, Вашингтоне, Квебеке Черчилль настойчиво убеждал Рузвельта возобновить сотрудничество. И, наконец, он добился своего. Договор об атомном сотрудничестве между правительствами США, Англии и Канады — первый в своем роде имеющий важнейшее значение вплоть до сегодняшнего дня — был подписан в августе 1943 г. в Квебеке. Этот документ был опубликован только в 1954 г. По условиям договора английскому правительству предоставлялось право равноправного участия в тех областях, где его содействие укрепляло совместные военные усилия, а также право вето на использование будущего атомного оружия. Строгое толкование первого пункта положения договора помешало возобновлению сотрудничества в области получения плутония: американские ответственные лица считали, что сооружение дистанционно управляемого завода в Ханфорде уже завершено и поэтому британская помощь в этой области не послужит вкладом в дело войны. Поэтому англо-канадская группа начиная с 1944 г. должна была заниматься вопросами переработки облученных урановых стержней и продолжать работы, начатые в 1942 г. чикагской группой, из которой я один принимал участие в канадских исследованиях перед прекращением англо-американского со-

трудничества. Таким образом, нам удалось в 1945 г. внедрить в производство новый способ извлечения плутония органическими растворителями.

Одновременно с подписанием договора в Квебеке было заключено соглашение о поставках сырья, действовавшее вплоть до 1961 г., когда возникло перепроизводство урана. Это соглашение в течение многих лет предоставляло англосакским странам право монопольного господства над всеми крупнейшими урановыми источниками западного полушария. В развитие этого соглашения было создано агентство по снабжению, занимавшееся закупкой всего имеющегося в наличии урана и распределением его между англичанами и американцами, избавляя их от конкуренции на иностранных рынках. Несколько позже, в 1944 г., агентство подписало исключительно важное соглашение с бельгийским правительством, находившимся в эмиграции, которое предоставляло заинтересованной стороне весь запас урановой руды, добываемой в Конго. Вплоть до 1954 г. это был основной источник урана для английской и американской атомной промышленности.

Квебекский договор содержал немало оговорок, касающихся его практического применения. Учитывая большой размах американских атомных исследований, в договоре указывалось, что премьер-министр Англии предоставляет президенту Соединенных Штатов Америки право решать, какую часть научных данных получит Англия после войны, которые смогут послужить делу развития ее национального производства по использованию атомной энергии. Тем не менее договор гарантировал британским ученым участие в использовании атомной бомбы и подробное ознакомление после войны с ее изготовлением и действием.

В целом научный вклад Англии, усиленный помощью французских ученых в области разработки атомных реакторов, был весьма большим, хотя доля ее участия в техническом осуществлении по сравнению с США была очень незначительной (составляла примерно 1%). Однако американцы относились к своему английскому партнеру отнюдь не как к равному. Играя роль бедных родственников, англичане все же вышли из войны, будучи в курсе почти всех достижений американского атомного производства. В то же время малочисленная группа французских ученых в составе англо-канадской группы участвовала только в создании атомных реакторов и производстве плутония. Но ученые знали о грозной силе атомного оружия. В связи с этим Пьер Оже, Жюль Герон и я предупредили генерала де Голля во время его визита в Оттаву в июле 1944 г., каким важным средством мировой политики может стать это новое оружие. Мы надеялись, что генерал де Голль оценит те огромные преимущества, которые

получат США, если в их руках окажется атомное оружие, и что им будут приняты необходимые меры для скорейшего возобновления ядерных исследований во Франции. Мы возлагали большие надежды на запасы урана на Мадагаскаре, важность которых, как оказалось впоследствии, мы переоценили.

Через несколько месяцев между американцами и англичанами произошел серьезный инцидент. Еще давно англичане обещали Герону и мне содействие в организации кратковременной командировки в Париж сразу же после его освобождения, чтобы дать нам возможность навестить семьи и встретиться с коллегами. Помимо этого, Халбан и Коварски еще в 1942 г. начали переговоры с английскими властями, и достигнутое соглашение — в случае последующего одобрения его французским правительством — привело бы к обмену патентами: французы предоставили бы англичанам основные патенты по радиоактивности в обмен на английские патенты по дальнейшему развитию ее применения. Выгодность такого обмена была в те времена очень спорной.

Наша поездка в Париж, а также решение Джона Андерсона отправить Халбана в Париж (вопреки сопротивлению генерала Гровса) для переговоров с Жолио-Кюри относительно обмена патентами, сильно взволновали американцев. Они были плохо информированы о характере связей с Францией и опасались, что это может привести к утечке секретной информации во Францию, ставшую для американцев тем более сомнительным партнером, что во время оккупации Фредерик Жолио-Кюри вступил во Французскую коммунистическую партию.

30 декабря 1944 г. этот вопрос был доложен Президенту Рузвельту. Рузвельт относился крайне враждебно к перспективе возникновения каких-либо обязательств перед Францией, могущей стать четвертым партнером, и настоял, чтобы англичане прекратили до конца военных действий все переговоры с Жолио-Кюри. По его же указанию была установлена тщательная слежка за Коварски, Героном и мною — последними французами, принимавшими участие в Проекте после отставки Халбана в марте 1945 г.

Вот какой была обстановка, когда в апреле 1945 г. за несколько дней до моего отъезда в Париж меня вызвали в Вашингтон для встречи с офицером американской службы безопасности, который должен был сопровождать меня во время всей поездки. Главная цель, преследовавшаяся этим, — помешать французам составить ясное представление о масштабе работ по другую сторону Атлантического океана, в которых я принимал участие. Мне без труда удалось убедить службу безопасности, что постоянное присутствие рядом со мною неизвестного, бегло говорящего по-французски с аме-

риканским акцентом, могло только вызвать те самые подозрения, которых хотели избежать, и программа наблюдения за мною была изменена в сторону большей негласности.

Советский Союз, как и Франция, официально не был в курсе научно-исследовательских работ, проводимых англосакскими союзными странами. В начале 1943 г. была предпринята попытка начать переговоры о военном, научном и техническом сотрудничестве Соединенных Штатов Америки и Великобритании, с одной стороны, и Советским Союзом, с другой. Но переговоры потерпели неудачу и поэтому во время войны не было налажено сотрудничество ни в одной области, включая, конечно, и область атомной энергии*.

Советские ученые, конечно, занимались проблемой урана. Сообщения Академии наук СССР в 1941 г., ставшие известными в Соединенных Штатах только через год, подтвердили, что советские ученые уже предвидели последствия открытия деления ядра и возможности практического применения этого явления. Ученые оценили одновременно значение и трудности претворения этих открытий в жизнь и предлагали своему правительству начать изучение этой важной проблемы, чтобы не отстать от других стран.

Весной 1940 г. при Академии наук СССР был создан специальный комитет по изучению урана и выделены средства для ведения поисковых работ. Нападение Германии на Советский Союз приостановило начатые работы, и советские ученые-атомники переключились на решение других, более неотложных проблем. Научно-исследовательские работы в лабораториях ядерной физики возобновились только в 1943 г. после победы на Волге, но программа исследований оставалась сокращенной до окончания военных действий.

Применение атомной бомбы

В 1942 г. разрабатывались два вида атомного оружия: бомба и отравляющие радиоактивные вещества. Действительно, распыление над городом радиоактивных продуктов, полученных в атомном реакторе, вызовет неизбежную эвакуацию города перед угрозой смертельного действия радиации на людей. Однако американские вооруженные силы предпочитали получить атомную бомбу, так как женевские решения, запрещающие применение боевых газов, ставили под удар использование радиоактивных отравляющих веществ.

В апреле 1945 г. стало ясно, что атомная бомба будет изготовлена. 12 апреля того же года умер президент Рузвельт и ответственность за применение атомной бомбы взял на себя

* Автор не называет виновников срыва переговоров, но из его скупых высказываний видно, что вина целиком лежит на США.— *Прим. ред.*

новый президент США — Трумэн, который был посвящен в секреты изготовления бомбы только 25 апреля 1945 г.

За шесть недель до испытания бомбы в Нью-Мексико Сциллард передал Государственному секретарю Джемсу Бирнсу адресованный лично Рузвельту меморандум, в котором он с исключительной прозорливостью говорил о последствиях использования атомной бомбы на будущее международное положение Соединенных Штатов Америки, особенно перед лицом Советского Союза. Он указывал на опасность гонки атомного вооружения, в которой США через несколько лет утратят свое господствующее положение из-за уязвимости перед атомным нападением вследствие большой концентрации промышленности и населенности крупных городов Америки. Сциллард утверждал также, что только соглашение о международном контроле избавит от гонки вооружений и предотвратит угрозу разрушительной войны. Для этого должно быть установлен контроль над всем мировым промышленным производством атомной энергии, которая будет использована в будущем. Сциллард высказывал предположение об отказе всех стран от использования урана как источника энергии и установлении контроля над источниками сырья.

В июне 1945 г. группа ученых во главе с Джемсом Франком, ученым-физиком немецкого происхождения, представила военному министру доклад, в котором, ссылаясь на аргументы Сцилларда о недолговечности американской монополии, предлагала показать всему миру грозную опасность нового оружия, использование которого может привести к образованию пустынных зон на земном шаре. Это была попытка предотвратить возможную потерю американского престижа, зависящего от результатов использования разрушительного оружия, и сохранить авторитет Соединенных Штатов перед мировым общественным мнением, выступающим за международный контроль над возможным использованием нового оружия. Вводная часть доклада Франка впервые четко определила новую политическую роль, выпавшую на долю ученых-атомников:

«Заинтересованные (в атомной проблеме.— *Прим. ред.*) ученые не берутся говорить со всей ответственностью о политических проблемах национального и международного масштаба. Однако в продолжении пяти лет в силу обстоятельств мы представляем немногочисленную группу ученых, которая знает о страшной угрозе для безопасности страны, перед лицом которой человечество остается в неведении. Мы считаем своим долгом заявить об этом, чтобы стала очевидной вся тяжесть последствий высвобождения ядерной энергии, и настаиваем на принятии необходимых мер для изучения возникших проблем и выработки в связи с этим необходимых решений».

Несмотря на это предупреждение, 1 июня 1945 г. комитет, возглавляемый военным министром Стимсоном, принял одобренное некоторыми ведущими учеными, среди которых были Комптон, Ферми, Лоуренс и Оппенгеймер, предварительное решение сбросить бомбу над Японией. Окончательное решение было принято только после Потсдамской конференции и после отказа 28 июля 1945 г. Японии принять условия безоговорочной капитуляции. За несколько дней до этого Председатель Совета Министров СССР был предупрежден о существовании нового оружия чудовищной силы, но не о намерении немедленно применить это оружие. Что могло произойти, если бы бомба была сделана до окончания войны с Германией? Несомненно, последовало бы отмщение Пирл-Харбора с предложением Гитлеру принять условия безоговорочной капитуляции, отказ от которой привел бы к применению нового оружия в Германии.

В Хиросиме и Нагасаки человечество впервые увидело разрушения, достигшие размаха крупных стихийных бедствий, как, например, катастрофа в Сен-Пьере на острове Мартиника в 1902 г., когда в результате извержения вулкана в одно мгновение погиб целый город с 26 тысячами жителей, из которых в живых остался только один человек.

Английский физик Патрик Блеккет заявил, что применение бомбы было не столько последним военным шагом второй мировой войны, сколько первым намеренным актом холодной войны против Советского Союза.

Остается только указать на резкое изменение соотношения сил на международной арене. Советский Союз имел самую сильную армию в Европе и его правительство могло надеяться, что объявление Советским Союзом войны Японии в соответствии с обязательствами, взятыми на Тегеранской конференции, даст ему право участвовать в финальной битве. Внезапно Соединенные Штаты Америки одни решили исход войны с Японией*, и в продолжение нескольких лет оставались по своей военной мощности непревзойденными. Для Советского Союза это изменение соотношения сил оказалось, без сомнения, важным основанием для недоверия, которое характеризовало его позицию в международных отношениях после окончания войны.

* Утверждение автора неверно. Вступление Советского Союза в войну против империалистической Японии и успешное осуществление Советскими вооруженными силами операции на Дальнем Востоке имели огромное значение для исхода всей второй мировой войны. Разгром Квантунской армии — одной из главных ударных группировок японского империализма — ускорило поражение Японии и ее безоговорочную капитуляцию. — *Прим. ред.*

Г Л А В А III

ПЕРИОД АМЕРИКАНСКОЙ АТОМНОЙ МОНОПОЛИИ

(1945—1949)

Если для стремительного развития науки и промышленности начала XX века характерны полная свобода обмена научными знаниями и совместное использование сырьевых запасов, то рождение атомного оружия и связанное с ним ограничение этой свободы сделало открытие науки — расщепление ядра урана — обособленной областью, подчиненной исключительно влиянию международной политики.

Успех американских усилий в разработке атомного оружия во время войны привел к превосходству США над всем миром и к ведущей роли американского правительства в международной атомной политике. Политическая линия США основывалась на стремлении правительства сохранить это положение и как можно дольше оставаться единственными обладателями атомной бомбы и в связи с этим лимитировать минимум стран, владеющих атомным оружием.

В действительности при согласии англосакских союзников американское правительство усиленно старалось ограничить торговлю ядерными материалами и хранило в строгом секрете, особенно в период до 1955 г., все данные о развитии науки, промышленности и военном использовании оружия, ставшие после 1955 г. сведениями исключительно военного характера.

Разработка политики секрета

6 августа 1945 г. президент Трумэн, направляясь на Потсдамскую конференцию, в своем выступлении на борту военного корабля указал, в частности, что атомная бомба, разрушившая Хиросиму, по своему действию была равноценна

взрыву 20 тысяч тонн тринитротолуола. Трумэн открыто заявил о намерении своей страны хранить в тайне все подробности технического производства, которое привело к реализации нового оружия.

Спустя три дня Трумэн указал, ценой каких огромных усилий удалось союзникам создать атомную бомбу. Трумэн оправдывал ее применение тем, что это приблизило окончание войны с Японией и сохранило тысячи жизней, которые могли быть принесены американцами в жертву в результате высадки войск, намеченной на осень 1945 г. В связи с этим он определил ответственность, налагаемую на США, и утвердил американскую монополию:

«Мы должны стать хранителями этой новой силы, чтобы предотвратить роковые последствия ее использования и направить эту силу на благо всего человечества. Это — огромная ответственность, которая выпала на нашу долю. Мы благодарим бога, что он пришел к нам на помощь раньше, чем к нашим врагам, и просим его указать нам его пути и цели использования этого оружия».

Однако вопреки этим заявлениям 16 августа 1945 г. военный министр США опубликовал так называемый доклад Смита с изложением истории научных и технических успехов «Манхэттенского проекта». В докладе раскрывались основные этапы американского атомного производства, основные научные принципы проблем. Этот документ был составлен в последние месяцы войны без консультации союзных правительств Англии и Канады. Он не затрагивал вопросов секретного характера, но был составлен так, чтобы показать грандиозность задачи, которую должна была решить армия, а также оправдать значительные финансовые затраты. Опубликование этих сведений способствовало усилению в глазах американского народа ведущей роли США.

Окончательная ориентация на секретную политику была определена в торжественной декларации, подписанной президентом США Трумэном, премьер-министром Великобритании Эттли и премьер-министром Канады Маккензи Кингом в Белом доме в Вашингтоне 15 ноября 1945 г. В ней излагались возможности принятия мер международного масштаба, направленных на запрещение применения атомной энергии в разрушительных целях, и предусматривалось использование прогресса науки в будущем в интересах мира и человечества. Вот некоторые положения этой декларации.

— Мы отдаем себе отчет в том, что единственная и безусловная защита цивилизованного мира перед возможным преступным использованием научных достижений заключается в предотвращении войны. Никакая система эффективной защиты, какую только можно себе представить, не сможет за-

щитить мир от производства атомного оружия одной из наций, ставшей на путь агрессии.

— Мы воспользовались представившимся случаем, чтобы научно доказать возможность промышленного использования атомной энергии. Производство атомной энергии в целях войны в значительной мере основывается на тех же способах и преобразующих процессах, которые свойственны применению атомной энергии в интересах промышленности.

— Мы не совсем уверены в том, что обнаружение специальных сведений о практическом использовании атомной энергии до того, как будет разработана система защиты, приемлемая для всех наций, т. е. действенная и взаимная, при обязательном соблюдении ее требований всеми нациями, не будет использовано для практического решения проблемы атомной бомбы. Напротив, мы полагаем, что это может породить обратный эффект. И все же мы намерены поделиться с другими странами Организации Объединенных Наций при взаимном желании всеми сведениями о промышленном использовании атомной энергии, как только будут найдены эффективные средства защиты, которые смогут противостоять возможному применению этой энергии в разрушительных целях.

— Чтобы выбрать самое действенное средство, полностью исключающее использование атомной энергии в разрушительных целях и способствующее самому широкому внедрению атомной энергии в промышленность в интересах человечества, мы выражаем согласие на создание в самое ближайшее время комиссии при Организации Объединенных Наций для разработки проекта с последующим утверждением и одобрением его Организацией Объединенных Наций.

27 декабря 1945 г. на Московской конференции министров иностранных дел было достигнуто соглашение между министрами иностранных дел Соединенных Штатов, Англии и Советского Союза, заключающееся в том, чтобы пригласить Францию, Китай и Канаду для совместной выработки рекомендаций Генеральной Ассамблее ООН о создании в январе 1946 г. Комиссии по атомной энергии в духе декларации Белого дома.

24 января 1946 года 47 государств — членов ООН единогласно проголосовали за создание комиссии, призванной решать проблемы, поставленные самим открытием атомной энергии, и связанные с ним другие проблемы, касающиеся других видов оружия массового уничтожения, в частности бактериологического оружия.

В комиссию должны были войти по одному представителю от каждой страны — члена Совета Безопасности, а также представитель Канады, не входившей в состав Совета Безопасности.

Американское законодательство

В конце 1945 г. в Америке ученые — специалисты по атомной энергии — забили тревогу. Они рассказали общественности об опасностях, связанных с проблемой использования атомной энергии. Крупнейшие представители науки, армии и журналистики опубликовали брошюру «Будет ли мир единым или нет», которая разошлась миллионным тиражом. Описание ужасов Хиросимы переплеталось в ней с описанием чудовищных последствий воображаемой атомной атаки Нью-Йорка.

Палата представителей Конгресса предложила в октябре 1945 г. законопроект о создании комиссии, ответственной за состояние всего американского атомного производства. В состав высшего совета этой комиссии предполагалось ввести двух представителей вооруженных сил. Ученые выступили против этого проекта, требуя, чтобы представители армии были выведены из контрольных органов: в мирное время ученые отказывались работать под нажимом военных инструкций.

Тогда Сенат создал комиссию по расследованию, куда вошли сенаторы от двух партий под председательством Мак-Магона. С конца ноября 1945 г. по апрель 1946 г. по несколько раз в неделю проводились открытые или закрытые заседания комиссии, на которых заслушивались свидетельские показания лиц, ответственных за использование атомной энергии в стране: видные ученые, крупные военные специалисты, представители промышленности, так же как и административные работники и известные юристы, давали здесь показания.

Ученые старались доказать, что атомная бомба не представляет секрета, несмотря на замалчивание этого вопроса в течение всей войны. Во всяком случае основные сведения известны всем ученым мира, а главнейшие технические секреты, порой достаточно тонкие, доступны лишь великой державе, решившей вести работы в широком масштабе. В частности, американские ученые утверждали на сенатской комиссии по расследованию, что Соединенные Штаты Америки опередили Советский Союз не более чем на три — шесть лет. Последующие события подтвердили это. Напротив, в армии (в частности, генерал Гровс, который руководил военными атомными исследованиями) считали, что Россия отстает на 15—20 лет. Поэтому американская политика совсем не предусматривала создание первой атомной бомбы в Советском Союзе раньше 1952 г.

Вопреки попыткам ввести в контрольные органы представителей армии президент Трумэн предложил создать комиссию исключительно из гражданских лиц. Авторитет президента сыграл свою роль и закон Мак-Магона (по имени сена-

тора, предложившего его) о контроле над атомной энергией в мирное время был утвержден в июле 1946 г.

По этому закону руководство всеми работами в области атомной энергии передавалось комиссии из пяти гражданских лиц, назначаемых президентом и утверждаемых Сенатом. Все, что касалось атомной энергии (руды для получения ядерного горючего, а также заводов по его переработке), передавалось в ведение комиссии и становилось ее собственностью. Предусматривалась строгая охрана секретности: за разглашение тайны иностранному государству виновным даже в мирное время грозила смертная казнь. Отдел военного применения атомной энергии был доверен представителям армии, и военные специалисты могли присутствовать на всех заседаниях комиссии.

В плане международных отношений новый закон предусматривал атомную изоляцию. В связи с этим с 1946 г. до вступления первых поправок в закон в июле 1954 г. сотрудничество в период войны с союзниками — Англией и Канадой — почти полностью прекратилось, если не считать нескольких ограниченных областей, где это сотрудничество было продолжением прежних отношений. Более того, Америка не вступала в сотрудничество ни с какими другими странами, в том числе с Францией и другими странами Западной Европы.

Я испытал на себе последствия этой политики: в конце 1945 г., когда после окончания работ в Монреале и Чолк-Ривере французские специалисты стали возвращаться на родину, Джон Кокрофт с согласия Жолио-Кюри попросил меня остаться еще на год и возглавить отдел химии в англо-канадском атомном содружестве, чтобы внедрить в производство добычи плутония способ, который мы разработали независимо от Соединенных Штатов Америки. Однако месяц спустя мне предложили выехать, так как я поддерживал официальную связь с недавно созданным во Франции Комиссариатом по атомной энергии.

Я возвратился во Францию в феврале 1946 г.

План Баруха

Американское правительство, оказавшись единственным членом «атомного клуба», решило упразднить это сообщество и разработало основы, на которых американское правительство может отказаться от своей атомной монополии и наладить обмен научными и техническими достижениями с другими странами мира. Эти условия выдвигались в докладе, разработанном по просьбе заместителя государственного секретаря Дина Ачесона пятью американскими учеными в том числе Робертом Оппенгеймером, под председательством Дэ-

вида Лилиенталя, административного директора проекта государственной эксплуатации долины Теннесси. Эти предложения были представлены Бернардом Барухом на рассмотрение первой сессии Комиссии Организации Объединенных Наций по атомной энергии в июне 1946 г.

План Баруха почти так же менял положение в политике, как использование атомной энергии в развитии техники. Он исходил из того, что никакая система безопасности перед применением атомного оружия не может основываться только на пактах, вроде пакта Бриана — Келлога, объявлявшего войну вне закона, ни даже на контроле и инспектировании. В плане указывалось, что контроль за производством атомного оружия должен быть передан международному органу. Этот международный орган должен взять в свои руки управление атомными реакторами и заводами, производящими ядерное горючее. В собственности этой организации должны быть переданы рудники и ядерные материалы, в то время как международные инспекторы занимались бы выявлением секретной деятельности случайного характера.

В докладе Лилиенталя обсуждался главным образом вопрос об изменении свойств делящихся материалов в присутствии изотопа, который делает невозможным их военное применение, одновременно обеспечивая успешное использование в мирных целях. Речь шла об увеличении концентрации урана-238 в смеси его с ураном-235 и повышении содержания плутония-240 в смеси его с плутонием-239. Однако от такого способа обезвреживания делящихся ядерных материалов вскоре пришлось отказаться, так как надежность его стала сомнительной после успешного развития военного производства с использованием плутония, очень богатого изотопом с массовым числом 240.

Предполагаемый орган должен был стать надгосударственной организацией с собственной промышленностью, которая должна была развиваться от имени «мирового правительства» в интересах народов всего мира. Предусматривался целый ряд переходных этапов на пути от национальной эксплуатации ядерных материалов к их эксплуатации в международном масштабе. Соединенные Штаты Америки должны были передать в распоряжение созданной высокой организации все соответствующие секретные расчеты, имеющиеся в наличии бомбы и действующие заводы.

В ходе переговоров, проходивших в течение 1947 г., Оппенгеймер сообщил членам комиссии свои предположения о сроках промышленного применения атомной энергии. Он предсказал, что первое использование атомной энергии произойдет в ближайшее пятилетие; затем через 10—20 лет будет построено несколько атомных электростанций в различных

государствах, но еще с очень дорогой электроэнергией. И, наконец, через 30—50 лет это строительство примет грандиозный размах. Предсказания Оппенгеймера уже начали оправдываться.

С самого начала переговоров точки зрения Советского Союза и Соединенных Штатов Америки оказались непримиримыми. Советский Союз, чувствуя свое отставание в области атомной энергии, старался добиться уничтожения запасов американских атомных бомб и предлагал объявить вне закона атомное оружие*. Через пять дней после ознакомления с планом Баруха А. А. Громько (в то время заместитель Министра иностранных дел Советского Союза) предложил выработать международное постоянное соглашение, приемлемое для всех наций мира, основанное на следующих положениях: полное запрещение атомного оружия, запрещение производства и хранения этого оружия, обязательное уничтожение существующего или находящегося в производстве оружия в течение трех месяцев после вступления в силу этого соглашения. Всякое нарушение должно было рассматриваться как преступление против человечества, и государства, подписавшие это соглашение, обязывались через шесть месяцев после его вступления в силу разработать законодательство, предусматривающее суровое наказание тех, кто попытается нарушить положения принятого соглашения.

Это предложение становится основой советской позиции в течение ряда последующих лет. В 1947 г. Советский Союз предложил осуществлять периодический международный контроль; однако это предложение было расценено Соединенными Штатами как несостоятельное.

План Баруха, несомненно, содержал элементы «надгосударственности» (некоторые из них были перенесены в соглашение о создании Евратома), но настолько неопределенные, что принять их можно было только при условии взаимного доверия стран. Советский Союз не мог их принять и отверг американское предложение, рассматривая его как посягательство на суверенитет государства. Некоторые положения плана по-разному истолковывались и странами Запада. Так, в проекте плана была сделана уступка странам, занимающимся производством урана и тория: за ними сохранялось право собственности на природные запасы радиоактивных руд, еще не извлеченные из недр земли.

* Советский Союз неуклонно и последовательно проводит политику, направленную на запрещение использования ядерного оружия и уничтожения его запасов. И не отставанием Советского Союза в области атомной энергии объясняется его политика, а стремлением не допустить развязывания термоядерной войны. В то же время США хотели сохранить свою монополию на ядерное оружие и установить контроль за всеми сырьевыми ресурсами урана и тория.— *Прим. ред.*

Весной 1948 г. после двухлетнего существования и проведения 200 заседаний Комиссия Организации Объединенных Наций по атомной энергии объявила о своей несостоятельности и прекратила работу. Так провалилась первая попытка провести ядерное разоружение в международном масштабе.

Понятно, конечно, что из-за отсутствия взаимного доверия между Советским Союзом и Соединенными Штатами Америки СССР не мог принять этот план, так как с его точки зрения это поставило бы под угрозу безопасность страны. Действительно, сохранение в секрете районов размещения атомных промышленных центров является лучшей защитой против возможного применения атомного оружия. Такая точка зрения лежала в основе советского предложения, в котором прежде всего содержалось требование уничтожить атомные бомбы, чтобы упразднить американскую атомную монополию.

Это было несбыточным желанием, и, возможно, в этом причина того, что провал плана Баруха означал не менее важное поражение и противников войны на пути к всеобщему миру: исчезла последняя возможность жить в мире без атомной бомбы*. Если бы тогда удалось установить международный контроль над американскими заводами, было бы легко узнать запас (в несколько десятков) атомных бомб, изготовленных за период с 1945 г.

От этих планов и предложений в настоящее время ничего не осталось: на складах двух великих ядерных держав лежат тысячи атомных бомб. И несомненно, что всеобщее доверие никогда не будет установлено**, так как в случае проведения в жизнь всеобщего атомного разоружения невозможно точно проконтролировать запасы атомного оружия государств, ибо всегда могут оказаться скрытые запасы, не поставленные под контроль.

Американские послевоенные усилия

Если послевоенные годы для Советского Союза были годами больших работ, направленных на ликвидацию отставания в области атомных исследований, для Америки это были годы замедленного развития атомного производства и перестройки

* Автор явно преувеличивает значение плана Баруха. Известны многочисленные конструктивные предложения Советского Союза относительно разоружения, прекращения производства и уничтожения имеющихся запасов ядерного оружия.— *Прим. ред.*

** С таким выводом автора согласиться нельзя. Заключение Московского договора о запрещении испытаний ядерного оружия в трех средах, обращение советского правительства к главам государств и стран о мирном решении пограничных споров — все это направлено на установление доверия и смягчения международной напряженности.— *Прим. ред.*

промышленности страны; при этом, однако, политика секрета проводилась и в послевоенные годы. Годовой бюджет США, сокращенный в 1946/47 г. на 300 миллионов долларов, был увеличен вдвое в 1948/49 г. И только к концу 1949 г. американское атомное производство по размеру капиталовложений и по количеству занятой рабочей силы достигло уровня конца войны.

Летом 1946 г. председателем Комиссии по атомной энергии США был назначен Дэвид Лилиенталь. Он уже был известен как талантливый администратор и один из авторов плана международного контроля, под которым он поставил свое имя и за который был жестоко бит противниками любых мер национализации производства электроэнергии, однако только в начале 1947 г. после многочисленных заседаний Комиссии по расследованию, созданной по этому поводу, он был утвержден Сенатом.

Перестройка всей ядерной промышленности в послевоенные годы была связана с рядом трудностей и осуществлялась в течение всего 1947 г. Некоторые промышленные объединения прекратили сотрудничество в области атомной энергии. Большинство ученых вернулось к научной работе в лаборатории. Не так легко было смириться с иронией судьбы — затрачивать в мирное время чудовищные усилия, чтобы вырвать у природы решение самых трудных ее загадок, связанных со строением материи, чтобы потом прятать ответы под замок. Ученые не отрицали необходимости сохранения секретности в некоторых пределах, но, указывали, что такое положение вообще сдерживает обмен научными достижениями и тормозит развитие прогресса не только в научной области, но и в военной.

В 1946 г. правительства Англии, США и Канады подписали соглашение о создании тройственного Комитета, на который возлагалась обязанность рассмотреть все технические данные и решить, какие из них можно рассмотреть.

Несмотря на медленное развертывание послевоенных исследовательских работ, крупнейшие научно-исследовательские центры в Ок-Ридже, Аргонне (близ Чикаго) и Лос-Аламосе продолжали действовать теперь уже под руководством Комиссии по атомной энергии, состоявшей из гражданских лиц.

Этим центрам было передано несколько атомных реакторов. Намечалось строительство новых крупных исследовательских центров, один из которых в районе Брукхейвена (под Нью-Йорком) предназначался для фундаментальных исследований; руководство научно-исследовательскими работами в нем возлагалось на объединение девяти крупнейших университетов Западного побережья. Другой центр строился в Арко

(штат Айдахо), где создавалась Национальная станция по испытанию реакторов.

Однако все работы в области атомной энергии этого периода подчинялись главным образом одной цели — создать более мощные атомные бомбы, но меньших размеров, чем первые, и изготовить их в возможно большем количестве. В руководстве армии по этому поводу возникли противоречия. Транспортировка атомных бомб оставалась правом монополии Министерства военно-воздушных сил США. Министерство военно-морского флота, не желая признавать такого преимущества, при поддержке общественного мнения проводит летом 1946 г., как раз в период созыва Комиссии Организации Объединенных Наций по атомной энергии крупные морские маневры в районе Бикини. 42 тысячи офицеров и моряков личного состава военно-морского флота США приняли участие в этих маневрах. Я присутствовал на этом необычном смотре в качестве представителя одной из десяти стран — членов Совета Безопасности Организации Объединенных Наций. Были взорваны две бомбы, каждая из которых по мощности равнялась 20 тысячам тонн тринитротолуола (принятого за классическую взрывчатку), т. е. была такой же, как сброшенные над Японией. Одна бомба была взорвана в атмосфере, другая — под водой на глубине нескольких десятков метров с целью изучения действия ее на военно-морские корабли. Подводный атомный взрыв выбросил из глубины гигантский столб воды в несколько миллионов тонн и разрушил предназначенный на слом броненосец, находившийся в 400 метрах от эпицентра. Водяной столб высотой более двух километров образовал волну высотой более 100 метров. Все это при ярком солнечном свете представляло сверхъестественное, незабываемое зрелище, продолжавшееся какую-то долю минуты.

В результате Министерство военно-морского флота США добилось в 1948 г. разрешения на строительство авианосцев водоизмещением 60 тысяч тонн для перевозки самолетов — транспортировщиков атомных бомб, несмотря на уязвимость таких плавучих мишеней для атомного оружия, что было продемонстрировано маневрами в Бикини и подтверждено тремя новыми, еще более мощными взрывами, произведенными в 1948 г. в Тихом океане.

Наконец, в 1949 г. усилия адмирала Рикопера, около двух лет добивавшегося создания атомной подводной лодки, увенчались успехом: было принято решение о создании военного отдела внутри Комиссии по атомной энергии, который вместе с Военно-морским ведомством должен был заниматься разработкой и созданием атомного двигателя для подводной лодки.

Возобновление английских работ в области атомной энергии

При возобновлении работ по атомным изысканиям после прекращения военных действий континентальные страны Западной Европы, которые до войны были колыбелью атомных научных исследований, сильно отставали.

Многие страны пережили немецкую оккупацию. Научные группы, такие, как группа физиков, собранная в 1934 г. в Риме Энрико Ферми, больше не существовали. Многие ученые оказались в Соединенных Штатах Америки. Запасы урана были также в руках англосакских стран, и даже Бельгия не могла воспользоваться ни граммом этого металла, добываемого в Конго.

Франция, внесшая определенный вклад в ядерные исследования, располагала лишь некоторыми необходимыми техническими данными. Великобритания, напротив, воспользовалась одновременно и научными достижениями, и доступом к источникам сырья и, что еще более важно, привлекла к работам в стране группу специалистов, работавших до этого в лабораториях и на заводах американско-канадского содружества. Однако она не могла ни помочь европейским странам воспользоваться всем этим, ни содействовать дальнейшему развитию ядерных исследований в них в связи с политикой секрета, проводившейся с 1945 г., что явилось логичным следствием Квебекского соглашения, по которому все три англосакских партнера взяли на себя обязательство не помогать — без предварительного согласия двух других партнеров — любой другой стране производить ядерное оружие. Но вполне естественно, что после окончания военных действий Соединенное Королевство сразу же решило создать собственные, независимые ядерные силы. Усилия были направлены прежде всего на создание ядерного оружия, поскольку промышленное применение атомной энергии, казалось, было делом отдаленного будущего, хотя оно могло иметь величайшее значение для страны, основным энергетическим ресурсом которой по-прежнему был каменный уголь, а ведь добывать его становилось все труднее и труднее.

6 ноября 1946 г. был принят закон, по которому вся ответственность за развитие атомной энергии на территории Соединенного Королевства возлагалась на правительство, и без того державшее в руках всю монополию в этой области. Все руководство атомными исследованиями поручалось министру вооружения и боеприпасов, который располагал значительными ресурсами.

Еще в октябре 1945 г. было принято решение создать специальный орган — Комиссию по научно-исследовательским ра-

ботам в области атомной энергии. Комиссия разместилась в Харуэлле (близ Оксфорда) на территории бывшего аэродрома, в пустующих ангарах которого и началось строительство первых экспериментальных реакторов. Возглавил комиссию Джон Кокрофт. Вскоре после этого в Рисли (графство Ланкашир) была создана специальная организация по производству делящихся материалов. Ее руководство было поручено Кристоферу Хинтону — одному из крупнейших инженеров, отвечавших в годы второй мировой войны за производство боеприпасов.

Первоначально Комиссия по научно-исследовательским работам в области атомной энергии несла ответственность за проектирование и разработку технической документации предприятий по производству делящихся материалов. В дальнейшем неизбежные столкновения между двумя организациями привели к тому, что производственники предпочли создать собственный проектный отдел, а комиссия стала в основном заниматься теоретическими исследованиями. Таким образом, создание двух самостоятельных организаций, занимающихся исследованиями в области атомной энергии (чего удалось избежать во Франции), привело к известным неудобствам, ибо было довольно трудно провести точную границу между теоретическими исследованиями и их практическим применением. Неизбежным следствием было дублирование отдельных работ и громоздкость административного управления. С другой стороны, подчинение исследовательских работ, связанных непосредственно с производством, лицам, которые отвечают за организацию производства, имеет и положительные стороны, позволяя правильнее определять очередность работ и конкретнее увязывать сроки их исполнения.

Выделенные кредиты, грубо говоря, позволили англичанам осуществить работы в размере одной десятой того объема, который был осуществлен в США. И все-таки Великобритания (снова изолированная от американцев после принятия в 1946 г. закона Мак-Магона) намечает те же самые работы, что и сильно опередившие ее американцы.

В Харуэле было начато строительство двух опытных реакторов на естественном уране с графитовыми замедлителями. Первый GLEP мощностью 100 киловатт был пущен в 1947 г. — всего через пять лет после пуска первого реактора Ферми в 1942 г. в Соединенных Штатах. Второй реактор ВЕРО мощностью 6 тысяч киловатт имел воздушное охлаждение. На этом реакторе в основном велись экспериментальные работы, связанные с проектированием больших реакторов для производства плутония.

Действительно, уже в самом начале 1946 г. в Рисли обосновалось производственное управление. Его задача состояла в

том, чтобы одновременно начать строительство заводов, необходимых для производства плутония. В Спрингфилде (графство Ланкашир) в помещении бывшего завода взрывчатых веществ создается производство химически чистого урана (на базе шестифтористого урана) для реакторов и в дальнейшем для заводов по разделению изотопов. Примененные в Спрингфилде методы очистки урана были разработаны в Великобритании еще во время войны. Через два с половиной года завод в Спрингфилде достиг проектной мощности.

Для производства плутония первоначально проектировалось строительство реакторов с графитовым замедлителем и водяным охлаждением, примерно такого же типа, как американские реакторы в Ханфорде. Позднее инженеры из Рисли предложили правительству строить реакторы с графитовым замедлителем и воздушным охлаждением. Такие реакторы более просты и не требуют столь тщательного подбора места для строительства.

Метод воздушного охлаждения, изученный в Харуэлле на реакторе ВЕРО, впоследствии стал основным методом отвода тепла в реакторах в Великобритании. В сентябре 1947 г. были окончательно выбраны помещения заводов «Виндскейл уоркс» в Селлафилде (графство Кумберленд). Здесь началось строительство двух крупных реакторов и завода по выделению плутония методом растворения — по принципу, изученному во время войны французскими, канадскими и английскими специалистами в Канаде.

Параллельно изучался проект строительства завода по выделению урана-235 методом газовой диффузии примерно по такой же схеме, которая применялась на американских заводах. При проектировании использовались результаты исследований, проведенных англичанами во время войны независимо от американцев.

Таким образом, лейбористское правительство, не заявляя об этом официально, санкционировало изготовление атомного оружия, предприняв производство плутония и урана-235, что позволило бы Соединенному Королевству стать независимой атомной державой в области военного и промышленного использования атомной энергии. Однако правительство Эттли отказалось в 1948 г. по требованию Вашингтона от права вето на использование американцами атомного оружия, представленное англичанам соглашением в Квебеке. Этот отказ стал достоянием общественности только несколько лет спустя и был резко встречен Черчиллем, являвшимся в прошлом сторонником атомного сотрудничества.

В течение этого периода исследования, начатые в Англии, оставались тесно связанными с работами в Канаде, где в Чолк-Ривере было еще много английских специалистов. Канадская

программа создания реакторов была основана на использовании природного урана и тяжелой воды в качестве замедлителя. Такое направление было продиктовано продолжением совместных англо-канадских работ и привело к пуску в 1947 г. большого реактора тепловой мощностью 40 тысяч киловатт, оставшегося в течение ряда лет крупнейшим в мире.

Наконец, в Соединенном Королевстве с 1948 г. политика атомного секрета приобрела некоторую гибкость по сравнению с политикой США в единственно несекретной области науки в тот период: в использовании искусственных радиоактивных изотопов.

И, действительно, в то время как Комиссия по атомной энергии США взяла в свои руки право экспорта радиоактивных изотопов при условии их мирного использования и публикации выполненных работ, а также разработала сложную систему запросов и разрешений, центр в Харуэлле ограничился получением гарантий от официальных властей государств-потребителей в мирном использовании радиоактивных изотопов и применил все средства, чтобы сроки поставок, определяемые потребителем и поставщиком, были по возможности сокращены.

Таким образом, Великобритания выиграла конкуренцию в этой области, завоевав на международных рынках господствующее положение на протяжении ряда лет после отмены ограничений, установленных Соединенными Штатами Америки.

Американские ученые убеждали свое правительство отменить ограничения в области производства искусственных радиоактивных элементов, полностью исключенных из области атомного вооружения. По этому поводу Оппенгеймер (научный советник при Комиссии по атомной энергии США), выступил против члена комиссии Льюиса Страусса, препятствовавшего отправке в норвежский оборонный институт небольшого количества радиоактивного изотопа железа.

Первые шаги Комиссариата по атомной энергии во Франции

Развитие атомной проблемы во Франции обусловлено рядом постановлений, принятых французским правительством, что позволило Франции снова занять свое место в промышленном использовании процесса деления урана, в открытии которого французские ученые внесли свой достойный вклад.

18 октября 1945 г. временное правительство генерала де Голля подписывает постановление о передаче всей ответствен-

ности по атомным делам гражданскому органу, как раз в тот момент, когда производство и распределение электроэнергии и газа было передано государству. Опыт последних 15 лет подтвердил правильность этого решения: ни одна высокоиндустриальная страна не смогла бы организовать эффективное использование атомной энергии без централизованного государственного органа по управлению и финансированию этой новой отрасли техники, неизбежно требующей в самом начале больших затрат.

Перед Комиссариатом по атомной энергии стояла задача возобновить научные изыскания, парализованные войной, и подготовить страну к использованию новой формы энергии в различных областях науки и промышленности, а также для обороны. Подчиненный власти и контролю председателя Совета министров Комиссариат по атомной энергии пользовался собственным статусом, единственным во Франции, и осуществлял руководство на основе частного права, пользуясь финансовой и административной автономией.

Административную и финансовую ответственность правительство возложило на главного администратора, полномочного представителя правительства; научное и техническое руководство было доверено верховному комиссару. В марте 1945 г. Рауль Дотри обратил внимание де Голля на результаты работ, проведенных во Франции до 1940 г., и указал на важное значение скорейшего возобновления работ и использования для этой цели запасов тяжелой воды в Норвегии.

Но только спустя два месяца Пьер Оже, знакомый с успехами американского атомного производства, и Жолио-Кюри убедили главу временного правительства в необходимости создания во Франции специальной организации, которая занималась бы вопросами атомной энергии.

Авторитет, личное обаяние, предприимчивость Жолио-Кюри и богатый жизненный опыт Рауля Дотри дополняли друг друга, и к январю 1946 г. им удалось собрать небольшую группу сотрудников.

Усилия Франции были направлены на научные изыскания и мирное использование атомной энергии. Об этом официально заявил французский представитель в Организации Объединенных Наций Александр Пароди на одном из первых заседаний Контрольной комиссии по атомной энергии при ООН в июне 1946 г.

«Я уполномочен заявить, что цели научных поисков, которые правительство Франции доверило ученым и специалистам, носят исключительно мирный характер. И мы хотим, чтобы все нации мира сделали то же самое и с такой же решимостью, с какой Франция намерена подчиниться самым справедливым

требованиям, чтобы обеспечить во всем мире контроль над атомной энергией» *.

Лишенный источников урана, находившихся в руках западных держав, Комиссариат по атомной энергии располагал лишь небольшим количеством урана из запаса Коллеж де Франс, вывезенного в Марокко во время войны, и вагоном ураната натрия, без сомнения, бельгийского происхождения, случайно найденного в Гаврском порту. Он находился там в течение нескольких лет, и, пока не были сделаны пробы, служащие полагали, что этот ярко-желтый груз был красителем, не имевшим большой ценности.

Имеющихся запасов урана оказалось недостаточно для создания уран-графитового реактора, а потому пришлось остановить выбор на реакторе с тяжелой водой, тем более что имелась возможность получить тяжелую воду: норвежская фирма была готова возобновить контракт на ее поставку, подписанный еще в 1940 г. Фирма обязалась поставить Франции первые же тонны полученной тяжелой воды для пуска трех экспериментальных атомных реакторов. В то же время бельгийское общество по разработке урановых месторождений в Конго не дало ни одного грамма урана французам, нарушив таким образом соглашение, подписанное в 1940 г.

Итак, решения, принятые в 1940 г., принесли свои плоды только через шесть лет. Создание запасов необходимых материалов и богатый опыт французских специалистов, приобретенный ими в период работы в Канаде по проектированию и созданию реакторов на тяжелой воде, позволили возобновить научные изыскания по атомной энергии во Франции. Мы возвратились на родину, однако обязательства о сохранении секретности, подписанные во время войны всеми сотрудниками научных объединений союзных стран, официально с нас сняты не были. Такое положение было несовместимо с нашим будущим участием в научных работах на родине. В связи с этим я был вынужден после моего досрочного выезда из Канады вернуться в Вашингтон в начале 1946 г., чтобы обсудить этот щепетильный вопрос с генералом Гровсом, руководителем «Манхэттенского проекта». Мы быстро пришли к договоренности: французские ученые могут поставить свои знания на службу интересам Франции и передать эти знания и опыт другим ученым в ходе будущих работ, но без их опубликования. Это решение было разумным компромиссом, и мы воспользовались им в первые годы деятельности Комиссариата по атом-

* От этих заявлений в настоящее время ничего не осталось. Правительство де Голля проводит политику превращения Франции в «великую» атомную державу. Поэтому оно отказалось подписать Московский договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой.— *Прим. ред.*

ной энергии при одобрении его руководителей и без каких-либо жалоб с обеих сторон.

Ограниченность необходимых материалов строго определяла программу работ: осуществить цепную реакцию, т. е. создать в возможно сжатые сроки экспериментальный реактор.

Система охлаждения реактора представляет сложный технический комплекс: мощность нашего реактора предполагалась почти нулевой (несколько киловатт тепловой энергии), а потому реактор не требовал создания специальной системы отвода тепла. Получение металлического урана — трудная задача, и мы использовали окись урана, которая спустя 12 лет была признана как высококачественное ядерное горючее. Мы нуждались в лабораториях, где можно было бы приступить к работе. Для этой цели был приспособлен расположенный недалеко от Парижа форт Шатильон, построенный после франко-прусской войны, недалеко от которого были казнены главные коллаборационисты, сотрудничавшие с немцами в период оккупации. Лаборатории разместились в мрачных казематах, а оборудование для лабораторий с большими трудностями вывезли из оккупированной зоны Германии. В районе Буше (департамент Сена и Уаза) на частично не использованных производственных территориях порохового завода началась промышленная переработка сырья: производство ядерно-чистого графита, а также окиси и металлического урана.

В 1948 г. во Франции в отрогах плато Лимузен (в Ла-Крузиле) было открыто первое месторождение руды, богатой ураном. За год до этого учащиеся курсов по разведке месторождений, в большинстве своем участники движения Сопротивления, после нескольких месяцев теоретических занятий завершили свой курс поисковыми работами в районе, расположенном в 20 километрах к северу от Лиможа. Они обнаружили некоторые признаки залежей руды, и в следующем году были предприняты поисковые работы уже изыскательскими партиями, приведшие к открытию крупнейшего месторождения урановой руды.

Наконец, 15 декабря 1948 г. в Шатильоне вступил в действие первый атомный реактор в Западной Европе — ZOE*.

* Реактор ZOE состоял из 60 вертикально расположенных алюминиевых стержней, заполненных окисью урана (общим весом около трех тонн) и погруженных в алюминиевый бак, который был заполнен пятью тоннами тяжелой воды. Защита из бетона толщиной два метра предохраняла оператора от действия радиации. Управление работой реактора осуществлялось регулировкой уровня тяжелой воды или перемещением управляющих стержней из кадмия, поглощающего нейтроны. После нескольких лет работы, во время которой были сконструированы системы циркуляции и охлаждения тяжелой воды, тепловую мощность реактора удалось довести до 200 киловатт.

Атомный реактор представлял собой исключительно важную установку для изучения процессов цепной реакции и физической природы нейтронов. Одновременно он должен был служить для получения радиоактивных изотопов.

К этому времени Комиссариат по атомной энергии уже объединил свыше 1000 специалистов, и его годовой бюджет достиг двух миллиардов старых франков. Правда, эти ассигнования составляли всего лишь десятую часть бюджета Великобритании и сотую часть бюджета США.

В 1949 г. на плато Сакле возникли строительные леса. Здесь началось строительство первого крупного национального центра атомных научных исследований и готовилось сооружение второго реактора на тяжелой воде, более мощного, чем реактор ZOE.

В конце 1949 г. группе французских химиков удалось получить на реакторе ZOE первые миллиграммы плутония.

Научная задача, поставленная перед французскими учеными-атомниками, переросла рамки лабораторий, так как нужно было знакомить руководителей государства и широкую общественность с новыми идеями в ядерной физике. Впервые ученые входили в дипломатические делегации на правах научных советников. По дороге из Нью-Йорка в Лейк Саксес, первую резиденцию ООН, нам часто приходилось рассказывать о тайне ядра тем людям, которые тотчас же обрушивались на первые предложения о всеобщем атомном разоружении. Такой контакт специалистов с представителями международной политики раскрывал нам в свою очередь мир, не менее сложный, чем мир атомов. Нам было важно объяснить широкой общественности, что уран не откроет новой эры даровой энергии.

Впрочем, тайна урана потребовала и непредвиденных жертв. В конце войны из лабораторий Германии исчезло несколько сот килограммов металлического урана. Одному профессору математического факультета в Париже удалось приобрести за небольшую сумму слиток металла, каждый килограмм которого стоил более 30 тысяч франков*. Мошенники, старались продать этот ценный металл по ценам, в сотни раз превышающим их стоимость, спекулянтам, стремившимся превратить свое состояние в маленький кусочек металла. Не обходилось и без курьезов. Однажды полиция обратилась к нам в лабораторию: был куплен свинцовый сосуд, содержащий якобы уран. Его владелец был убежден, что он выполнил долг патриота, не дав возможности приобрести этот ценный продукт шпионам. Сосуд был вскрыт, а счетчики, обнаруживаю-

* Металлический уран высокой чистоты стоит сегодня в половину дешевле (около 130 новых франков за килограмм).

щие радиоактивность, остались такими же безмолвными, как и несчастная жертва мошеннической операции — в сосуде было несколько килограммов песка.

Быстрое строительство первого реактора принесло известность Комиссариату по атомной энергии и группе молодых специалистов. Между тем обстановка мешала сплоченному коллективу этой организации продолжать успешные научные изыскания. Политическая деятельность Жолио-Кюри — Верховного комиссара — навлекла на Комиссариат по атомной энергии нападки, усиливавшиеся по мере того, как холодная война расширяла свои границы. Жолио-Кюри, со своей стороны, открыто выступал против политики французского правительства. Принадлежность к коммунистической партии была одной из причин его отстранения от работы. Это произошло 28 апреля 1950 г.

Г Л А В А IV

КУРС НА ВОДОРОДНУЮ БОМБУ И ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ ПОЛИТИКИ СЕКРЕТА (1949—1954)

Уже через четыре года после катастрофы в Хиросиме соотношение сил на международной арене снова резко изменилось. 23 сентября 1949 г. из заявления президента Соединенных Штатов Америки Трумэна мир узнал о новом атомном взрыве, произведенном в конце августа того же года. Но на этот раз речь шла о советской атомной бомбе — это означало конец американской атомной монополии.

В сентябре 1949 г. американские шары-зонды и самолеты английской военной авиации обнаружили в стратосфере радиоактивное облако, что было доказательством успешного завершения научных поисков советских ученых и достижений промышленности Советского Союза. Правящие круги США в свое время недооценили возможности промышленности Советского Союза и переоценили действенность своего атомного секрета.

Успехи Советского Союза

Советские специалисты шли, по всей вероятности, тем же путем, что и их американские предшественники. Первая цепная реакция была осуществлена в Советском Союзе, вероятно, весной 1947 г. в уран-графитовом реакторе. Одним из ведущих руководителей этих работ был крупнейший советский физик Игорь Васильевич Курчатов*.

* Еще в 1932 г. на конференции (г. Харьков) была высказана гипотеза о том, что ядро состоит из протонов и нейтронов. С тех пор советские физики интенсивно разрабатывали проблему атомного ядра. В этот период Г. Н. Флеров и К. А. Петржак открыли самопроизвольное деление урана-235, а Ю. Б. Харитон и Я. Б. Зельдович — условия протекания цепной реакции. Этим были заложены научные основы для создания ядерных реакторов. И уже в самом начале 40-х годов И. В. Курчатов начал разрабатывать их схемы.— *Прим. ред.*

Успехи Советского Союза в области атомной энергии упрочили его положение в Организации Объединенных Наций.

Начиная с 1947 г. научно-исследовательские работы приняли, вероятно, широкий размах. И в 1949 г. ученые приступили к разработке проектов строительства первой атомной электростанции и нескольких реакторов на обогащенном уране. Одновременно с этим было начато производство тяжелой воды.

Участие немецких ученых в работах по ядерным исследованиям в Советском Союзе не может, конечно, служить определяющим фактором успехов советских исследований, хотя начиная с 1946 г. некоторые немецкие специалисты, приехавшие в Советский Союз в конце войны, были привлечены к этим работам. Среди них были Манфред фон Арденне и выдающийся физик Густав Герц. Для немецких специалистов были оборудованы научные лаборатории, но их использовали, собственно говоря, на второстепенных работах (электроника, приборы для измерений и анализов)*. Важнейшие же задачи решали советские физики. И совершенно очевидно, что успехи Советского Союза в области атомной энергии могли быть достигнуты только благодаря значительным усилиям страны, направленным на переустройство всего хозяйства, и стремлением занять ведущее положение в науке и промышленности.

Курс на водородную бомбу

В изменившейся обстановке американская реакция приняла попытку не только сохранить ведущее положение в деле создания запасов атомного оружия, но и сделала первые шаги по пути атомного вооружения, чтобы добиться превосходства в этой области. Цель этих попыток — осуществить замыслы ученых Лос-Аламоса, у которых еще в 1943 г. родилась идея создания так называемой сверхбомбы. Речь шла о создании водородной бомбы. Требовалось подтвердить следующую гипотезу: можно ли использовать температуру в несколько десятков миллионов градусов, возникающую при взрыве атомной бомбы, для начала реакции слияния, или синтеза более легких атомов, в частности изотопов водорода, чтобы образовались атомы гелия. Теперь известно, что огромное количество энергии, излучаемой Солнцем и звездами, образуется в результате ядерных реакций, в ходе которых происходит превращение одних ядер легких атомов в другие. В частности, в самом центре Солнца, где температура выше

* В самом конце войны группа немецких ученых выразила желание работать в Советском Союзе. Советское правительство предоставило им такую возможность. После образования Германской Демократической Республики они возвратились на Родину.— *Прим. ред.*

20 миллионов градусов, водород постоянно превращается в гелий в результате довольно сложного цикла с образованием различных изотопов легких атомов.

Реакция синтеза, или так называемая термоядерная реакция, протекает при очень высокой температуре и высвобождает в десять раз больше энергии, чем при делении такого же количества урана. Более того, раз начавшаяся и сопровождающаяся выделением тепла реакция может поддерживать необходимую температуру, которая приведет к реакции синтеза ядер легких элементов, расположенных вокруг атомной бомбы, служащей «запалом» для реакции.

Президент Трумэн в своем публичном выступлении 31 января 1950 г. заявил о решении правительства приступить к созданию водородной бомбы. Принятию этого решения предшествовали горячие споры среди руководителей Комиссии по атомной энергии США. Научный консультативный комитет Комиссии по атомной энергии под председательством Оппенгеймера, руководившего в годы войны созданием первой атомной бомбы, заявил о единодушном несогласии членов Комитета с переходом к новому этапу на пути атомного вооружения. Выдвинутых аргументов было достаточно: ставились под сомнение технические возможности создания такой бомбы, выражалось опасение, что, если такая бомба будет создана, ее размеры окажутся слишком большими для транспортировки самолетом, и, наконец, возникал вопрос о моральной ответственности Соединенных Штатов Америки, вставших на путь использования достижений науки для разрушительной войны. Более того, основным компонентом в производстве нового оружия становится тритий* — редкий, исключительно дорогой изотоп водорода, который может быть получен только в атомном реакторе в ущерб производству плутония, т. е. в ущерб классической атомной бомбе. Но в связи с началом войны в Корее американцы решили ускорить создание водородной бомбы, и их усилия увенчались успехом.

В ноябре 1952 г. первый термоядерный взрыв был успешно осуществлен на атолле Эниветок.

3 октября 1952 г. руководители американской атомной политики испытали чувство разочарования, так как еще одно государство вступило в атомный клуб: на западном побережье Австралии, в Монтебелло, был произведен взрыв английской атомной бомбы, что было осуществлением планов, намеченных правительством Эттли в 1946 г.

Наконец, в августе 1953 г. Советский Союз произвел новый взрыв атомной бомбы. Изучение радиоактивного облака

* Тритий — бета-активный изотоп водорода с периодом полураспада 12 лет — получен в реакторе при бомбардировке лития нейтронами.

показало, что это был взрыв термоядерной бомбы, но изготовленной из материалов, отличных от тех, которые были применены американцами. По всей вероятности, третий был заменен литием или дейтерием, которые в противоположность первому встречаются в природе.

Политические круги Америки были серьезно обеспокоены происшедшими событиями, которые со всей убедительностью свидетельствовали, что основой успеха Советского Союза были оригинальные решения, найденные советскими учеными. И только через семь месяцев, 1 марта 1954 г., на атолле Бикини Соединенные Штаты произвели взрыв термоядерной бомбы, аналогичной советской бомбе, более доступной по технологии производства и менее дорогой. Мощность американской термоядерной бомбы в 1000 раз превышала мощность бомбы, сброшенной на Хиросиму. Ее взрывная сила, эквивалентная 14 миллионам тонн тринитротолуола, в 10 раз превышала суммарную мощность всех бомб, сброшенных с самолетов стран-союзников на гитлеровскую Германию за четыре года минувшей войны.

Радиоактивные осадки экспериментальной бомбы, взорванной на атолле Бикини, вызвали серьезные изменения в состоянии здоровья японских рыбаков, находившихся в 150 километрах от места взрыва. Этот факт получил большую огласку и, возможно, впервые способствовал появлению в умах людей твердого представления о чудовищном разрушительном потенциале нового взрывчатого вещества, а также вызвал все возрастающую тревогу перед непосредственной опасностью радиоактивных осадков, которыми обязательно сопровождаются экспериментальные взрывы.

В США недовольство определенных кругов, вызванное тем, что Советский Союз взорвал водородную бомбу, было обращено лично против Оппенгеймера, которому предъявили обвинение в том, что он ослаблял, если не тормозил, развитие научных поисков американских ученых в этой области. Страусс, убежденный сторонник водородной бомбы, назначенный председателем Комиссии по атомной энергии в июле 1953 г., начал дело против Оппенгеймера, с которым он враждовал уже в течение нескольких лет.

Прежде всего Страусс добился лишения Оппенгеймера права доступа к секретным документам. Оппенгеймер потребовал создать комиссию по расследованию. Это дело в течение нескольких недель весны 1954 г. было объектом больших и трудных споров, которые, к сожалению, стали известными общественности. Затрагивались различные стороны общественной и личной жизни человека, который после войны был одним из ближайших советников Государственного секретаря Дина Ачесона. В конце концов большинством голосов (два

против одного) комиссией по расследованию было принято решение, поддержанное Комиссией по атомной энергии (четыре против одного), об освобождении Оппенгеймера от обязанностей научного советника при правительстве.

Усиление американского атомного производства и увеличение спроса на уран

Проведение Советским Союзом первого атомного взрыва в 1949 г. и решение американского правительства создать водородную бомбу дали толчок американскому атомному производству, темпы развития которого значительно снизились в послевоенный период. Было решено значительно расширить производство ядерных взрывчатых веществ.

В связи с этим возросла, конечно, потребность в уране, и англосакские страны разработали широкую программу разведки запасов урана, которая была немедленно введена в действие и с успехом решена: в течение десяти лет была создана урановая горнорудная промышленность, главной целью которой были военные поставки.

Уран встречается на земле довольно часто, но содержание его в рудах редко превышает 10%. Таковы, например, урановые руды Богемии, Катанги и Северной Канады, добывавшиеся ранее только для получения радия. В настоящее время их запасы заметно истощены. Уран чаще всего встречается в очень малых концентрациях (до нескольких миллионных долей) во всех гранитных породах, но выделение его — процесс сложный, дорогой, и, несмотря на достигнутые успехи в этой области, он не используется.

Два обстоятельства значительно облегчили успешное решение программы. Во-первых, появилась возможность вести поиск урановых руд при помощи радиометрической аппаратуры. Радиоактивные излучения урана улавливаются переносными или стационарными счетчиками очень высокой чувствительности, которые устанавливаются на автомашинах, небольших самолетах или вертолетах, что облегчает геологическую разведку больших районов. Во-вторых, внедрение новых химических методов* в промышленность облегчило выделение урана из руд с содержанием металла менее 0,1% и его последующий аффинаж для получения очень чистого продукта — гексафторида урана. Последний применяется для дальнейшего разделения изотопов урана, использующихся как ядерное горючее и как исходный материал для получения плутония.

* Методы селективного извлечения и очистки, основанные на применении ионообменных смол, или методы экстракции органическими растворителями нашли широкое применение в различных отраслях промышленности.

В 1950 г. правительства Соединенных Штатов Америки и Великобритании ассигновали 50 миллионов фунтов стерлингов на строительство урановых заводов в Южной Африке*.

В начале 1953 г. были открыты залежи урановых руд в Австралии и Канаде (в районе Блайнд-Ривер, провинция Онтарио), и сразу же началась их разработка. С 1956 г. Канада становится ведущим поставщиком урана, впрочем ненадолго, так как в 1955 г. были найдены богатые руды на территории США, обеспечившие им с 1960 г. первое место по добыче урана.

Эти новые урановые ресурсы предназначались для снабжения сырьем трех заводов, строительство которых началось в 1951 г.: двух заводов по разделению изотопов в Падьюке (штат Кентукки) и Портсмуте (штат Огайо) и одного в Саванна-Ривере (штат Южная Каролина) — с реакторами на тяжелой воде, предназначенными для получения плутония и трития. Пуск этих реакторов потребовал строительства в 1951 г. двух больших заводов для получения тяжелой воды**.

Для финансирования такой программы Комиссии по атомной энергии США требовались огромные ассигнования: один миллиард долларов в 1951 г., два миллиарда в 1952 г. и четыре миллиарда в 1953 г. В 1954 г. ассигнования были снижены до двух миллиардов и оставались на этом уровне в течение ряда лет.

В 1956 г. после введения в строй новых заводов в США на производство делящихся материалов, особенно на разделение изотопов, было израсходовано 50 миллиардов киловатт-часов электроэнергии, т. е. 10% всей потребляемой в Америке и 100% всей электроэнергии, производившейся в то время во Франции.

Одновременно с форсированием производства делящихся материалов и созданием водородной бомбы в США продолжались работы над усовершенствованием обыкновенного атомного оружия. Началась разработка серии бомб различной мощности (от 1 до 500 килотонн тринитротолуола), в

* Применяемый здесь процесс промышленного получения урана основан на использовании отвалов от переработки золотоносных песков с незначительным содержанием урана. Эти отвалы в виде огромных холмов высятся около города Йоганнесбурга и других центров золотодобывающей промышленности. Серную кислоту (до тысячи тонн в день), необходимую для обработки песков, получают из содержащегося в них же серного колчедана. Весь этот комплекс — образец умелого использования отходов, с чем одна только химическая промышленность, конечно, не могла справиться.

** В основе процесса — различная концентрация дейтерия в водных растворах сероводорода при различных температурах. Для разделения требуются многократные циклические процессы, а также специальные конструкционные материалы, коррозионноустойчивые в среде сероводорода.

20 раз уменьшились их габариты. В 1952 г. был изготовлен атомный снаряд диаметром 280 миллиметров.

После седьмого экспериментального взрыва в США в 1951 г. испытания стали проводиться чаще как в Тихом океане, так и в пустынных районах штата Невада, в 120 километрах от Лас-Вегаса — города с 50 тысячами жителей, расположенного в 400 километрах от Лос-Анжелоса с населением 4 миллиона человек. С 1951 по 1956 г. было проведено около 50 взрывов, 30 из них — на американской земле.

В 1951 г. в штате Невада был произведен первый подземный атомный взрыв (для испытаний в атмосфере бомбы устанавливались на башнях высотой от 100 до 200 метров или поднимались на воздушных шарах на высоту до 500 метров).

Программа мирного использования атомной энергии предусматривала строительство и пуск атомных реакторов, для которых было выделено необходимое количество урана-235; использовался также обогащенный уран, т. е. содержащий большее количество урана-235, чем природный уран.

В 1951 г., через девять лет после пуска реактора Ферми, первая опытная установка в Арко дала ток. Реактор работал на обогащенном уране, в качестве теплоносителя использовался натрий; полученный в теплообменнике водяной пар вращал турбину мощностью 100 киловатт. Вырабатываемая электроэнергия использовалась для освещения одного здания.

В 1953 г. адмирал Риквер, в упорстве и настойчивости не имевший себе равных, добиваясь повышения мощности флота, усиленно ратовал за создание атомной подводной лодки с ядерным двигателем, подобным экспериментальной установке в Арко.

Реактор должен был работать на обогащенном уране, заключенном в оболочку из циркония — металла, противостоящего коррозии, вызываемой воздействием воды. Мощность его должна была составлять около пяти тысяч киловатт*. Реактор в Арко, отличающийся исключительной надежностью, послужил основой для создания не только реакторов для атомных подводных лодок, но и серии реакторов для атомных электростанций Америки (с водой в качестве замедлителя и теплоносителя). Было принято также решение построить первую опытную электростанцию в Шиппингпорте (штат Пенсильвания).

В это же время Советский Союз добился успеха не только в производстве атомного вооружения, но и в производстве

* Мощность атомного реактора можно выражать в киловаттах тепловой энергии, соответствующей количеству выделяемого тепла, или в киловаттах электрической энергии, представляющей собой часть превращенной тепловой энергии в электрическую с коэффициентом полезного действия 25—30%.

энергии для мирных целей. В июне 1954 г. в Обнинске, в 100 километрах от Москвы, была сдана в эксплуатацию первая в мире атомная электростанция. Ее реактор на обогащенном уране электрической мощностью пять тысяч киловатт с водяным охлаждением под давлением, но с графитовым замедлителем был основан на том же принципе, что и американский, предназначенный для подводной лодки, но в отличие от последнего он был создан в мирных целях.

Первая британская бомба

Усилия, предпринятые Великобританией сразу же после окончания второй мировой войны, увенчались успехом в 1952 г., когда Соединенное Королевство взорвало свою первую атомную бомбу — плутониевую бомбу, созданную на базе ядерного взрывчатого вещества, полученного в реакторе Уиндскейля. Этот реактор был пущен в 1950 г. Таким образом, англичанам удалось взорвать свою бомбу через три года после выбора типа бомбы.

В равной степени в рекордное время был построен завод по химическому выделению облученного урана методом растворения. Сложность строительства этого завода заключалась в необходимости смонтировать 17 километров трубопроводов, причем надо было гарантировать отсутствие утечки высокорadioактивного раствора. Для этого при помощи рентгеновских лучей было проверено свыше 80 километров сварных швов. Выделенный плутоний затем превращался в чистый металл. Создание самой бомбы велось в лаборатории в Олдермастоне (графство Беркшир) под руководством физика Уильяма Пенни, принимавшего участие в американских работах во время войны.

Производственное управление сконцентрировало свои первые усилия на производство плутония, но уже в 1947 г. был рассмотрен вопрос о получении обогащенного урана и возобновлены работы по разделению изотопов методом газовой диффузии.

На первой стадии планировалось строительство небольшого завода для обогащения урана после его использования в реакторах Уиндскейля. Позднее было принято решение построить более крупный завод, который мог бы давать почти чистый уран-235, необходимый военной промышленности. В какой-то степени этот завод представлял собой развитие первого. Это была гигантская стройка. В марте 1950 г. строительные работы были начаты в Кейпенхерсте (графство Чешир). Они продолжались несколько лет.

Параллельно с этим промышленным строительством расширялся исследовательский центр в Харуэлле. Производство

искусственных радиоактивных элементов увеличилось здесь в 1952 г. по сравнению с 1949 г. в 10 тысяч раз, причем значительная часть продукции предназначалась на экспорт.

Индустриализация французской программы

До 1952 г. Комиссариат по атомной энергии проводил работы исключительно научного характера; с 1952 г. курс резко изменился: программа работ приобрела промышленный характер.

В апреле 1950 г. Жолио-Кюри был снят с поста Верховного комиссара по атомной энергии, и только через год его заменил на этом посту Франсис Перрэн, член Комиссариата по атомной энергии со дня его основания, ученый с очень широким кругозором.

В период с 1949 по 1952 г. личный состав Комиссариата по атомной энергии вырос на 60%, и к концу 1952 г. он насчитывал 1800 человек. За тот же период в Сакле был построен еще один реактор типа EL-2 на металлическом уране тепловой мощностью две тысячи киловатт. В системе охлаждения был впервые применен углекислый газ под давлением — способ, широко используемый в настоящее время во всех промышленных реакторах Великобритании и Франции. В этом же научном центре, в Сакле, были установлены ускорители Ван де Граафа и циклотрон.

Реактор EL-2 представлял собой очень точную исследовательскую установку, так как он позволял не только получать искусственные радиоактивные элементы в гораздо большем количестве, чем реактор ZOE, но и освоить очень важную область прикладной ядерной науки: изучать свойства реакторных материалов под действием высоких температур и радиоактивных излучений. Но эти исследования можно было с успехом проводить только в реакторах, более мощных, чем реактор EL-2. В связи с этим в 1954 г. в Сакле строится новый реактор EL-3 тепловой мощностью 15 тысяч киловатт на тяжелой воде и слабо обогатенном металлическом уране, полученном из Англии. Его строительство закончилось в 1957 г. Выделяемое тепло как в реакторе EL-2, так и в реакторе EL-3 в производстве не использовалось.

Франция не подчинилась правилам секретности, принятыми англосакскими странами, и опубликовала описание своих ядерных реакторов и результаты научных исследований. Опубликование этих материалов преследовало и другую цель: заставить англосакские страны опубликовать некоторые результаты своих исследований.

Осуществлению французской программы ядерных исследований в значительной мере способствовало успешное за-

вершение разведки урановых руд в метрополии, в результате которой на всем протяжении линии, начинающейся в Бретани, проходящей затем через Вандею, Лимузен, Форез и поднимающейся к Эльзасу, были найдены месторождения урановых руд.

Первый завод по переработке руд, содержащих несколько сотых процента урана, был построен в Буше, где в 1952 г. из своего сырья получили первые десятки тонн окиси и металлического урана высокой чистоты. Одновременно с этим успешно осваивается производство ядерно чистого графита*.

В период с 1946 по 1952 г. была подготовлена большая группа ученых и инженеров, на которую смог опираться Комиссариат по атомной энергии при решении сложных и важных проблем.

Большую поддержку Комиссариату по атомной энергии в расширении промышленной базы атомного производства оказал государственный секретарь Феликс Гайяр, который начиная с 1949 г. поддерживал интересы Комиссариата по атомной энергии в предоставлении ему крупных кредитов. Летом 1951 г. в связи со смертью Рауля Дотри Гайяр назначил на пост руководителя Комиссариата одного из лучших организаторов промышленности Пьера Гийома. Последний осуществлял общее руководство Комиссариатом вплоть до 1958 г. В 1960 г. его назначили министром, ответственным за деятельность Комиссариата.

Феликс Гайяр, сознавая, что ни одна крупная держава не может оставаться в стороне от атомной революции, предложил разработать пятилетний план ядерных исследований. Ассигнования в сумме 40 миллиардов старых франков для реализации этого плана были утверждены парламентом в 1952 г.

Опыт предшествовавших работ и успехи в области разведки радиоактивных руд, позволившие довести годовое производство металлического урана в 1957 г. до 300 тонн, определили конкретные пути решения проблем пятилетнего плана: получение естественного урана и производство плутония. Проблема разделения изотопов программой не предусматривалась из-за ограниченности средств. Было решено построить в Маркуле, около Авиньона два крупных реактора тепловой мощностью 50 и 100 тысяч киловатт с замедлителем из графита, производство которого к тому времени уже было налажено.

* Графит с исключительно малым содержанием примесей, способных поглощать нейтроны, получают на заводах синтетического производства графита, но и это требует тщательного выбора исходных материалов (отходов нефтяной промышленности и смолы), высоких температур обжига и, наконец, строгого режима всех фаз производства. Стоимость продукции — около пяти новых франков за один килограмм.

Оба реактора предназначались для производства плутония. Для извлечения последнего надо было построить завод по переработке облученного горючего, который завершил бы весь производственный комплекс. Таким образом, задача нового атомного центра определялась довольно ясно и четко: производство плутония для нужд строящихся реакторов, предназначенных для атомных электростанций и атомных двигателей. Через десять лет была построена первая атомная электростанция во Франции, а за два года до этого Франция изготовила атомную бомбу.

Пятилетний план 1952 г. не предусматривал использования плутония в военных целях. Решение о военном использовании атомной энергии было принято несколько позднее, но и тогда было ясно, что этот вопрос существовал и, вне всякого сомнения, был главным для руководителей, ответственных за осуществление этого плана, а также тех, кто вдохновлял их. Вскоре первоначальный план был несколько изменен: решено было создать серию экспериментальных реакторов типа G (графитовые) для производства электроэнергии с использованием выделяемого тепла.

Предполагалось, что реактор G-1 будет с воздушным охлаждением (под атмосферным давлением), а реактор G-2, как и реактор EL-2, будет работать при более высоких температурах с охлаждением углекислым газом под давлением.

В конце 1953 г. было принято решение о подключении к реакторам G-1 и G-2 теплоцентрали.

Вызывает сожаление тот факт, что Франция, крупная европейская держава, не поддерживающая политику секрета в области атомной энергии и владеющая мощными экспериментальными реакторами, не смогла в период 1948—1954 гг. занять ведущего положения в европейском сообществе и играть ту роль, которую ей уступала Великобритания, будучи связанной обязательствами с Соединенными Штатами Америки. Комиссариат по атомной энергии долгое время оставался в изоляции даже после отстранения Жолио-Кюри. Потенциальные европейские партнеры боялись потерять возможность в будущем сотрудничать с англосакскими странами, если будут поддерживать такие связи с нашей страной. Поэтому Франция не смогла вступить в 1950 г. в единственный союз по атомному сотрудничеству, который был создан после войны между Норвегией и Голландией.

Норвегия занималась производством тяжелой воды. Голландия обладала десятитонным запасом окиси урана, купленным перед войной. Силами этого союза по типу реактора ZOE был построен экспериментальный реактор, введенный в действие летом 1951 г. в атомном центре Кьеллер, в Норвегии. Великобритания оказала первую техническую помощь

европейскому союзу по переработке руды в чистый металлический уран из запасов, которые были у Голландии.

Большие усилия в этой области предприняла Швеция, закончив к 1954 г. строительство в подземной лаборатории в Стокгольме атомного реактора также по типу ЗОЕ. Для получения урана были использованы сланцы с малым содержанием урана, встречающиеся в Швеции. Получение металлического урана из этих сланцев производилось на французских заводах, так как собственное промышленное производство металлического урана в Швеции еще не было налажено.

В течение этого периода Комиссариат по атомной энергии заключил три договора. В 1949 г. было заключено торговое соглашение с Португалией о продаже Франции урановых руд из Мозамбика; до начала национального производства во Францию было доставлено несколько тонн ценнейшего сырья.

Второе соглашение было подписано в 1951 г. с Комиссией по атомной энергии Индии о создании реакторов на медленных нейтронах, в которых в качестве замедлителя применяется окись бериллия*. Наконец, в 1953 г. было достигнуто соглашение с Комиссией по атомной энергии Израиля об обмене технической информацией, касающейся производства тяжелой воды и процессов обработки руд с низким содержанием металла.

Таким образом, вплоть до 1954 г. контакты по вопросам использования атомной энергии между странами оставались строго ограниченными в связи с ориентацией этих стран на политику секрета. Тем не менее 1953 г. ознаменовался одним крупным событием в области международного научного сотрудничества. По инициативе европейских ученых-атомников, особенно Пьера Оже, 12 европейских государств подписали соглашение о создании первой международной научной организации — европейского центра ядерных исследований (ЦЕРН). Почти половину расходов взяли на себя (на равных условиях) Англия и Франция. Эта организация занималась проблемами фундаментальной физики атома, и ее основной задачей было создание в Женеве гигантского ускорителя частиц. Ни одна из стран, членов этой организации, не смогла бы самостоятельно осуществить это строительство так успешно и быстро из-за ограниченности финансовых и особенно людских ресурсов. В 1959 г. в Женеве было завершено строитель-

* Французская промышленность наладила производство ядерно чистой окиси бериллия, дорогого жаропрочного материала, который в виде брусков может служить замедлителем; эффективность его действия — средняя между тяжелой водой и графитом.

ство гигантского протонного синхротрона (синхрофазотрона) на 29 миллиардов электронвольт, по мощности превосходящего все установки, существовавшие в тот период. Впрочем, самый мощный советский ускоритель частиц на 10 миллиардов электронвольт был построен в 1957 г. в Советском Союзе, в Дубне, под Москвой; управление этим ускорителем было передано Объединенному институту ядерных исследований, который объединил ученых Советского Союза и его союзных стран.

Г Л А В А V

ГОДЫ АТОМНОЙ ГОРЯЧКИ (1954—1958)

Переплетение проблем военного и мирного использования атомной энергии особенно четко проявилось после взрыва первой советской водородной бомбы. Действительно, этот знаменательный факт обрел международную политическую значимость, вызвав поворот в развитии промышленного производства атомной энергии.

Руководящие круги США и Англии очень быстро поняли это, оказавшись лицом к лицу с Советским Союзом, готовым с одинаковым успехом идти как по пути промышленного, так и военного производства ядерной энергии, а также способным предложить другим странам помощь в атомных исследованиях мирного характера. Последний фактор мог еще выше поднять авторитет Советского Союза в глазах народов других стран. Законодательство США и Англии практически связывало подобное широкое развитие работ в области атомной энергии.

Престиж, основанный на успехах использования атомной энергии в мирных целях, становится важным фактором международной политики в последующие годы, для которых характерно умаление роли ученых — подлинных специалистов — и возвышение роли политических деятелей и лиц, ответственных за промышленное развитие заинтересованных государств. Последние хорошо представляли себе, какое воздействие на общественность может оказать все то, что связано с мирным производством атомной энергии, и иногда злоупотребляли этим. Примером могут служить так называемые годы горячки (1954—1958), когда форсировались программы мирного использования атомной энергии, превышая технические и экономические возможности. Политические деятели были инициаторами создания (безусловно, преждевременного) двух международных организаций: Международного агентства по атомной энергии и Европейского сообщества по атомной энергии (Евратом).

Одновременно с этим снижалась роль ученых и возрастала роль инженеров в исследовательских работах, которые все больше приобретают прикладной характер. Золотой век атомных исследований (и часть его очарования) уже миновал. Большие научные группы, решавшие многочисленные технические задачи промышленного использования процесса деления урана, теперь были нацелены на решение одной из крупнейших проблем будущего — отыскание новых источников неиссякаемой ядерной энергии.

Для трех великих атомных держав осуществление программ в этот период не ограничивается областью мирного использования атомной энергии. На производство атомного оружия расходуются огромные средства, о чем можно судить по проведению серии ядерных взрывов. Добытый в Канаде, Южной Африке, Австралии и Конго уран служит сырьем для американских и английских заводов по производству ядерной взрывчатки.

В 1955 г. изготовление ядерного двигателя для подводной лодки было отмечено в США как большое достижение. К концу 1958 г. американскому флоту были переданы пять атомных подводных лодок, около 30 военных надводных и подводных судов с атомными двигателями находились в производстве. Развитие торгового флота с такими же двигателями имело второстепенное значение: в 1958 г. в мире строились только два невоенных атомных судна — ледокол в Советском Союзе и грузовое судно в США*.

Наконец, в период с 1954 по 1958 г. переговоры об атомном разоружении не сдвинулись с места, хотя движение народов мира против производства атомного оружия и проведения его испытаний все усиливалось.

Конец политики атомного секрета

На Бермудской конференции в декабре 1953 г. Эйзенхауэр и Черчилль подписали официальное соглашение об отказе их правительств от политики атомного секрета. Только за год до этого события Великобритания изготовила свою первую атомную бомбу.

В начале 1954 г. состоялась Берлинская конференция министров иностранных дел, на которой президент Соединенных Штатов Эйзенхауэр заявил о намерении американского правительства установить научные и технические контакты в

* Атомный ледокол «Ленин» в 1964 г. отправился в свой пятый рейс. За четыре предыдущих ледовых похода этот корабль прошел более 100 тысяч миль, из которых больше половины в тяжелых льдах арктических морей.— *Прим. ред.*

области мирного использования атомной энергии. Так был сделан первый шаг по пути ослабления напряженности в отношениях между западными странами и Советским Союзом, ставшим равноправной атомной державой.

Но в плане военного использования атомной энергии Соединенные Штаты Америки продолжали проводить политику изоляционизма. И только через несколько лет такое знаменательное событие, как рождение первого советского спутника в конце 1957 г., поколебало политику изоляционизма США, которые до этого продолжали отказывать своим союзникам в научной и технической информации.

8 декабря 1953 г. по возвращении с Бермудской конференции Эйзенхауэр обратился в Генеральную Ассамблею ООН с предложением создать в целях ядерного разоружения специальный орган — Международное агентство по атомной энергии.

Все великие державы, производящие естественный уран и делящиеся материалы, согласно этому плану должны были передать международному агентству запасы этих материалов. Одной из главных задач организации должно было стать правильное распределение этих материалов на благо человечества, при соответствующем контроле гарантирующее использование ядерных материалов только для мирных целей.

Правительство США решительно вступило на путь новой политики международного атомного содружества под контролем международного органа, отказавшись от проводимой им в течение восьми лет политики секрета, несостоятельность которой была полностью доказана Советским Союзом, создавшим свою водородную бомбу.

В течение всего 1954 г. велись дипломатические переговоры между американским правительством и правительством Советского Союза о создании международной комиссии по контролю над атомной энергией. Правительство США предложило первый проект статута комиссии. Советское правительство твердо придерживалось курса политики, принятой в 1946 г., настаивая на обязательном условии — официальном отказе правительств, которые подпишут этот документ, от применения водородной бомбы, а также других видов оружия массового уничтожения.

В ноябре 1954 г. Генеральная Ассамблея ООН рекомендовала продолжить переговоры с целью создания международной комиссии и приняла решение о созыве международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Организация этой конференции была возложена на генерального секретаря ООН Дага Хаммаршельда, возглавившего организационный Комитет из представителей семи стран (США, СССР, Великобритания, Франция, Канада, Индия и

Бразилия). В комитет вошли по одному ученому-атомнику от каждого из перечисленных государств.

Этот Комитет, ставший впоследствии Консультативным комитетом по научным вопросам при ООН, начиная с 1955 г. собирался регулярно два раза в год и сыграл немаловажную роль в укреплении научных связей между Западом и Востоком.

Конференция, собравшая ученых всего мира, была, без сомнения, самым крупным и значительным событием того времени. Она состоялась в Женеве в августе 1955 г. под председательством главы Атомной комиссии Индии Хоми Баба. В своей речи на торжественном открытии конференции Хоми Баба обратил внимание на ту роль, которую в скором времени будет играть электроэнергия ядерного происхождения как для стран с развитой промышленностью, так и для стран, только вступающих на путь промышленного развития. В будущем, говорил он, окажется возможным использовать в мирных целях и термоядерную реакцию.

Трудно переоценить успех конференции, которая смягчила отношения между странами мира в развитии атомных проблем. К 15 мая 1954 г. решено было представить тезисы всех научных докладов и сообщений. За четыре дня до этого в Секретариат ООН в Нью-Йорке поступило свыше 100 важных докладов из Советского Союза. Затем последовали доклады из Соединенных Штатов, которые до этого дня нигде не публиковались. 73 страны были представлены 1500 делегатами; многие ученые Запада и Востока впервые встретились на этой конференции. В ее адрес поступило свыше 1000 приветственных посланий, из которых больше половины было опубликовано или оглашено с трибуны конференции. Многие сведения, касающиеся физики и технологии реакторов, обработки урановых руд, производства плутония, перестали быть тайной.

Конференция приняла решение провести через три года вторую конференцию, чтобы обменяться достигнутыми успехами в производстве электроэнергии на ядерно-энергетических установках. Представленные научно-технические сообщения и их обсуждение показали возможность различных конструктивных решений будущих атомных электростанций и их основных элементов: горючего, замедлителя и теплоносителя.

Атомная электростанция принципиально подобна тепловой электростанции: атомное горючее исключительно высокой концентрации играет ту же роль, что и уголь или мазут для тепловой электростанции. Основная часть ядерной энергии высвобождается в виде тепловой энергии, которую следует преобразовать в электрическую.

Комбинация различных технических факторов определяет разнообразие опытных установок, ни одна из которых не могла

в 1955 г., как впрочем и позднее, считаться основой наилучшего решения проблемы.

В ходе конференции впервые четко определились два направления: с одной стороны, Англия и Франция выступали за строительство электростанций на природном уране, с другой — Советский Союз и США предусматривали создание электростанций на обогащенном уране.

Использованием обогащенного урана достигается сокращение активной зоны реактора вследствие высокой концентрации делящегося вещества в ядерном горючем, значительно превышающей его концентрацию в природном уране. Одновременно становится возможным применение в строительстве классических материалов, как, например, нержавеющей стали для облицовки каналов, обычной воды в качестве замедлителя и теплоносителя. Но, конечно, у обогащенного урана более широкие перспективы использования в балансе нейтронов, чем у природного урана. Зато если уран-238, из которого образуется плутоний, взять в меньшем количестве в обогащенном уране, то реакторы на нем при равных мощностях дадут меньше плутония, чем реакторы на природном уране, и настолько меньше, насколько выше в нем содержание урана-235. Это обстоятельство технического характера имеет и важное политическое значение: реакторы на природном уране заключают в себе потенциальные военные возможности для их широкого использования в производстве плутония, что сыграло также решающую роль в развитии технологии ядерного производства.

Курс на атомные электростанции

Как часто случается в истории техники, развитие работ по получению атомной энергии в военных целях привело к мирному строительству. Если первые атомные реакторы создавались с единственной целью получения плутония при возможно низких температурах, чтобы упростить технологию отвода тепла, которое являлось ненужным полупродуктом, то первые крупные атомные электростанции имели двухцелевое назначение: производство плутония, с одной стороны, и электроэнергии — с другой. Это свидетельствовало о связи военных планов с планами мирного применения атомной энергии, причем последние в значительной мере использовали достижения военного производства.

В начале 1955 г. английское правительство заявило о принятии широкой программы электрификации страны на основе ядерной энергии, получаемой в реакторах на природном уране, созданных по типу военных реакторов для получения плутония.

План использования ядерной энергии предусматривал ввод в действие к 1965 г. мощностей на два миллиона киловатт электроэнергии; при этом предполагалось, что уже в 1962 или 1963 г. стоимость электроэнергии атомных станций сравняется со стоимостью электроэнергии тепловых электростанций. Это был первый шаг по осуществлению намеченных программ мероприятий, о масштабах которых можно судить по такому факту: в 1975 г. около половины всей производимой в Великобритании энергии должна составить атомная энергия. Эффект, вызванный грандиозностью замыслов, был значительным и еще более возрос в связи с успехами Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии.

Выход из тупика политики секрета в области атомных исследований, проводившейся в течение восьми послевоенных лет, заставил забыть на время не только трудности политического характера, но и технические и экономические, а также поверить, что в европейских странах электроэнергия атомных станций будет конкурировать с электроэнергией обычных электростанций уже в текущем десятилетии. В начале 1957 г. Великобритания объявила о расширении своей программы использования атомной энергии, т. е. в 1965 г. она предусматривала получить для промышленных целей 6 миллионов киловатт электроэнергии. Такое увеличение программы было связано с суэцким кризисом и с успешным введением в строй первой большой атомной электростанции.

В 1957 г. в тот момент, когда атомная энергия привлекла к себе внимание и стала объектом совместных усилий шести европейских стран, атомная горячка охватила Европу. Незадолго до ратификации договора об учреждении Европейского сообщества по атомной энергии (Евратома) представители трех государств * подготовили доклад, суммирующий данные всего объема производства атомной энергии, намеченного на ближайшие годы шестью странами — членами сообщества.

В этом удивительно оптимистическом докладе, озаглавленном «Цели Евратома», предлагалось построить в 1967 г. ядерные электростанции мощностью 15 миллионов киловатт электроэнергии, что составит примерно 25% всего производства электроэнергии этих стран к тому времени. Эти станции, по мнению авторов договора, позволят сократить ввоз обычного топлива и уменьшат зависимость от ввоза нефти из стран Среднего Востока. Доклад вызвал всеобщий энтузиазм, хотя специалисты сомневались в столь оптимистических выводах.

В Соединенных Штатах Америки промышленное производство в этот период шло по пути качественных усовершенствований.

* Имеются в виду США, Великобритания и Франция.— *Прим. ред.*

ваний. Комиссия по атомной энергии определила курс промышленного строительства атомных электростанций на обогащенном уране. Для США с богатыми запасами обычного топлива не представляло трудностей обеспечить электроэнергией дальние районы страны, а также обеспечить экспорт оборудования, не боясь конкуренции высокоразвитой английской промышленности. В связи с этим планы европейского объединения обретали большую реальность, так как успешное осуществление программы Евратома, направляемой заинтересованными кругами США, сделало бы это объединение экспериментальной базой для американской промышленности.

Первая атомная электростанция в США мощностью 60 тысяч киловатт на обогащенном уране с охлаждением водой под давлением была построена в Шиппингпорте в штате Пенсильвания в конце 1957 г.

Французская программа атомного строительства, устоявшаяся перед европейской атомной горячкой, разумно учитывала свои возможности и предусматривала закончить к 1965 г. строительство атомных станций электрической мощностью 850 тысяч киловатт, что должно было составить 5% всей электроэнергии, которая будет произведена в стране к тому времени. Это было началом строительства целой серии атомных электростанций по типу британских.

В 1958 г. одно из объединений итальянской электрической корпорации объявило конкурс на поставку оборудования для реактора мощностью 150 тысяч киловатт. Под строительство отвели участок на берегу Средиземного моря, между Римом и Неаполем, где электростанция на обычном топливе дала бы электроэнергию относительно дорогой (пять сантимов за один киловатт-час). На конкурс, проводившийся под контролем Международного банка по реконструкции и развитию, было представлено девять проектов: пять американских, три английских и один французский. Был принят американский проект атомной электростанции на обогащенном уране с охлаждением кипящей водой. Расчетная стоимость энергии только на 10% превышала стоимость электроэнергии тепловой электростанции, выстроенной в этом районе.

Вторая женеvская конференция по мирному использованию атомной энергии состоялась летом 1958 г. Председателем ее был Франсис Перрэн, Верховный комиссар по атомной энергии Франции. Эта конференция прошла с меньшим успехом, чем первая, однако по числу участников и количеству научной и технической документации она была поистине грандиозной. Советский Союз и США решили опубликовать свои работы об управляемых термоядерных реакциях, т. е. о попытках осуществить в лабораторных условиях реакцию синтеза ядер легких атомов.

СССР сообщил также о программе строительства атомных электростанций общей мощностью два миллиона киловатт электроэнергии и о пуске в 1958 г. в Сибири атомной электростанции на природном уране мощностью 100 тысяч киловатт*.

В общем облака политики секрета несколько рассеялись, но не совсем. В 1958 г. обозначились первые неудачи Англии и США: объем экспортируемой продукции атомного производства уменьшился. Намечалось изменение конъюнктуры. Нужно было пересмотреть планы на 1959 г. и сократить строительство атомных электростанций, начатое излишне ускоренными темпами. Но об этом не приходится сожалеть, так как за эти годы техника сделала большие успехи, которые не нуждались в точной оценке конъюнктуры.

Успехи и неудачи английской атомной программы

После успешного взрыва первой английской атомной бомбы в Монтебелло в 1952 г., пуска первой очереди Кейпенхерстского завода по разделению изотопов урана и удачной работы центра по производству плутония в Уиндсейле английское консервативное правительство, возглавляемое Уинстоном Черчиллем, принимает в 1953 г. решение изъять все атомные вопросы из компетенции Министерства вооружения и боеприпасов и создать новое ведомство, подчиняющееся непосредственно правительству — ведомство, которое походило бы на огромное промышленное предприятие. В результате в 1954 г. было создано Управление по атомной энергии Великобритании. Это была поистине общенациональная организация, которую возглавлял председатель — правительственный чиновник. Первое время Управление по атомной энергии подчинялось лорду — председателю тайного совета, с 1957 г. — непосредственно премьер-министру, а в 1959 г. было подчинено вновь назначенному министру по делам науки. Первым председателем Управления по атомной энергии был Эдвин Плоуден — один из экономистов, разрабатывавших план Маршалла. Под его руководством Управление значительно выросло (к 1958 г. в Управлении работало 30 тысяч человек, а в 1960 г. — уже около 40 тысяч). В 1960 г. Плоудена сменил Роджер Мейкинс — бывший посол Великобритании в Соединенных Штатах Америки.

Значительную долю ответственности за проведение британской атомной политики в военных вопросах несет министр

* В 1958 г. было сообщено о пуске первого реактора на Сибирской станции мощностью 100 000 киловатт; в настоящее время ее мощность превысила 600 000 киловатт. Весной 1964 г. пущен блок Белоярской атомной электростанции им. И. А. Курчатова мощностью 100 000 киловатт. Вступает в строй первый блок Нововоронежской атомной электростанции мощностью 210 000 киловатт. — *Прим. ред.*

национальной обороны. Однако научно-исследовательская работа и военное производство подчинены главным образом министру авиации. Практически и исследовательская работа и военное производство осуществляются по его приказам Управлением по атомной энергии, которое в некоторых случаях и само оказывается инициатором проведения отдельных научно-исследовательских работ. Эти работы осуществляются в олдермастонском центре, подчиненном Управлению по атомной энергии. Ему же поручено производство и испытание атомного оружия.

Успешно развиваются два основных, независимых друг от друга центра исследовательских работ, подчиненных Управлению атомной энергии: исследовательский центр в Харуэлле, где построено значительное количество экспериментальных реакторов, в частности реакторы DIDO и PLUTO для исследования делящихся материалов, и исследовательский центр в Рисли, где находится штаб-квартира промышленных исследований, отвечающая за планирование, проектирование, строительство и работу крупных промышленных центров.

Еще в 1953 г. в Колдер-Холле, недалеко от Уиндскейла, было намечено построить комплекс атомных реакторов с графитом в качестве замедлителя на природном уране, заключенном в оболочки из магния. Охлаждать эти реакторы предполагалось углекислым газом. Предусматривалось использовать выделяющуюся тепловую энергию — превращать ее в электрическую. Эти двухцелевые реакторы мощностью 35 тысяч киловатт каждый должны были служить прототипами реакторов для осуществления программы мирного использования атомной энергии, предусматривающей строительство до 1965 г. примерно 12 атомных электростанций.

В октябре 1956 г. королева Великобритании Елизавета присутствовала на торжественном открытии первого реактора в Колдер-Холле, одной из крупнейших в мире ядерных установок, производящих электрическую энергию. Через несколько месяцев последовало решение утроить программу производства атомной энергии. Это решение было принято после взрыва на острове Рождества в Тихом океане в 1957 г. первой английской водородной бомбы, что сделало Великобританию третьим полноправным членом международного атомного клуба.

Но вскоре возникли первые осложнения. 10 октября 1957 г. в Уиндскейле в одном из реакторов произошел выброс радиоактивных веществ, вызванный перегревом графита. К счастью, эвакуации населения близлежащих районов удалось избежать, но в течение нескольких недель в зоне площадью около 500 квадратных километров было запрещено пользоваться молоком местных коров. Все это сильно взволновало общественность.

1958 год был для Англии неудачным годом: Англия потерпела поражение при заключении торговой сделки на строительство крупной атомной электростанции в Италии. В начале того же года Джон Кокрофт официально заявил об осуществлении учеными-физиками Харуэлла в лабораторных условиях управляемой реакции синтеза атомов тяжелого водорода в сложной электромагнитной установке, названной «Зета». Это было волнующим событием: будет ли «свергнут с трона» уран до того, как он получит широкое промышленное применение? Не выброшены ли напрасно миллиарды средств для строительства установок на уране, предназначенных для мирного производства? Но через несколько месяцев Управление по атомной энергии вынуждено было признать, что опыт был неверно истолкован и заявление о термоядерной реакции оказалось ошибочным. Среди широкой общественности этот факт породил неуверенность и сомнение в реальности научных предсказаний в этой незнакомой области науки.

Форсирование и милитаризация французской программы

В послевоенные годы французское атомное производство значительно выросло и усилилось. Такое форсирование атомной промышленности было связано в значительной степени с решением французских правящих кругов о милитаризации программы.

Успешное выполнение пятилетнего плана, принятого в 1952 г., обеспечило бы военную промышленность Франции необходимыми запасами плутония. Некоторые государственные деятели, ответственные за национальную оборону и одобрявшие усиление программы, хотели создать под своим руководством независимо от Комиссариата по атомной энергии специальный орган для реализации планов военного использования атомной энергии, вопреки правительственному решению от 1945 г. о предоставлении Комиссариату права монополии в вопросах использования атомной энергии. Пьер Гийом еще в 1953 г. указывал французскому правительству на важность принятия ряда решений, касающихся военного использования атомной энергии, обращая при этом внимание на необходимость оставления права решающего голоса за Комиссариатом по атомной энергии. Он указывал также на некоторые трудности, вытекающие из договора Европейского оборонительного сообщества*, по условиям которого, возможно, пришлось бы передать в распоряжение международного органа даже руководство научно-исследовательским центром в Маркуле.

* Автор, по-видимому, имеет в виду НАТО.— *Прим. ред.*

В начале 1954 г. Рене Плевен, министр национальной обороны Франции, поставил перед правительством вопрос о необходимости изучить весь комплекс проблем, касающихся производства ядерного оружия во Франции. 23 октября 1954 г. в Париже было подписано несколько соглашений. Одно из них касалось создания в Западной Европе союза, куда должны были войти шесть европейских государств и Англия. На основании этого соглашения предусматривалось установить контроль за производством, запасами атомного оружия, а также за получением делящихся материалов, необходимых для изготовления атомного оружия. Одна из задач этого соглашения, оставшаяся и на сегодняшний день неосуществленной, касалась контроля за деятельностью ФРГ в области производства и использования атомной энергии; Великобритания вошла в Союз, не взяв на себя обязательств подчиниться контролю.

26 декабря 1954 г. Председатель совета министров Франции Менделес-Франс, понимая, насколько различно политическое положение держав, владеющих атомным оружием, и держав, лишенных этого оружия, внес на рассмотрение своего правительства предложение об изготовлении атомной бомбы и атомной подводной лодки. Однако падение кабинета министров помешало принять этот проект. Он не был принят и следующим правительством во главе с Эдгаром Фором. Одной из причин отклонения этого проекта была неясность в вопросе о возможности изготовления европейской атомной бомбы. Однако Гастон Палевски, министр, ответственный за использование атомной энергии, утвердил ассигнование в 100 миллиардов франков, т. е. вдвое увеличил сумму капиталовложений в пятилетний план Комиссариата по атомной энергии, а также принял решение о проектировании атомной подводной лодки и развертывании работ по использованию атомной энергии в военных целях.

В 1956 г. правительство Ги Молле решило продолжать и расширять научные исследования в военных целях. В июне Совет Республики принял подавляющим большинством голосов законопроект о создании внутри Комиссариата по атомной энергии военного отделения. Двумя неделями позже правительство Ги Молле официально заявило о проведении научных изысканий в военных целях, но вместе с тем приняло решение до 1961 г. не проводить испытаний французских атомных бомб.

В 1957 г. Жорж Гийе, Государственный секретарь, ответственный за использование атомной энергии в правительстве Ги Молле в момент ратификации договора о создании Евратома, добился принятия правительством второго пятилетнего плана по использованию атомной энергии и выделения ассигнований в 500 миллиардов старых франков. В эту сумму

включались ассигнования на строительство завода по разделению изотопов. Наконец, в 1958 г. в обстановке безуспешных международных переговоров о ядерном разоружении глава правительства Феликс Гайяр принял решение, поддержанное и одобренное генералом де Голлем, об изготовлении и испытании в 1960 г. атомной бомбы на плутонии, созданной в результате успешного выполнения пятилетнего плана, который был определен для Комиссариата по атомной энергии самим де Голлем еще шесть лет назад.

Основным условием реализации второго плана было успешное завершение строительства промышленного комплекса в Маркуле — основной задачи Комиссариата в этом пятилетии. Реактор G-1 тепловой мощностью 40 тысяч киловатт начал действовать в 1956 г., реактор G-2 мощностью 200 тысяч киловатт — в 1958 г. и еще через год — такой же реактор G-3, строительство которого было намечено еще в 1955 г., чтобы довести производство плутония до уровня, достаточного для мирного и главным образом военного использования.

Большой завод по выделению плутония из облученных урановых стержней вступил в строй в 1958 г. Ежедневное производство плутония составляло около 330 граммов. При строительстве этого завода был выбран новый принцип, заключающийся в полном дистанционном управлении и почти исключаящий случаи повреждений или аварий. Комиссариат по атомной энергии первым представил на Женевскую конференцию в 1955 г. описание метода отделения плутония, рассекретив его таким образом. Этот метод, применяемый также в Великобритании, был разработан нами еще в Канаде в конце войны. Он заключается в следующем.

Извлеченные из реактора облученные урановые стержни растворяют в азотной кислоте и полученный раствор затем подвергают ряду последовательных экстракций органическими растворителями, в результате которых происходит отделение урана от плутония и очистка их от продуктов деления. Уран при достаточном содержании в нем урана-235 может быть снова превращен в металл и возвращен в реактор. Наряду с ураном и плутонием получают также концентрированный раствор радиоактивных продуктов деления, который сливают в подземные баки с двойными защитными стенками. Между ними протекает вода, которая отводит тепло, выделяющееся при распаде радиоактивных веществ. В случае необходимости последние можно использовать в производстве.

Плутоний создает слабое проникающее излучение. Но все же из-за его высокой токсичности работа с ним требует применения специального герметичного оборудования, так называемых перчаточных боксов, в которых оператор работает в защитных перчатках и следит за ходом работы через окно

из плексигласа. Делящееся вещество здесь подвергают окончательному концентрированию, после чего его превращают в металл высокой чистоты, если он предназначен для военного производства, или в соответствующий сплав или окисел, если плутоний предполагают использовать далее в реакторе.

Условия производства плутония, определенные основными положениями первого пятилетнего плана, заставили Комиссариат по атомной энергии с 1952 г. приступить к изучению проблемы разделения изотопов урана.

В начале 1955 г. были начаты переговоры с Англией о строительстве во Франции газодиффузионного завода. Управление по атомной энергии Англии было заинтересовано в приобретении для своей промышленности такого важного рынка сбыта, но, связанное условиями англо-американских соглашений, исключающих предоставление этими странами помощи другому государству в области, причастной к военному производству, вынуждено было отказаться от французского предложения.

Расширяя базу промышленного производства, Комиссариат по атомной энергии одновременно занимался вопросами разведки и добычи урана, а также проблемами фундаментальных научных исследований. Научный центр в Сакле достиг своего расцвета после ввода в действие в 1957 г. нового реактора с высоким потоком нейтронов EL-3 и большого ускорителя протонов на 3 миллиарда электронвольт в 1959 г. С целью рассредоточения научно-исследовательских лабораторий в 1955 г. было решено создать в Гренобле (департамент Шер) научный центр по ядерным исследованиям, связанный с научным центром Сакле, а также с многочисленными университетскими лабораториями и промышленными предприятиями.

В осуществлении этих планов значительную роль сыграла французская частная промышленность. На ее предприятиях было занято столько же рабочих, сколько и на предприятиях Комиссариата по атомной энергии; часто из нескольких предприятий создавались крупные производственные объединения для решения некоторых важных задач.

Политика контролируемой помощи

Выступая на сессии Организации Объединенных Наций в конце 1953 г., президент США Эйзенхауэр заявил о необходимости внесения изменений в американский закон Мак-Магона по использованию атомной энергии, чтобы сделать возможным международное сотрудничество в этой области. В начале следующего года Эйзенхауэр передал послание Конгрессу, требуя

изменения закона Мак-Магона, чтобы определить характер и условия обмена между дружественными странами по вопросам мирного использования атомной энергии.

30 августа 1954 г. после соглашения с Министерством обороны и смешанным комитетом Комиссии по атомной энергии президентом США были внесены поправки в закон Мак-Магона, предусматривающие предоставление другим странам ядерных материалов и научных данных, касающихся мирного использования атомной энергии. Страны, получающие помощь, брали на себя обязательство не использовать ядерные материалы в военных целях и принимали условия контроля по выполнению этого обязательства. Однако это совершенно не требовало от страны, получающей помощь, отказа от любых работ военного значения при условии, если для них будут использованы оборудование и ядерные материалы не американского происхождения.

У США были большие преимущества в оказании такой помощи в связи с большими запасами урана-235, необходимого для строительства экспериментальных реакторов, более дешевых, чем строительство реакторов на природном уране.

Политический курс, направленный на промышленное использование атомной энергии, на предоставление менее развитым странам помощи в поставках ядерных материалов, нашел поддержку широкой общественности, которая, пытаясь предать забвению «атомные грехи» 1945 г., обольщала себя преждевременными надеждами.

Предусматривались три формы предоставления помощи другим странам: двухсторонние договоры, создание региональных центров, объединяющих несколько слабо развитых стран, и, наконец, содействие созданию Международного агентства по атомной энергии. С 1955 г. программа помощи стала осуществляться. Но преимущества, связанные с правом владения атомной энергией, заставили США отказаться от политики создания объединенных центров в пользу двухсторонних договоров.

С июля 1955 г. и до конца 1958 г. США заключили двухсторонние договоры о мирном использовании атомной энергии более чем с сорока государствами. Большая часть этих договоров касалась предоставления нескольких килограммов урана-235 для строительства экспериментальных реакторов. В большинстве случаев страны, обращающиеся за помощью, выбирали проекты американских реакторов, строительство которых требовало финансовых затрат от 500 тысяч до одного миллиона долларов, и пользовались при этом субсидией в 350 тысяч долларов, предоставляемых американским правительством каждой стране, совершавшей торговую сделку. Эти реакторы в основном бассейнового типа. Их активная зона, со-

стоящая из обогащенного урана, погружается в бассейн, заполненный водой, которая служит одновременно и замедлителем и теплоносителем, а также защитой персонала от радиации.

Мощность этих реакторов, предназначенных для научных исследований, невелика, и в военных целях их нельзя использовать. В связи с этим контроль взаимных обязательств выражался в ежегодной проверке наличия ядерного горючего — обогащенного урана — с содержанием не менее 20% урана-235.

В развитые промышленные страны США вывозили уран-235 для реакторов промышленного назначения и научных исследований. В 1956 г., например, Франция подписала соглашение о покупке 40 килограммов урана, затем договор был изменен на предоставление ей 2500 килограммов. Одновременно с поставкой урана сообщались технические данные, а лаборатории Комиссии по атомной энергии США принимали молодых инженеров для прохождения практики из стран, получающих помощь от США. Объектом контроля оставались ядерные материалы, которые страны-потребители должны были использовать только внутри страны и в интересах страны.

США пытались перенести политику контроля и на другие ядерные материалы, в частности на естественный уран. Была сделана попытка добиться от поставщиков естественного урана обязательства не продавать другим странам уран без установления контроля за его использованием. Страны, производящие уран и заинтересованные в продлении торговых контрактов с США и Англией, вынуждены были согласиться с американскими требованиями.

В 1957 г. Канада стала искать покупателей для своего урана, помимо США, которые обязались закупать до 1962 г. большую часть продукции.

Франция успешно осуществляла расширенную программу атомного производства. Ей представилась возможность выбора: или открыть новое горнорудное отделение в Форезе и построить там химический завод, что требовало бы больших капиталовложений, или заключить контракт с Канадой на покупку тысячи тонн урана с правом производства повторных закупок. Начало переговоров было удовлетворительным. Положение договора о мирном использовании урана и связанное с ним положение о контроле были приняты Францией, так как речь шла о закупке урана в качестве ядерного топлива для атомных электростанций. Однако канадские экспортеры установили цену, соответствовавшую средней цене, которую платили американцы. Торговые представители Франции заявили, что они не могут принять это условие, так как предоставление Америке тех же материалов не связано с ограничениями по их

использованию. Переговоры ни к чему не привели, к большому огорчению Канады, которая не могла продавать уран по более низкой цене или смягчить условия контроля, так как была связана соответствующими обязательствами с американской Комиссией по атомной энергии. Назначение двойных цен на ядерные материалы в зависимости от права свободного использования этих материалов или ограничения возможностей использования рамками мирного промышленного производства было логическим следствием политики контроля.

Начиная с 1955 г. США стали вывозить на мировой рынок и тяжелую воду по цене 60 тысяч долларов за тонну, требуя, чтобы покупатели использовали ее только в мирных целях. В то же время норвежская промышленность, производя ежегодно 25 тонн тяжелой воды, продавала ее на любых условиях и без ограничений Великобритании, которая использовала ее для производства водородных бомб, а также Франции, которой это было необходимо для строительства атомной подводной лодки. Цены на эти ядерные материалы в 1955—1960 гг. были в 2,5 раза выше американских. И это не мешало Комиссии по атомной энергии Норвегии покупать для собственного реактора свою же тяжелую воду в Соединенных Штатах по более низкой цене.

США прибегали к политике двойных цен и при покупке плутония, полученного в реакторах других стран, работающих на американском атомном горючем. По условиям двухстороннего договора этот плутоний мог использоваться только в целях мирного производства. Цены на него были в три раза ниже, чем на плутоний, предназначенный для военного производства и покупаемый у частных фирм, получающих плутоний в реакторах атомных электростанций*.

Международное агентство по атомной энергии

Предложение Президента США Эйзенхауэра на сессии ООН в декабре 1953 г. о создании международной организации по атомной энергии являлось попыткой осуществить в международном масштабе политику контролируемой помощи.

Накануне Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии в 1955 г. Советский Союз заявил, что он готов войти в комиссию, чтобы принять участие в разработке устава международной организации. И вот в феврале 1956 г. в Вашингтоне собрались представители 12 стран, до-

* Установление двойных цен подчиняло контролю США все производство и потребление плутония. США покупали плутоний у производящих его стран по высокой цене, а продавали по низкой, тем самым США ставили под контроль развитие атомной энергетики в этих странах.— *Прим. ред.*

стигших наибольших успехов в области атомной энергии, а также крупных поставщиков урана. На этом совещании был разработан проект устава, окончательно утвержденный представителями 81 страны на расширенной конференции, которая состоялась в Нью-Йорке в помещении Организации Объединенных Наций в октябре 1956 г.

Основные разногласия были по двум вопросам: принципы и формы контроля и состав административного совета новой организации — Совета управляющих.

Решение о количественном составе Совета было принято на совещании представителей 23 государств* — стран с высокоразвитым производством атомной энергии; стран, добывающих уран, и стран, только вступивших на путь этого развития. Впервые в уставе международной организации для определения представительства был принят географический принцип. Весь мир был поделен на восемь частей**, каждая из которых могла назначить двух представителей с обязательным условием, чтобы один представитель был посланцем страны с высокоразвитым производством атомной энергии. Слаборазвитые страны, намерения которых исключительно миролюбивы при любой международной обстановке, выражали опасения, что покровительство Агентства и его контроль приведут к новой форме колониализма: производство по использованию атомной энергии в мирных целях будет подчинено контролю крупных держав, владеющих атомным оружием, которые не будут нуждаться в помощи Агентства и сами окажутся вне такого контроля.

Делегация Индии на конференции в Нью-Йорке указывала на несостоятельность некоторых положений политики контролируемой помощи. С одной стороны, маловероятно, чтобы страны, способные своими силами изготовить атомную бомбу, отказались бы от помощи, которую предоставляют ей при условии мирного использования атомной энергии. С другой стороны, эти страны всегда смогут держать в руках все нити, связывающие национальное производство, лишенное контроля, начиная от рудника и кончая атомной бомбой, и получать помощь для некоторых предприятий мирного атомного производства. Таким образом, помощь становится измененной формой косвенной помощи по использованию ядерных материалов для военных целей. Поэтому индийская делегация предложила, чтобы Международное агентство по атомной энергии предоставляло помощь только тем странам, которые

* Это число в 1961 г. возросло до 25 за счет новых африканских государств.

** Восемь географических районов: Северная Америка, Латинская Америка, Западная Европа, Восточная Европа, Африка и Средний Восток, Южная Азия, Юго-Восточная Азия и Тихий океан, Дальний Восток.

берут на себя обязательство не производить атомного оружия.

Это предложение было отклонено, так как без проведения ядерного разоружения в международном масштабе оно могло привести к дискриминации прав и, кроме того, потребовало бы установления контроля на все производство страны, связанное с использованием ядерных материалов.

Французская делегация внесла предложение освободить от контроля производство по добыче естественного урана ввиду его широкой распространенности на земном шаре и в связи с наметившимся перепроизводством урана. В своем выступлении, касаясь вопроса разумного применения политики контроля, я высказал мысль, что Агентству следовало бы избрать своим девизом «один раз клиент — постоянный клиент, а не один раз контроль — постоянный контроль».

Действительно, в соответствии с уставом контроль за производством плутония и урана-233, полученных в атомных реакторах из урана и тория, мог быть распространен на все продукты, получаемые из этих материалов, хотя международная помощь касалась только эксплуатации реактора, в котором облучались исходные материалы. Такой сложный контроль будет затруднять оказание помощи странам и препятствовать установлению разумных принципов контроля. Это точка зрения французской делегации, противоречащая тезисам англосакских партнеров, встретила поддержку стран, вступивших на путь атомного развития, и стран Востока во главе с Индией, за исключением Советского Союза, который с самого начала работы конференции разделил точку зрения США и Англии, т. е. стран, владеющих делящимися материалами и являющихся сторонниками строгого контроля*. К единому мнению по определению характера контроля прийти не удалось, поэтому работу конференции пришлось продлить, пока не было внесено францужско-швейцарское компромиссное решение, позволившее единогласно принять статью устава, вызвавшую столько разногласий.

В октябре 1957 г. в Вене Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) приступило к работе. Задачи этой организации были далеки от задач, выдвинутых Лилиенталем

* Позиция Франции по вопросам контроля излагается автором неверно. Он пытается изобразить ее защитницей слаборазвитых стран. В действительности Франция при обсуждении этого вопроса занимала пассивную позицию, стремясь обеспечить себе возможность бесконтрольного производства делящихся материалов для использования их в военных целях.

Позиция Советского Союза в вопросе о контроле заключалась в том, чтобы предупредить военное использование атомной энергии и вместе с тем не сдерживать прогресса в области мирного использования атомной энергии, а также не нарушать суверенитета стран.— *Прим. ред.*

еще в 1947 г.: научный обмен, обмен ядерными материалами и техническим оборудованием исключались, а контролю и инспектированию теоретически отводилась решающая роль.

Международное агентство по атомной энергии по замыслу американских создателей призвано было служить интересам стран, экспортирующих ядерные материалы и промышленное оборудование, стремящихся оградить свою торговлю положением устава, запрещающего покупать эти материалы для военного производства.

Совершенно ясно, что страны, вступающие в Международное агентство по атомной энергии, не брали на себя никаких обязательств по посредничеству в экспорте или импорте ядерных материалов.

В 1957 г. во время дебатов о вступлении Франции в Международное агентство Совет Республики заявил, что Франция никогда не обратится за помощью в эту организацию без согласования данного вопроса с парламентом, чтобы национальное производство ядерной энергии не оказалось бы подчиненным международному контролю, чем могли бы воспользоваться недружественные страны. Это положение было принято правительством, которое было уполномочено ратифицировать Устав МАГАТЭ.

Евратом

Конец политики атомного секрета привел к установлению в Европе широкого сотрудничества между странами в различных областях науки и техники. Научные руководители восьми крупных комиссий по атомной энергии стран Западной Европы основали в 1954 г. Европейское сообщество по атомной энергии — своего рода клуб без устава и финансовой базы*.

С 1955 г. в политических кругах Европы велись переговоры о создании европейского атомного объединения — Евратома, куда должны были войти шесть европейских стран, и одновременно о создании большого Европейского сообщества по ядерной энергии, куда должны были войти 17 стран, членов Европейского экономического сообщества**. Евратом был создан

* Эта нигде не оформленная организация существовала несколько лет. Члены ее собирались более или менее регулярно по несколько раз в год с целью взаимной информации о состоянии работ по атомной проблеме.— *Прим. ред.*

** Европейское сообщество по атомной энергии (Евратом) было создано шестью европейскими странами — Бельгией, Францией, ФРГ, Италией, Люксембургом и Нидерландами. Задачей этого сообщества, как изложено в договоре о Евратоме, является «содействие поднятию жизненного уровня в странах-участницах путем предпосылок для быстрого создания и развития атомной промышленности, а также содействие развитию отношений с другими странами».

на конференции Министров иностранных дел шести стран Европы, участниц объединения сталь — уголь, в Мессине в июне 1955 г.

Межправительственная конференция, на которой до конца 1955 г. Англия присутствовала в качестве наблюдателя, состоялась в Брюсселе под председательством бельгийского министра Поля-Анри Спаака. Основное внимание конференции было сосредоточено на организации общего рынка сбыта и обсуждении вопросов по использованию ядерной энергии. Интерес к атомной энергии был настолько велик, что каждая международная организация желала быть причастной к этой проблеме. Представители шести стран, участники конференции, были заинтересованы в завершении переговоров и принятии соглашения не только о создании общего рынка, но и об объединении усилий шести заинтересованных стран в области развития атомной промышленности.

Развитие ядерных исследований и курс политики в отношении атомных проблем в каждой из этих шести стран, несомненно, имели свои особенности. Федеративная Республика Германии получила право проводить научно-исследовательские работы в области атомной энергии в плане мирного использования только 5 мая 1955 г. после вступления в силу Парижских соглашений, требовавших отказа ФРГ от военного использования атомной энергии. В Италии атомное производство только зарождалось, она предполагала закупить реакторы в США; Нидерланды, долгое время состоявшие в атомном содружестве с Норвегией, до сих пор не имели еще четкой программы национального атомного производства.

Бельгия, связанная торговыми договорами на поставки урана с англосакскими странами, могла воспользоваться только незначительной долей продукции своего производства и надеялась, учитывая свои заслуги перед этими странами в прошлом, получить от США некоторые привилегии.

В создании Евратома были заинтересованы США, так как американские фирмы рассчитывали через эту организацию влиять на развитие атомной энергетики в Европе и подчинить это развитие интересам американских монополий.

Большое Европейское сообщество по ядерной энергии, или иначе Европейское агентство по ядерной энергии, учреждено в декабре 1957 г. по решению Европейского экономического сообщества. Цель организации — содействие более быстрому использованию ядерной энергии в мирных целях на территории Европы. Канада и Соединенные Штаты Америки входят в состав агентства с правом совещательного голоса.

Европейское агентство по ядерной энергии совместными усилиями организовало три крупных предприятия. Это завод по переработке тепло выделяющих элементов в Моле (Бельгия), строительство которого заканчивается, атомный реактор в Хелдене (Норвегия) и атомный реактор в новом английском научно-исследовательском центре в Уинфризе. — *Прим. ред.*

Франция, более развитая страна, чем ее будущие партнеры, оказалась в какой-то степени изолированной и представляла единственную страну, которая хотела обеспечить свою независимость, опираясь на национальную программу ядерного производства, осуществляемую централизованным органом, обеспечивавшим полное сотрудничество с частной промышленностью.

По мнению специалистов, объединение столь различных партнеров было трудным делом, но авторитетные политические круги всеми силами старались создать это европейское общество. В начале 1956 г. Жан Моннэ и председатель совета министров Ги Молле, сторонники создания европейского сообщества, предложили создать подобную предложенной ранее Барухом надгосударственную организацию исключительно мирного характера и передать в ее распоряжение все запасы ядерного горючего стран-участниц сообщества, а также возложить на нее всю ответственность за производство ядерной энергии в этих шести странах.

Двойственность положений договора об Евратоме, предусматривающих, с одной стороны, исключительно мирные цели атомного производства, с другой — утверждающих право собственности на ядерное горючее, могла бы привести к одностороннему отказу членов общества, кроме Западной Германии, от использования атомной энергии для военного производства.

Такая формулировка, выгодная заокеанским партнерам, так как она отвечала интересам политики ограниченного числа членов атомного клуба, оказалась принципиально неприемлемой для многих стран, и особенно для Франции, где в этот период проводились завершающие ядерные исследования, которые открыли бы ей доступ в область военного производства.

Несмотря на возражения противников договора, французское правительство приняло программу военного производства и передало ее на рассмотрение Национальному собранию в июле 1956 г., где развернулась широкая дискуссия по вопросу ориентации на Евратом. Ги Молле заявил, что Франция не намерена производить взрыва атомной бомбы раньше января 1961 г. Он указал также, что никакие меры Евратома не смогут ограничить военное производство атомной промышленности. Таким образом, были отклонены положения договора, которые могли бы привести к отказу от использования атомной энергии в военном производстве, а следовательно, и положения об объединении производства ядерной энергии в связи с тем, что предполагаемая надгосударственная организация исключала участие частной промышленности стран, где производство электроэнергии не было национализировано, как это было в ФРГ и Бельгии.

В начале 1956 г. межправительственная конференция шести стран под председательством Спаака выработала положения по организации общего рынка и использованию ядерной энергии, которые должны были определить основу будущих договоров.

Конференция министров иностранных дел шести стран, состоявшаяся в Вене в мае 1956 г., окончательно определила цели Евратома:

- 1) способствовать развитию научных исследований и обмену научной информацией;
- 2) создавать совместные промышленные предприятия;
- 3) обеспечивать промышленность стран Евратома урановой рудой и ядерным горючим;
- 4) установить действенный контроль за использованием ядерных материалов;
- 5) установить свободный обмен ядерными материалами и оборудованием для атомной промышленности;
- 6) поощрять свободный обмен специалистами.

Эти положения легли в основу договора о Евратоме, который был подписан на конференции в Риме в марте 1957 г. одновременно с договором о создании общего рынка и вступил в силу 1 января 1958 г.

Договор предусматривал в основном проведение научных исследований, для чего каждая из шести стран обязалась внести в общий бюджет 215 миллионов долларов с рассрочкой на пять лет; при этом малым странам предоставлялись кредиты, соответствовавшие их национальным ассигнованиям на ядерные исследования. Бюджет, доля Франции в котором составила 30%, предназначался для создания объединенного центра научных исследований и субсидирования работ, результаты которых будут общей собственностью членов Евратома.

Главные органы Евратома — совет, комиссия и служба снабжения. В совет входят шесть министров, ответственных за использование атомной энергии в странах общества. Он несет ответственность за политический курс Евратома, программу его деятельности и бюджет, который он может пересматривать по предложению комиссии. В состав комиссии входят пять представителей от различных стран, назначаемых сроком на четыре года с общего согласия правительств стран общества. Комиссия ответственна за исполнение положений договора в соответствии с решениями совета. Служба снабжения должна обеспечивать страны общества в равной степени и урановой рудой и делящимися ядерными материалами, не уточняя, для чего они предназначены, так как Евратом считает себя мирной организацией. Служба снабжения имеет право выбирать ядерные материалы и ей предоставлено право

монополии на заключение договоров по импорту и экспорту ядерных материалов.

С самого начала вступления в силу договора Евратома Луи Арман, избранный председателем комиссии первого состава на 1958 г., пытался приступить к осуществлению основной части программы. По мнению комиссии, строительство по меньшей мере шести атомных электростанций мощностью около 150 тысяч киловатт каждая невозможно осуществить без эффективной помощи США. В 1958 г. начались переговоры между Евратомом и Комиссией по атомной энергии США, которые привели к подписанию договора, содействовавшему успешному проникновению американской промышленности в Евратом и отнюдь не в целях поощрения европейского предприятия. Договор был подкреплен соответствующим финансовым соглашением и программой исследований, также финансируемой Евратомом с общей суммой 100 миллионов долларов. Евратому было предоставлено право осуществлять функции контроля в области мирного использования урана-235.

Вопреки тому, что происходило в Евратоме, политические круги европейской шестерки и заокеанских стран меньше всего склонялись к ведению переговоров по атомным проблемам, которые развернулись в тот же период между 17 членами Европейского экономического сообщества (в числе которых были Великобритания и шесть стран Европы). Переговоры привели к созданию в феврале 1958 г. Европейского агентства по атомной энергии с ограниченными функциями (мирное использование атомной энергии). Задача его больше технического, чем политического характера сводилась к строительству трех совместных атомных предприятий, в котором приняли участие 12 стран, в том числе Франция.

Второе предприятие — строительство в Бельгии объединенного химического завода «Еврокемик» по обработке облученного атомного горючего стоимостью 30 тысяч долларов. Строительство его осуществлено на средства крупных европейских химических предприятий и под руководством одной из французских фирм. Англия не принимала участия в строительстве этого завода, но приняла, как и Франция, участие в строительстве третьего (наименее важного) совместного предприятия — экспериментального кипящего реактора на тяжелой воде в Норвегии. Таким образом, годы атомной горячки привели к строительству ряда международных предприятий, в том числе объединенных предприятий Европейского агентства по атомной энергии и Евратома, внесших заметный вклад в дело сотрудничества, принявшего сегодня размах мирового сотрудничества в области современной техники.

Г Л А В А VI

ГОДЫ ПЕРЕСМОТРА ПРОГРАММ АТОМНОГО ПРОИЗВОДСТВА (1958—1962)

Достижения великих держав

Мировая атомная конъюнктура к концу 1958 г. начала меняться. Успешно завершается строительство первых мощных атомных электростанций, начатое еще в годы атомной горячки, но в ожидании технических и экономических результатов первенцев атомного производства первоначальные программы строительства в этой области пересматриваются в сторону сокращения. Перепроизводство урана, потеря доверия к атомной промышленности среди широких общественных кругов, в которых росла тревога перед угрозой радиации, дополняют картину этих лет. Тем не менее великие державы во главе с США продолжают наращивать темпы и совершенствовать технологию производства атомной энергии.

Ежегодные капиталовложения США в атомную промышленность составляли около двух с половиной миллиардов долларов, причем четыре пятых этой суммы шло непосредственно на военное производство. И одной из задач военного производства было строительство атомных реакторов для флота, особенно подводного. В начале 1962 г. первое американское торговое судно «Саванна» водоизмещением 20 тысяч тонн с атомным двигателем мощностью 22 тысячи лошадиных сил вышло в море на ходовые испытания*. Попытка создать авиационный двигатель, работающий на атомной энергии, оказалась безуспешной. На поиски этого решения в течение 10 лет было израсходовано около миллиарда долларов, но из-за сложности проблемы и больших финансовых расходов эти работы были прекращены, что явилось одним из первых решений президента Кеннеди, отдавшего предпочтение производству

* См. примечание на стр. 79.

атомных подводных лодок наиболее современных моделей. Важное значение приобрела программа проектирования и строительства атомных реакторов как для ракет военного назначения, так и для межпланетных кораблей.

Начало действовать несколько реакторов мощностью около 1,5 тысяч киловатт, предназначенных для снабжения электроэнергией отдаленных военных баз на Аляске, в Гренландии, Антарктике и радарной линии противовоздушной обороны на севере Канады. Габариты основного оборудования этих реакторов рассчитывались с учетом их транспортировки к объекту строительства на самолетах.

Строительство реакторов в США производится: Комиссией по атомной энергии США, Комиссией по атомной энергии США в сотрудничестве с частными промышленными объединениями и электрическими компаниями и, наконец, частными фирмами без прямого участия правительственных органов.

Политика, проводимая Комиссией по атомной энергии, поощряет свободную конкуренцию, предоставляя в распоряжение частных промышленных фирм результаты достижений отдельных частных обществ, субсидировавшихся правительством.

В конце 1962 г. в США насчитывалось девять действующих или строящихся электростанций, работавших на обогащенном уране, каждая мощностью более 50 тысяч киловатт. Их общая мощность составила менее 0,5% общего производства электроэнергии в стране в 1963 г. В реакторах этих электростанций в качестве замедлителя и теплоносителя используется обычная вода под давлением или кипящая вода. Две электростанции, сданные в эксплуатацию в 1960 г., к концу 1962 г. доказали свою надежность: они безукоризненно проработали в течение полутора лет. Это атомная электростанция с кипящим реактором электрической мощностью 180 тысяч киловатт в Дрездене (штат Иллинойс) и атомная электростанция в Роуве (штат Массачусетс) с реактором электрической мощностью 140 тысяч киловатт.

Крупные центры Англии по производству делящихся материалов работают на полную мощность. Кейпенхерстский завод производит высокообогащенный уран-235, а в Камберленде, Колдер-Холле и Чапел-Кроссе работают восемь реакторов, производящих электроэнергию и главным образом плутоний. Эти реакторы на природном уране с графитовыми замедлителями, охлаждаемые сжатым углекислым газом, вырабатывают ежегодно 400 килограммов плутония. Общая мощность их достигает 300 тысяч киловатт.

Бесперебойная работа этих реакторов явилась основой для развития гражданской программы, получившей начало в

1962 г., когда были пущены две из девяти атомных электростанций, строящихся в Великобритании: в Брадуэлле (графство Эссекс) и Беркли (графство Глостершир). Обе электростанции имеют два реактора мощностью по 150 тысяч киловатт. Мощность каждого реактора всех последующих станций будет неуклонно возрастать и достигнет 500 тысяч киловатт на девятой станции (в 1962 г. было решено, что она будет построена в Уилфа и сдана в эксплуатацию в 1968 г.).

И сверх этой программы строительства электростанций в Англии ведется строительство еще трех важных объектов. В Даунри (Шотландия) строится крупный реактор-размножитель. Два экспериментальных реактора * будут иметь графитовые замедлители и теплоноситель в виде сжатого газа. Один из них — в Уиндскейле — будет работать в режиме средних температур, а другой — реактор DRAGON, строящийся по программе Евратома, — в режиме более высоких температур.

Соединенное Королевство первым задумалось над географическим расположением атомных электростанций. Английские атомные электростанции разбросаны по всей стране. Они строятся примерно в 300 километрах от месторождений угля и поблизости от районов, где особенно остро ощущается потребность в электроэнергии. Прежде чем окончательно выбрать место для строительства электростанции, необходимо предусмотреть снабжение ее водой для охлаждения, учитывать характер грунтов, которые должны быть прочными, чтобы выдержать тяжесть реактора и его оболочки, и, наконец, отдаленность станций от больших населенных центров.

В Канаде программа атомных работ специализировалась на проектировании реакторов на природном уране с тяжелой водой в качестве замедлителя. Цель этих изысканий — найти новые экономические возможности применения урана. Используя преимущество тяжелой воды по сравнению с графитом, при равных количествах урана теоретически можно получить большее количество энергии. Решение этого вопроса позволяет исключить переработку облученных стержней, что упрощает удаление радиоактивных отходов. Канадские ученые убеждены, что практическое решение исследуемой проблемы приведет в будущем к большим преимуществам экономического характера. Позиция этих ученых расходится с позицией американских ученых — сторонников использования обогащенного урана.

* Их энергетическую мощность можно увеличить, повысив температуру выходящих газов, что потребует применения прочного корпуса реактора, а также обогащенного урана.

Ведущим центром научных работ в Канаде остается Чолк-Ривер, где в 1958 г. вступил в строй второй крупный атомный реактор на тяжелой воде, тепловая мощность которого в пять раз превышает мощность первого реактора, построенного в 1948 г. Канадцы отказались от переработки облученных урановых стержней с целью выделения плутония и продают их США.

В районе Больших Озер начато строительство атомной электростанции на тяжелой воде мощностью 200 тысяч киловатт, которую предполагалось ввести в строй в 1964 г.

Выдающейся победой Советского Союза после Второй международной женеvской конференции по мирному использованию атомной энергии был ввод в строй в 1959 г. первого атомного надводного корабля — ледокола «Ленин» с тремя атомными двигателями мощностью 22 тысячи лошадиных сил каждый.

В начале осени 1961 г. ледокол «Ленин» прошел за один месяц 10 тысяч километров, большую часть этого пути по полярному паковому льду, по которому еще ни одно судно в мире не осмелилось пробить себе путь.

Развитие арктической навигации имеет важное значение для индустриализации Сибири, что, без сомнения, потребует строительства и других атомных ледоколов.

Мирная программа создания атомных электростанций Советского Союза предусматривает дальнейшее совершенствование реакторов, работающих на обогащенном уране, с учетом опыта, полученного на уже действующих электростанциях. В 1964 г. намечается пуск атомной электростанции под Воронежем с реактором электрической мощностью 210 тысяч киловатт. В этом же году на Урале должна вступить в строй первая очередь атомной электростанции мощностью 100 тысяч киловатт с графитовым реактором.

С 1959 по 1961 г. Советский Союз заключил несколько договоров ограниченного значения с США, Францией и Великобританией. Во время встречи глав правительств Советского Союза и Соединенных Штатов Америки в 1959 г. Н. С. Хрущев и Д. Эйзенхауэр достигли соглашения об установлении между обеими странами научных контактов в области атомной энергии. В ноябре 1959 г. делегация советских специалистов посетила основные научные центры Америки*. Было удивительно видеть советских физиков в Лос-Аламосе — храме первых работ по созданию атомной бомбы.

* Соглашение о научно-техническом сотрудничестве было продлено в мае 1963 г. во время визита в СССР председателя Комиссии по атомной энергии США Г. Сиборга. В конце того же года с ответным визитом США посетила группа советских ученых во главе с председателем Комитета по использованию атомной энергии СССР А. М. Петросьянцем.— *Прим. ред.*

В апреле 1960 г., во время визита главы советского правительства во Францию, было подписано франко-советское соглашение об обмене научными делегациями, а также об обмене стажерами в области фундаментальных исследований.

Усиление холодной войны, последовавшее за провалом конференции на высшем уровне в Париже в мае 1960 г., внесло новые трудности в развитие научных и технических контактов, которые на современном этапе обрели большую политическую значимость.

С установлением во Франции Пятой Республики определилась и новая ориентация страны в области атомного производства. Правительство приняло ряд решений, наметивших главное направление этого развития (усиление военного производства), утвердив в связи с этим необходимые ассигнования не только для быстрейшего форсирования производства первой атомной бомбы, но и для реализации программы, предусматривающей разработку и в дальнейшем производство более совершенного атомного оружия.

13 февраля 1960 года в районе Реггана (на юго-западе Сахары) был произведен взрыв первой французской атомной бомбы. Ее взрывная мощность равнялась 60—70 килотоннам, т. е. в три раза превысила мощность первых атомных бомб (также плутониевых), сделанных в США и Англии.

Задача создания первой атомной бомбы была полностью поручена Комиссариату по атомной энергии, в составе которого был создан отдел по использованию атомной энергии в военных целях. На него возлагалась обязанность создать специальные исследовательские центры. В лабораториях этих научных центров должны были решаться сложнейшие проблемы металлургии, получения плутония высокой чистоты, сложные вопросы теоретической физики, проблемы экспериментальной ядерной физики, обогащающей теорию данными практических исследований и, наконец, все проблемы и расчеты по баллистике стрельбы атомными снарядами с предельной точностью.

Помимо этого, был открыт испытательный полигон в Сахаре, оснащенный дорогостоящим совершенным оборудованием для проведения испытаний и подчиненный ведомству национальной обороны и межармейскому командованию по использованию оружия специального назначения.

С февраля 1960 г. по апрель 1961 г. в Сахаре, в районе Реггана, были произведены взрывы еще четырех атомных бомб различной мощности. Для обеспечения безопасности были предусмотрены меры, обеспечивающие получение дозы радиации, значительно ниже допустимой и не представляющей угрозы для прилегающих малонаселенных районов. Протесты государств, расположенных по африканскому побе-

режью были, вызваны соображениями чисто политического характера и не были научно обоснованы*.

Спустя полгода после первого ядерного взрыва в районе Реггана французское правительство разработало законопроект, предусматривающий увеличение масштабов военного производства. Около 12 миллиардов новых франков было выделено для модернизации вооружения армии и особенно на создание ударных атомных частей, 5 миллиардов новых франков ассигновалось на разработку и производство снарядов специального назначения, на строительство завода по разделению изотопов.

Противники этого законопроекта — те, кто выступал за объединение усилий по обороне Европы, указывали, что такие крупные затраты слишком тяжелы для страны и в то же время незначительны с военной точки зрения. Принятие этого закона в декабре 1960 г. означало, что Франция вступила на путь производства атомного оружия. Намеченная программа отражала те же этапы, по которому шло развитие атомного производства в США и Англии. Конечной целью этой программы было создание атомных и водородных бомб.

Деятельность столь могущественной организации — Комиссариата по атомной энергии — не могла избежать известных нападков. Руководителей Комиссариата упрекали в том, что они не сразу приступили к военной программе, не сразу избрали объектом своих действий уран-235 и не начали строительства реакторов для производства плутония, действующих в режиме более низких температур и, следовательно, менее сложной конструкции, чем двухцелевые реакторы в Маркуле.

Эти критики забыли, что в 1952 г. Комиссариат по атомной энергии не имел ни теоретических расчетов, ни финансовых средств для строительства даже небольшого завода по разделению изотопов. Строительство такого завода потребовало бы капиталовложений, в несколько раз превышающих ассигнования первого пятилетнего плана. Для функционирования этого завода потребовались бы сотни тонн урана в год, а на территории Франции еще не были открыты запасы урановых руд. Руководители Комиссариата по атомной энергии начиная с 1952 г. успешно претворяли в жизнь программу использования атомной энергии, и поэтому стал возможным переход к производству атомного вооружения, к сожалению, обусловленный тем, что проблема всеобщего разоружения не была ре-

* Утверждения автора неточны и вызваны желанием защитить позицию французского правительства. Безусловно, ядерные взрывы приводят к заражению атмосферы продуктами радиоактивного распада. Вот почему мировая общественность с удовлетворением встретила заключение Московского договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой.— *Прим. ред.*

шена. Возможность одновременного использования атомной энергии для военного производства и в мирных целях составляет главное преимущество строящихся во Франции реакторов.

Начиная с 1958 г. усиливается размах исследовательских работ в научном центре Фонтене-о-Роз, расположенном в районе старого форта Шатийон, хотя незадолго до этого предполагалось перенести все работы в Сакле. Здесь рядом с еще действующим реактором ЗОЕ возникают две крупные лаборатории и в 1959 г. начинают действовать два новых реактора. Годом ранее был пущен экспериментальный реактор в атомном центре в Гренобле, в то время как экспериментальные реакторы малой мощности были переданы научному центру в Сакле.

Наконец, в 1958 г. было принято решение о создании четвертого крупного центра ядерных исследований в департаменте Буш-дю-Рон, в лесистом местечке при слиянии рек Дюранс и Вердон. Здесь предполагалось построить опытные реакторы для ядерных исследований.

В эти же годы развернулось строительство атомных электростанций в Авуане, около Шинона. В 1962 г. уже начались пусковые испытания первой атомной электростанции и быстро подвигаются работы по строительству второй. Уже подготовлен котлован (из предварительно напряженного бетона) для третьей электростанции. Потребности этих электростанций, а также атомных электростанций в Маркуле в уране полностью покрывались продукцией национального производства.

Под руководством Комиссариата по атомной энергии были начаты горнорудные разработки в Вандее, Лимузене и Форезе. В этих районах на средства частных компаний было построено четыре завода по химическому обогащению руды.

Переработку урановых концентратов в окись и уран высокой чистоты производят на заводе в Мальвези, построенном в 1959 г., и на заводе в Буше. На последнем перерабатываются богатые урановые и ториевые руды, доставляемые с Мадагаскара; одновременно с ураном добывается побочный продукт — окись тория (с годовым производством около 300 тонн, что превышает потребность всех стран мира в этом продукте). Ториевая руда используется в настоящее время для изготовления сетчатых колпачков для газовых горелок и жаропрочных сплавов, применяемых в строительстве сверхзвуковых самолетов. Во Франции создаются запасы тория для использования его в будущем для атомного производства.

В результате многолетних поисков в 1956 г. специальная геологическая экспедиция открыла месторождения богатых урановых руд на Мадагаскаре, в районе Мунана, на тер-

ритории Габона. Здесь в 1961 г. был построен французский завод по химической обработке руды для получения урановых концентратов.

Экспансия ядерных исследований

Отказ великих держав от политики атомного секрета вызвал интерес к ядерным исследованиям в других странах, где были также созданы комиссии по атомной энергии и начато строительство центров ядерных исследований, оснащенных одним-двумя атомными реакторами, чаще всего американского происхождения.

Цель этих ядерных исследований — подготовить специалистов по проектированию и эксплуатации атомных электростанций, оборудование для которых предполагалось ввозить из-за границы.

Большая часть таких центров была создана уже к 1960 г. Но не всегда приобретение экспериментального атомного реактора небольшими государствами со слабо развитой промышленностью оказывалось оправданным. Создание одного научного центра ядерных исследований и приобретение одного атомного реактора, так же как и содержание национальной авиации, служило больше для поднятия престижа стран в ущерб развитию науки в них.

Многие страны Дальнего и Среднего Востока (Индия, Япония, Австралия, Израиль), а также Латинской Америки (Аргентина, Бразилия), вступившие на путь использования атомной энергии, достигли немалых успехов.

Индия имеет самые богатые в мире запасы ториевых руд. Программой национального строительства предусмотрено получение атомной энергии при использовании тория в качестве ядерного горючего. Руководит научно-исследовательскими работами в стране известный ученый-физик Хоми Баба. В пригороде Бомбея основан крупный центр ядерных исследований. Здесь с 1960 г. действует экспериментальный атомный реактор на тяжелой воде тепловой мощностью 40 тысяч киловатт. Строительство этого реактора осуществлялось под руководством канадских специалистов на общие средства Индии и Канады. Вслед за этим предполагается строительство в Тарапуре на берегу Индийского океана, к северу от Бомбея, атомной электростанции с двумя реакторами на обогащенном уране каждый мощностью 190 тысяч киловатт.

В Японии также разработана широкая программа использования атомной энергии в экономике страны.

Осуществление различных проектов и программ должно поставить Японию в 1975 г. в один ряд с крупнейшими державами мира по производству атомной энергии. В Японии

создана комиссия, ответственная за реализацию национальной программы, бюджет которой составляет около 1% национального. В 1955 г. на территории Японии открыто первое месторождение урановых руд, которое позволит довести добычу урана до нескольких десятков тонн в год.

Два экспериментальных реактора установлены в научном центре Токай-Мура, где занято более 1000 рабочих. Здесь же установлен мощный экспериментальный реактор на тяжелой воде и природном уране. Широкая программа строительства, впоследствии сокращенная, предусматривала получение в 1966 г. одного миллиона киловатт электроэнергии и трех миллионов киловатт — к 1970 г.

В Японии создана компания по использованию атомной энергии, которая должна покупать за границей оборудование для атомных электростанций, руководить всеми работами по их монтажу и пуску и, наконец, заниматься продажей электроэнергии. Техническое оборудование для первой атомной электростанции, рассчитанной на мощность 150 тысяч киловатт, было куплено в Англии. Ее строительство закончится в 1965 г. Япония заинтересована также в оснащении торгового флота судами на ядерном топливе.

В 1960 г. Израиль купил у США экспериментальный реактор небольшой мощности для проведения научных работ. В настоящее время в Димоне строится крупный экспериментальный реактор по типу канадских на природном уране и тяжелой воде. Это вызвало беспокойство среди арабских стран. В связи с этим президент Израиля Бен Гурион заявил о мирном характере использования атомной энергии в стране.

В Австралии, которая могла бы стать в будущем потребителем ядерной энергии, и особенно ее районы, удаленные от источников электроэнергии, в настоящее время действует только один научный центр в Сиднее с экспериментальным реактором английского производства, работающим в режиме высоких температур. Австралия — крупнейший в мире поставщик урана — ежегодно производит 500 тонн металлического урана.

Из стран Латинской Америки только в Аргентине и Бразилии ведутся научно-исследовательские работы в области ядерной энергии. В этих странах открыты источники основного сырья: значительные запасы урановых руд в Аргентине и менее богатые — в Бразилии. Зато в Бразилии обнаружены монацитовые пески с большим содержанием тория. В местах разработок действуют небольшие предприятия по переработке руд и производству металлического урана. Подготовкой научных и технических кадров в этих странах занимаются научные центры, имеющие экспериментальные реакторы. Обе страны заинтересованы в приобретении энергетических атомных реак-

торов. Бразилия предусматривает закупку оборудования для первой атомной электростанции во Франции или Англии. Осуществление этого замысла будет важным шагом в возобновлении мировой торговли оборудованием для атомной промышленности, в которой Франция благодаря своему опыту намеревается играть значительную роль.

Из континентальных стран Западной Европы, не входящих в Евратом, значительных успехов в области использования ядерной энергии достигли скандинавские государства, особенно Швеция.

В Швеции созданы два атомных центра с экспериментальными реакторами. В настоящее время в районе Стокгольма ведется монтаж энергетического реактора тепловой мощностью 65 тысяч киловатт на природном уране и тяжелой воде. В 1964 г. этот реактор даст 10 тысяч киловатт электроэнергии и будет снабжать паром городскую отопительную сеть.

Из малых стран Европы Норвегия первой приняла широкую программу атомного производства. Главным вдохновителем этой программы являлся известный физик Гуннар Рандерс, сторонник заключения в 1950 г. голландско-норвежского договора, на основании которого в районе Кьеллер, около Осло, в 1951 г. был пущен экспериментальный реактор.

Норвегия имеет богатые водные ресурсы. Однако развитие атомной промышленности в стране объясняется главным образом тем, что она имеет промышленность по производству тяжелой воды, и к тому же судовладельцы заинтересованы в переводе своих судов на атомную энергию, так как в будущем они надеются получить мощный торговый флот мирового значения. На юге Норвегии в небольшом городе Халден действует «кипящий» реактор на тяжелой воде, обеспечивающий паром целлюлозно-бумажную фабрику.

В Дании на родине Нильса Бора создан только один научно-исследовательский центр, включающий целый комплекс лабораторий, оснащенных двумя экспериментальными реакторами — английского и американского производства.

Австрия, Финляндия и Португалия приступили к строительству научных центров с одним атомным реактором в каждом. Португалия еще до войны занималась получением урана и имеет хорошо налаженную урановую промышленность, но в настоящее время это производство приходит в упадок в связи с отсутствием покупателей.

На территории Испании также найдены запасы урановых руд. С 1960 г. здесь действует завод по их переработке для снабжения ураном будущих атомных электростанций страны, которые в период 1970—1975 гг. должны дать миллион киловатт электроэнергии. В Мадриде создан научный ядерный центр с одним экспериментальным реактором американского

производства мощностью 3 тысячи киловатт, где работают квалифицированные технические специалисты, прошедшие обучение в лабораториях крупных атомных держав.

Швейцария на пути атомного развития встретила с теми же трудностями, что и ФРГ: отсутствием сильной централизованной организации по руководству всеми ядерными исследованиями и стремлением частных предпринимателей взять в свои руки осуществление национальной программы по использованию атомной энергии. Объединение частных фирм основало около Цюриха научно-исследовательский ядерный центр и построило там мощный экспериментальный реактор. Впоследствии финансирование работ взяло на себя федеральное правительство, а управление было передано Политехнической школе в Цюрихе. Кроме того, разными промышленными объединениями было намечено строительство атомного реактора на тяжелой воде мощностью 20—30 тысяч киловатт, а также кипящего реактора такой же мощности. В 1960 г. правительственным решением предусматривалось финансирование только одной фирмы, и это повлекло за собою слияние усилий обеих групп, решивших сообща построить один экспериментальный реактор на тяжелой воде мощностью примерно 10 тысяч киловатт на французском ядерном горючем.

В ФРГ также не существует центрального руководящего органа по использованию атомной энергии. Ассигнования на научно-исследовательские работы в 1962 г. равнялись примерно пятой части вложений Франции в национальную программу по атомной энергии.

В настоящее время в ФРГ действуют два крупных атомных центра: в Карлсруе (земля Баден) и в городе Юлих (Северная Рейн-Вестфалия). Два крупных центра были созданы по инициативе государства, университета и промышленности, но они вынуждены были прибегнуть к помощи федерального министерства. В этих центрах установлены экспериментальные реакторы английского и американского производства. Частная промышленность разрабатывает несколько типов оригинальных экспериментальных и энергетических реакторов; основной прототип энергетического реактора строится в Юлихе. Частная промышленность в сотрудничестве с группой судовладельцев занимается также проблемами оснащения торгового флота судами на ядерном топливе.

Наконец, самая крупная электрическая компания решила в 1962 г. начать совместно с американскими промышленниками строительство большой атомной электростанции в Баварии с реактором на кипящей воде мощностью 250 тысяч киловатт. Строительство предполагается закончить к 1966 г.

Бельгия купила в США атомный реактор мощностью 15 тысяч киловатт, предназначенный вначале для снабжения элект-

троэнергией Брюссельской международной выставки 1958 г. Этот реактор был установлен в научно-исследовательском центре в Моле и начал действовать в 1962 г. Содержание его из-за относительно малой мощности обходится очень дорого и одни только эксплуатационные расходы превышают доходы, получаемые от вырабатываемой с его помощью электроэнергии. Бельгийская промышленность под влиянием стран, добывающих уран, создает несколько действенных объединений, установивших контакты с американской атомной промышленностью.

Политика проникновения американской промышленности в Европу, куда ей был открыт путь подписанием договора США — Евратом, привела к заключению ряда соглашений на передачу лицензий между крупными американскими компаниями по использованию атомной энергии и соответствующими организациями различных стран Западной Европы, в частности Франции. До 1963 г. все эти договоры имели ограниченное значение в связи с замедлением строительства в области мирного использования атомной энергии.

В Италии, Бельгии и Нидерландах основаны центры ядерных исследований, снабженные каждый одним-двумя современными экспериментальными реакторами, чаще всего купленными в Америке, но их эксплуатация требует значительной доли ассигнований, выделяемых для атомной промышленности этих стран. В бельгийском научно-исследовательском центре в Моле установлен реактор по испытанию ядерных материалов, один из самых мощных в Европе, имеющий большую ценность как экспериментальная установка, поэтому Комиссариат по атомной энергии Франции установил контакт с Бельгией по совместному использованию этой установки.

В итальянском центре, размещенном в Испре, еще велись строительные работы в 1960 г., когда итальянское правительство решило передать его Евратому и в то же время приступить к строительству другого национального центра.

Наконец, в Нидерландах, несмотря на многолетнее существование атомного союза с Норвегией, долгое время не было выработано подлинной программы атомного строительства. Центральный орган — Нидерландский реакторный центр — создан в 1955 г. на правах частного предприятия, в котором приняли участие государство, промышленность и частные компании. Строительство научно-исследовательского центра закончено в Петтене на берегу Северного моря; помимо этого, оригинальные исследования проводятся в Арнеме.

Еще рано подводить итоги деятельности Евратома, но уже становится очевидным, что неравномерность усилий партнеров создает значительные трудности в его работе.

Первые годы деятельности международной организации были связаны с размещением в Брюсселе сложного административного аппарата, насчитывавшего несколько сот сотрудников — технических специалистов и еще более многочисленной группы юристов.

Договор, разработанный и принятый в период общего подъема через несколько лет, если его условия будут строго выполняться, станет оковами, которые могут породить трудности для таких национальных организаций, как, например, Комиссариат по атомной энергии Франции. Эти трудности, которые не могли предвидеть инициаторы заключения договора, особенно проявились в области снабжения и контроля за использованием делящихся материалов и, несомненно, причиняют вред единству действий Евратома. В частности, служба снабжения оказалась не только бесполезной, но и приносящей вред. Такое же положение сложилось и в области контроля по использованию делящихся материалов; особенно это ощущала Франция, принявшая программу военного использования атомной энергии.

Комиссия Евратома, однако, пыталась добиться некоторой независимости и превысить полномочия, которые были предоставлены ей договором, в частности, она пыталась присвоить себе право ведения переговоров с другими странами и в этом встретила поддержку Соединенных Штатов Америки.

Комиссия иногда пыталась также играть роль седьмой державы, вместо того чтобы решать задачи по укреплению связей между членами сообщества.

Роль Евратома в строительстве энергетических реакторов вначале определялась договором между США и Евратомом. Позднее, несмотря на возражения Франции, Евратом стал изучать возможности использования американского оборудования для перевода флота на ядерные двигатели и предоставления крупных субсидий на покрытие расходов, связанных со строительством нескольких мощных электростанций, оборудование для которых было закуплено в США. Все эти мероприятия ни в коей мере не способствовали использованию технических возможностей европейских стран, особенно возможностей французской атомной промышленности. Это вынудило Францию в конце 1961 г. отказаться от продления мандата французского председателя Комиссии Этьена Гирша, несмотря на то что другие государства поддерживали его кандидатуру. На следующие четыре года Гирша сменил другой председатель, также француз, Пьер Шатене. На протяжении 1962 г. политические затруднения постепенно были устранены; в то время основная деятельность Евратома была направлена на разработку второго пятилетнего плана и первых мероприятий по его осуществлению.

Главной силой Евратома является его право распоряжаться большими средствами на научно-исследовательские работы. Бюджет первого пятилетнего плана (1958—1963 гг.) составлял 219 миллионов долларов. Эта цифра была зафиксирована в договоре о создании Евратома. Бюджет второго пятилетнего плана (1963—1968 гг.) практически был удвоен (425 миллионов долларов). Это значительная сумма по сравнению с национальными бюджетами Нидерландов, Бельгии и Италии. В связи с этим Евратом взял под свой контроль проведение научно-исследовательских работ в этих странах, которые рассматривают его как средство для преодоления трудностей, возникающих при определении кредитов из бюджета государства.

Постепенно Евратом взял под свое руководство научно-исследовательский центр в Испре, часть бельгийского производства в Моле, в частности эксплуатацию реактора по изучению ядерных материалов, часть научного центра в Петтене, в Нидерландах, осуществление проекта крупной научной лаборатории по изучению плутония в Карлсруе. Таким образом, вместо того чтобы заниматься строительством и созданием совместных промышленных предприятий, Евратом старается обеспечить себе руководство научно-исследовательскими центрами, которые уже существуют.

Франция предпочла заключить с Евратомом соглашения, которые позволили ей с помощью специалистов стран — членов Евратома — и дополнительных ассигнований добиться новых технических достижений. Такое сотрудничество успешно осуществляется в области исследований термоядерных реакций и реакторов на быстрых нейтронах с расширенным воздействием ядерного горючего, где Франция существенно опередила своих союзников.

Франции придется разделить с Великобританией свое господствующее положение в Евратоме после вступления последней в это объединение. Обе страны, чьи атомные программы имеют много общего, будут господствовать над Евратомом.

Переговоры относительно вступления Великобритании в Евратом продолжались на протяжении 1962 г. в двух направлениях. Технические специалисты обсуждали детали программ научно-исследовательских работ, в то время как дипломаты рассматривали трудности, возникающие в результате тесного переплетения мирных и военных исследований, а также связей Великобритании с Соединенными Штатами и поставщиками урана.

С политической точки зрения Великобритания как военно-ядерная держава имеет право потребовать смягчения отдельных положений Евратома. Тогда Великобритания и Франция

будут занимать одинаковое, несколько обособленное положение внутри Евратома.

Будущее Евратома зависит от возможного принятия в 1964 г. решения объединить три европейских организации (общий рынок, объединение угля и стали и Евратома) и от использования кредитов, которые были выделены в 1962 г. государствами — членами объединения — на осуществление второго пятилетнего плана научно-исследовательских работ.

Замедление программ промышленного строительства

Период оживления, ознаменовавшийся введением в строй атомных электростанций большой мощности и расширением ядерных исследований во многих странах, сменился начиная с 1959 г. периодом замедления темпов промышленной реализации программ. Это обуславливалось многими причинами и, в частности, изменением положения с классическим топливом на мировом рынке, а также значительным снижением цен на электроэнергию обычных станций.

Открытие запасов нефтяных и газовых источников в Сахаре, падение цен на фрахт судов, широкое использование мазута привели к перепроизводству угля и нефти. Однако экономический анализ работы атомных электростанций показал, что фактические цены оказываются более высокими, чем предполагалось, но они будут снижаться по мере введения в эксплуатацию строящихся атомных электростанций большой мощности. В 1955 г. предполагалось, что в 1960—1965 гг. кривые цен на электроэнергию, производимую тепловыми и атомными электростанциями, совпадут. Но уже в 1959 г. оказалось, что стоимость энергии ядерного происхождения почти на 50% превысила стоимость энергии тепловых электростанций и что эта разница будет сведена на нет примерно лишь через десять лет.

Англия первая пересмотрела свою программу атомного производства. Строительство электростанций мощностью три миллиона киловатт было перенесено на 1966 г. Ввод в эксплуатацию атомных электростанций, запланированный на 1965 г., общей мощностью шесть миллионов киловатт, перенесен на 1970 г. Более того, некоторые английские атомные электростанции начали приспособлять для одновременного получения плутония, произвольная стоимость которого затрудняет исчисление цен на получаемую электроэнергию.

Программа атомного строительства в Советском Союзе также подверглась некоторым изменениям в связи с открытием на территории СССР богатых запасов нефти и газа.

Во Франции программой атомного строительства определялось удвоение планируемых мощностей на 1965 г. (850 тысяч

киловатт электроэнергии). Но в 1960 г. это решение было отменено.

Программа ФРГ, принятая в январе 1959 г., предусматривала строительство пяти реакторов по собственным проектам общей электрической мощностью 500 тысяч киловатт; два или три реактора общей электрической мощностью 300—400 тысяч киловатт предполагалось закупить за границей.

Планы строительства первых атомных электростанций в Испании, Португалии, Нидерландах были отодвинуты на несколько лет.

Договор США—Евратом вступил в силу в 1959 г., как раз в тот период, когда намечались эти изменения. И они, естественно, коснулись договора, тем более что европейские компании электропромышленности не присоединились к нему. В течение двух лет в соответствии с договором была построена только одна атомная электростанция на Юге Италии мощностью 150 тысяч киловатт.

В 1961 г. объединение частных компаний Бельгии по производству электроэнергии совместно с электроэнергетической промышленностью Франции начали в Арденнах на франко-бельгийской границе монтаж атомной электростанции мощностью 240 тысяч киловатт. Этот реактор, а также реактор на кипящей воде для западногерманской атомной станции, строительство которой было начато в 1962 г., оказались единственными новыми объектами, сооружаемыми по договору между США и Евратомом. Таким образом, до осуществления намеченного строительства шести-семи атомных электростанций общей мощностью один миллион киловатт еще далеко, а цель, изложенная в «Докладе мудрецов»*,— достичь к 1967 г. суммарной мощности 15 миллионов киловатт—кажется сейчас нереальной.

Начиная с 1959 г. строительство атомных электростанций в Соединенных Штатах Америки не предпринималось. И только в 1962 г. оптимизм прошлых лет начал возрождаться. Частные компании США, с энтузиазмом включавшиеся в 1955 г. в строительство атомных электростанций, начинают к 1959 г. испытывать некоторое разочарование. В 1962 г. в Соединенных Штатах Америки насчитывалось не более шести крупных промышленных компаний, которые могли позволить себе осуществлять строительство на 10—20 миллионов долларов ежегодно при частичном или полном субсидировании со стороны Комиссии по атомной энергии. Это превышает расходы на атомное строительство любой страны Европы, кроме ФРГ, Франции и Англии.

* Планы развития атомной энергетики в рамках Евратома были изложены в докладе, озаглавленном «Цели Евратома». Впоследствии он получил название «Доклад мудрецов».— *Прим. ред.*

Для американской и английской промышленности положение с экспортом в этот период было также не очень утешительным. К концу 1962 г. поступили или оформлялись заказы на поставку только семи атомных электростанций мощностью 150—200 тысяч киловатт каждая. Великобритании были заказаны две атомные электростанции на естественном уране Японией и Италией, а Соединенным Штатам Америки — пять атомных электростанций на обогащенном уране (две — Италией, одна — Индией, одна — ФРГ и, наконец, одна электростанция предназначалась для установки на франко-бельгийской границе).

В Англии рассчитывали, что атомная промышленность страны станет основной статьей промышленного экспорта. Но это оказалось только мечтой.

Во Франции, как и в Англии, частная промышленность сотрудничала с крупными национализированными промышленными предприятиями страны и поддерживала деловые связи с Комиссариатом по атомной энергии. Зато в США фирмы, производящие электроэнергию, становятся серьезными противниками Комиссии по атомной энергии, которая могла бы стать крупным производителем электроэнергии. В то же время и Комиссия по атомной энергии испытывала немалые трудности. В частности, ей пришлось столкнуться в 1961 г. с резкой оппозицией Конгресса по поводу одного проекта, согласно которому предполагалось использовать тепло нового ханфордского реактора для производства 800 тысяч киловатт электроэнергии. Конгресс США отказал в предоставлении Комиссии по атомной энергии ассигнований в размере более 100 миллионов долларов, необходимых для строительства этой атомной электростанции, которая могла бы стать самой мощной в мире.

В сентябре 1962 г. Конгресс принял, наконец, компромиссное решение, разрешив группе государственных электрических компаний штата Вашингтон построить атомную электростанцию с условием, что половина полученной электроэнергии будет продаваться частным компаниям.

Страх перед возможной национализацией заставил руководителей частной промышленности занять такую позицию, которая становится тормозом в национальном развитии промышленного производства ядерной энергии. Так, частная промышленность ФРГ и Швейцарии долгое время отвергала помощь государства из страха, как бы это не послужило началом национализации. Потребовалось несколько лет, чтобы промышленники этих стран согласились с тем, что на современном этапе развитие мирного производства по использованию атомной энергии представляет собой убыточное предприятие, требующее значительных субсидий.

Перепроизводство урана

Успешное развитие рудной и химической урановой промышленности, снабжавшей ураном американскую военную промышленность, а также английскую промышленность по программе военного и гражданского производства, оказалось в 1960 г. в диспропорции с мировым спросом на уран. В 1960 г. производство урана на Западе достигало 33 тысяч тонн*.

Замедление промышленного развития и ослабление политики контроля не являются главными причинами этой диспропорции. Основная причина — открытие богатых месторождений урана, в частности в США. Американская Комиссия по атомной энергии поддерживала проведение поисковых работ частными предпринимателями, гарантируя твердые закупочные цены на урановую продукцию. И начиная с 1954 г. в некоторых районах Колорадо, Юта, Нью-Мексико развернулось стремительное наступление на уран. Результаты превзошли все ожидания. С 1960 г. США по производству урана вышли на первое место среди западных стран, оставив позади Канаду. Комиссия по атомной энергии США прекратила заключение новых договоров на закупку урана и решила не возобновлять ранее заключенных договоров по ввозу урановой продукции из других стран, в частности из Канады и Южной Африки, срок договоров с которыми истекал. Вашингтон решительно отказался от одного из положений своей атомной политики — подчинения себе основных урановых источников, так как в 1960 г. они потеряли свою ценность для Америки. Такое решение было особенно чувствительным для Канады, ежегодный экспорт урана из которой был на сумму 300 миллионов долларов. Это обстоятельство оказало свое влияние на девальвацию канадского доллара в 1961 г.

В то время как по действующим договорам цены за фунт окиси урана сохранились от 10 до 11 долларов, канадские поставщики начиная с 1961 г. безуспешно искали покупателей по 5 долларов и меньше. И очень вероятно, что прекращение действия договоров заставит владельцев богатых южно-африканских и канадских урановых рудников, еще находящихся в эксплуатации, но пришедших в полный упадок, продавать уран по еще более низким ценам (3—4 доллара за фунт окиси урана).

* Это количество распределяется следующим образом: США — 14 тысяч тонн, Канада — 12 тысяч тонн, Южно-Африканская Республика — 4500 тонн, Республика Конго — 1 тысяча тонн, Франция — 1 тысяча тонн, Австралия — 700 тонн. Соединенные Штаты Америки использовали около 80% всей продукции, Великобритания — более 15%, на долю Франции приходилось около 3% сверх ее собственных ресурсов.

Сокращение, а вскоре, может быть, и полное прекращение закупок Соединенными Штатами Америки урана за границей,— событие первостепенной важности для развития международной атомной политики, особенно чувствительное для Канады и Южно-Африканской Республики, ибо они точно соблюдали требование не продавать в другие страны, кроме Великобритании, природный уран без оговорки о его мирном использовании. Поэтому южно-африканские и канадские частные фирмы начиная с 1960 г. стали оказывать давление на свои правительства, чтобы добиться отмены политики контроля над продажей урана, из-за которой торговля терпела убытки. Французская клиентура, значительно более скромная, была потеряна в 1957 г. в связи с прекращением французского спроса на канадский уран, что привело к увеличению во Франции национального уранового производства; однако к 1960 г. из-за отсутствия предполагавшегося экспорта и сокращения французской программы строительства атомных электростанций эта промышленность также стала испытывать переизводство.

Развитие политики контролируемой помощи

Годы, последовавшие за переходом к политике контролируемой помощи и созданием Международного агентства по атомной энергии, были годами попыток проведения этой политики в жизнь.

Некоторые нации, заботившиеся о сохранении своей независимости, решили после 1958 г. создать национальную промышленность по использованию атомной энергии, требующую больших расходов на приобретение необходимых ядерных материалов, над использованием которых англосакские страны старались установить контроль.

Ни французское правительство, ни правительство Советского Союза не связывали экспорт ядерных материалов и техники с установлением контроля над использованием их в мирных целях со стороны МАГАТЭ. Но Франция, как и Советский Союз, не прибегала к таким действиям, которые могли бы рассматриваться англосакскими странами как нарушение подразумевавшегося соглашения, в соответствии с которым великие державы уклонялись от предоставления другим странам средств для производства ядерного оружия.

Политика международной помощи в области использования атомной энергии, проводимая Советским Союзом начиная с 1955 г. определяется поставками в некоторые союзные страны экспериментальных реакторов двух типов на обогащенном уране тепловой мощностью 2 и 10 тысяч киловатт. Единственный пример помощи несоюзной стране — продажа

СССР Объединенной Арабской Республике одного экспериментального реактора мощностью две тысячи киловатт, который был пущен летом 1961 г. *. Советский Союз строит в ГДР энергетический реактор мощностью 70 тысяч киловатт. Другой энергетический реактор мощностью 150 тысяч киловатт на тяжелой воде с охлаждением сжатым углекислым газом под давлением Советский Союз строит в Чехословакии.

Соединенные Штаты Америки продали до конца 1962 г. 20 странам около 30 экспериментальных реакторов, примерно 15 учебных реакторов крайне незначительной мощности и 7 реакторов, производящих электроэнергию. Американская программа атомной помощи другим странам сыграла важную роль в развитии атомной промышленности во всем мире, но она не достигла желаемого для ее инициаторов размаха; кроме того, даже в ее нынешних незначительных размерах эта программа вступила в противоречие с американской атомной политикой — политикой усиления Международного агентства по атомной энергии. Действительно, большинство стран, подписавших договоры с США, предпочитало двухсторонние договоры и относительно гибкий контроль со стороны США вместо приобретения оборудования для атомных установок и контроля инспекторов в результате помощи МАГАТЭ.

Семь атомных электростанций, строящихся или проектируемых американской или английской промышленностью за пределами своих стран, были проданы при условии установления контроля; что касается атомных электростанций, строящихся в Японии и Индии, то США и Англия, вероятно, передадут контроль за их эксплуатацией Международному агентству по атомной энергии, для будущего которого это решение, очевидно, будет иметь большое значение.

Практически Соединенные Штаты Америки, имея почти полную монополию на производство урана-235, распространяют свой контроль на все типы реакторов, работающих на этом горючем. Напротив, проблема контроля, касающаяся атомных электростанций на естественном уране, осложняется в связи с перепроизводством урана и его значением, (с военной точки зрения) для получения плутония.

Возможность для Индии найти в 1962 г. страну, будь то государство Запада или Востока, которая могла бы предо-

* Советский Союз заключил соглашения о сотрудничестве в области мирного использования атомной энергии с Индонезией, Ираком, Ганой и Афганистаном. В соответствии с этими соглашениями Советский Союз построил в Индонезии подкритическую сборку (небольшой лабораторный реактор). Реактор мощностью две тысячи киловатт будет сооружен в 1965 г. Реактор такой же мощности будет построен в Гане. В Ираке ведутся работы по сооружению реактора мощностью две тысячи киловатт, который будет закончен строительством в 1965 г. В Афганистане в 1965 г. будет построена подкритическая сборка.— *Прим. ред.*

ставить ей оборудование для строительства крупной атомной электростанции на природном уране, послужит испытанием для политики, проводимой англосакскими странами. Индия еще в 1961 г. заявила, что она готова дать письменное обязательство использовать электроэнергию и плутоний, получаемые на атомной электростанции, исключительно в мирных целях, но отказывается от любых форм контроля.

Однако финансовые соображения взяли верх над политическими, и в 1962 г. индийское правительство остановило свой выбор на американском проекте атомной электростанции с реактором на обогащенном уране, предпочтя его французскому (американский проект оказался дешевле и, кроме того, американцы предлагали более простую систему финансирования), хотя французский проект и был самым интересным среди проектов с реакторами на природном уране. Остался нерешенным один вопрос: кому — американскому правительству или Международному агентству по атомной энергии — будет предоставлено право контроля.

Но, добившись успеха в осуществлении программ двухсторонних договоров, политика контроля еще меньше преуспела при заключении многосторонних договоров. Начиная с 1958 г. Международное агентство по атомной энергии не смогло выполнить возложенных на него обязанностей в области распределения делящихся материалов и установления контроля над их использованием.

На конференции по выработке устава Международного агентства по атомной энергии Франция указывала, что строгий контроль может отпугнуть от создаваемой организации те страны, которые намеревались вступить на путь атомного производства, развивать собственное производство ядерных материалов или заключить выгодные двухсторонние договоры.

Хотя Соединенные Штаты Америки предложили в 1957 г. предоставить МАГАТЭ 5 тысяч килограммов урана-235 (по цене 16 долларов за один грамм), Советский Союз — 50 килограммов и Великобритания — 20 килограммов, Международное агентство за четыре года произвело поистине символическую продажу трех тонн природного урана Японии и должно передать несколько килограммов обогащенного урана для трех небольших экспериментальных реакторов, установленных в Австрии, Финляндии и Югославии, оборудование для которых куплено в США.

Международное агентство по атомной энергии еще не выполнило своей миссии, так как, во-первых, преждевременно был взят курс на создание мировой атомной промышленности, а, во-вторых, вследствие того что США предлагали политику двухсторонних договоров со странами Европы, рынки сбыта урана пришли в расстройство прежде, чем снабжение стран

ядерными материалами через Международное агентство по атомной энергии стало установившимся правилом международных отношений.

В связи с этим многочисленные и продолжительные дискуссии (в Совете управляющих) с целью уточнения форм применения положений договора о контроле приобретают все более теоретический характер, что вызывает недовольство государств, вступивших на путь атомного развития, и стран Востока, в частности Советского Союза. Оказавшись перед невозможностью осуществлять эффективный контроль за использованием атомной энергии в мирных целях, Международное агентство в течение ряда лет концентрировало свои усилия на проблемах технической помощи менее развитым странам, в которые направлялись эксперты. Агентство занималось подготовкой специалистов, установив несколько сот стипендий для будущих специалистов, принятых в научные центры всех крупных атомных держав. Агентство подготовило разработку международных правил, касающихся охраны здоровья, защиты против радиации и безопасности реакторов, а также решало вопросы международной доставки ядерных материалов, проблемы гражданской ответственности перед возможными аварийными случаями, связанными с использованием атомной энергии, и, наконец, вопросами удаления радиоактивных отходов. Агентство занималось также распространением знаний, проводя конференции, где ученые могли обмениваться полученными техническими данными.

Эти мероприятия, полезные, но менее действенные, чем те, которые были предусмотрены вначале, делают из Международного агентства по атомной энергии орган, который будет играть роль технического приложения к Организации Объединенных Наций в области использования атомной энергии и будущее которого будет зависеть главным образом от улучшения отношений между Востоком и Западом.

Г Л А В А VII

ГОДЫ КОНСОЛИДАЦИИ *

(1962—...)

Конец 1962 г. и весь 1963 г.— новый этап в развитии мировой атомной промышленности, характеризующийся возрождением деловой активности в области мирного использования атомной энергии и напряженной политической деятельностью. Мечта о торговых судах с ядерными двигателями все еще далека от осуществления, и мысль человека снова обратилась к атомным электростанциям. В ряде государств, особенно в передовых промышленных странах, снова начали проектировать крупные атомные электростанции. И хотя в настоящее время наблюдается сокращение добычи урана и падение цен на него, можно ожидать возобновления роста добычи урана к 1975 г., и поэтому снова высказываются предположения, что к концу нашего столетия в результате большого строительства атомных электростанций во всех странах мира, возможно, обнаружится нехватка урана. Политическая позиция Вашингтона неразрывно связана с рядом важных событий: отказом США от строительства дорогостоящей ракеты, необходимой для британских ядерных сил; соглашением в Нассау (декабрь 1962 г.), ограничивающим независимость англичан в решении атомных вопросов **; прекращением Францией в начале 1963 г. переговоров о вступлении Великобритании в общий рынок и Евратом; падением канадского правительства в связи с обсуждением вопроса о размещении американского ядерного оружия на канадской территории; затруднением в переговорах по американскому предложению о создании многосторонних ядерных сил стран — участниц Атлантического пакта; наконец, заключением в Москве в 1963 г. договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой — договора, который символизирует

* Перевод главы VII выполнен А. Н. Соколовым.

** Автор имеет в виду заявление, сделанное президентом США и премьер-министром Англии о системах ядерной обороны.— *Прим. ред.*

единство политики трех великих ядерных держав, стремящихся помешать вступлению в атомный клуб других держав. Франция, убежденная в необходимости иметь собственное ядерное вооружение, и Китай, также решивший стать атомной державой, отказываются подписать Московский договор, к которому примкнули почти все другие страны мира, далеко еще не достигшие такой стадии развития, когда они окажутся в состоянии самостоятельно производить атомное вооружение. Позиция Франции и Китая вызвала разногласия как в Атлантическом пакте, так и в коммунистическом мире.

Возрождение атомной промышленности

1963 год характеризовался не только первыми признаками насыщения Соединенных Штатов Америки ядерным вооружением, о чем свидетельствует сокращение производства урана-235 на заводах по разделению изотопов, но и известным возрождением интереса американских частных фирм к производству электроэнергии на ядерных станциях. Главной причиной этого является успех работы на полную мощность двух крупных американских атомных станций: в Дрездене на кипящей воде и в Роуе на перегретом паре; кроме того, экономические расчеты показывают, что на станциях мощностью 500 тысяч киловатт, работающих на обогащенном уране и обычной воде, можно получать электроэнергию стоимостью шесть-семь тысячных доллара за киловатт-час.

Две компании Западного побережья предполагали начать в 1963 г. строительство в Калифорнии двух атомных электростанций мощностью 300—400 киловатт каждая. Но начало строительства электростанций, которые должны были вступить в строй в 1966 г., задержалось из-за затруднений, связанных с выбором места для них.

В начале 1963 г. было объявлено о начале проектных работ над еще более мощными атомными электростанциями, которые предполагается построить к концу шестидесятых годов. Для большинства станций проектировщики выбрали вариант электростанции с одним реактором на перегретом паре. Большинство станций будет расположено на северо-востоке страны, но одна из них — в Лос-Анжелосе. Проектная мощность четырех электростанций составит 500 тысяч киловатт каждая; пятая, еще более мощная, будет построена около Нью-Йорка, в Равенсвуде, менее чем в трех километрах от здания ООН. Последний проект станции предусматривает поэтому чрезвычайные меры предосторожности против любого непредвиденного случая, даже столь маловероятного, как падение самолета на реактор. Тем не менее проект вызвал бурю протестов среди жителей соседних ньюйоркских предместий.

В связи с этим появились сомнения в реальности строительства этой станции, но сам факт появления подобного проекта свидетельствует о безопасности атомных электростанций и является своеобразной рекламой электрической компании. Эта компания, постоянно сталкивающаяся с ростом потребностей Нью-Йорка в электроэнергии, одновременно с проектированием атомной электростанции в Равенсвуде ведет переговоры о закупке нескольких миллионов киловатт электроэнергии в Канаде. Эту электроэнергию удастся получить только к 1970 г., после того как закончится строительство электростанций на водопаде Гамильтон на Лабрадоре, еще более мощном, чем Ниагарский. Электроэнергию будут передавать на расстояние свыше 1600 километров по линии электропередачи с напряжением 700 тысяч вольт.

Этот пример показывает, что атомные и обычные электростанции призваны взаимно дополнять друг друга, а не конкурировать между собой. Однако эти соображения не помешали американским угольным компаниям с 1962 г. проявлять известное беспокойство. Они обвиняют Комиссию по атомной энергии в том, что она субсидирует компании, которые занимаются электроэнергетикой, поощряя их вступать на путь использования урана. В свою очередь Комиссия по атомной энергии, сама являющаяся самым крупным в стране потребителем электроэнергии, придерживается мнения, что спрос на уголь для тепловых станций увеличится и возрастет в ближайшее десятилетие в четыре раза. Как следует из поданного в конце 1962 г. президенту Кеннеди доклада Комиссии по атомной энергии, публикация которого вызвала много шума, в 2000 г. половина производимой в США электроэнергии будет иметь ядерное происхождение и что тогда будут строить только ядерные электростанции.

Осуществление подобной программы возможно лишь при наличии больших запасов урана и более полного использования ядерного горючего — в реакторах на тяжелой воде или в реакторах на быстрых нейтронах — так называемых реакторах-размножителях, которые позволяют значительно полнее использовать уран. В докладе содержится вывод, что необходимо всячески содействовать строительству прототипов ядерных электростанций, в особенности электростанций с тяжеловодными реакторами и реакторами на быстрых нейтронах.

С 1963 г. в американских планах значительное место начинает занимать совершенно новый метод применения ядерной энергии: использование крупных реакторов для дистилляции морской воды и одновременного производства электроэнергии. Это позволит дать прибрежным районам питьевую воду по приемлемым ценам. Такое применение ядерной энергии может

оправдать себя на Западном побережье Соединенных Штатов и во многих других районах земного шара.

Одним из экономических факторов, искажающих истинную оценку стоимости электрической энергии, получаемой на ядерных электростанциях, является то, что по действующему законодательству Комиссия по атомной энергии США является собственником всех видов ядерного топлива. Она предоставляет компаниям, производящим электроэнергию, обогащенный уран «взаймы» по установленным ею же твердым ценам. Частная промышленность борется за то, чтобы получить право владеть собственным ядерным горючим и особенно право покупать на внешнем рынке более дешевый уран и доводить его до необходимой степени обогащения на американских заводах по разделению изотопов урана. Соответствующий законопроект был внесен в 1963 г. в Конгресс США, но он встретил там серьезную оппозицию. Поэтому вряд ли в 1964 г. американская частная промышленность получит право владеть ураном и прочими делящимися веществами.

Активизация американской промышленности в области строительства атомных электростанций сопровождается усилением научно-исследовательских работ по использованию атомной энергии для космических полетов. Исследования ведутся в чрезвычайно трудной области проектирования ракеты, работающей на ядерном двигателе, и одновременно в области более простой проблемы — электроснабжения ракеты, летящей в космосе.

Следует отметить, что строительство атомных подводных лодок ведется также ускоренными темпами, в то время как строительство новых надводных кораблей вызывает жаркие споры в Министерстве обороны, несмотря на успешную эксплуатацию трех уже построенных надводных боевых кораблей. В то же время разрекламированное торговое судно «Саванна» так и не смогло отойти от американских берегов в 1963 г., и триумфальный обход всех морей земного шара перенесен на 1964 г. Причина — забастовка экипажа судна, требующего повышения заработной платы. Компания не хочет удовлетворить требование бастующих, но и не в состоянии объявить локаут, поскольку подготовка нового экипажа требует много времени.

Внешние взаимоотношения Комиссии по атомной энергии США в 1963 г. характеризовались улучшением связей с Советским Союзом. Это улучшение нашло свое практическое выражение в обмене визитами между председателем КАЭ США и председателем Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР и в подписании соглашения об обмене несколькими стажерами в интересующих обе стороны областях. Эта разрядка сказалась на работах Международ-

ного агентства по атомной энергии: Советский Союз впервые занял конструктивную позицию в области международного контроля. Благодаря этому Международное агентство по атомной энергии приняло положение о контроле крупных атомных электростанций, и Индии пришлось принять контроль МАГАТЭ над строящейся американцами атомной электростанцией в Тарапуре. Одновременно Япония, ведущая переговоры с американской промышленностью о покупке ядерной электростанции, согласилась в 1963 г. передать Международному агентству по атомной энергии контроль за работой атомной станции Токай-Мура, которую заканчивают строить англичане.

Индия укрепила свой военно-ядерный потенциал, закончив в 1963 г. строительство небольшого завода по выделению плутония национального производства, т. е. свободного от какого-либо иностранного контроля. Заканчивается также строительство завода по производству тяжелой воды, необходимой для второй атомной электростанции (переговоры о ее строительстве ведутся с Канадой), где предполагается установка тяжеловодного реактора.

В Канаде твердо верят в успех мощной атомной электростанции (400 тысяч киловатт), сооружаемой в Канду. Эта станция, работающая на природном уране и тяжелой воде, должна войти в строй в 1965 г. Уже сейчас компания по производству электроэнергии «Онтарио» планирует строительство еще четырех станций такого же типа мощностью 400 тысяч киловатт каждая. Ввод этих станций в эксплуатацию намечен в этом десятилетии, и для обеспечения их работы проектируется завод по производству тяжелой воды.

Пакистан по примеру Индии планирует строительство станции канадского типа мощностью 130 тысяч киловатт в Западном Пакистане и атомного реактора вдвое меньшей мощности (американского типа) в Восточном Пакистане.

Отмечена также активизация и советских проектов. Заканчивается строительство двух однореакторных атомных электростанций — Белоярской мощностью 100 тысяч киловатт, и Нововоронежской мощностью 200 тысяч киловатт*. К 1965 г. предусматривается закончить строительство еще двух электростанций аналогичного типа, но вдвое большей мощности. Реактор Нововоронежской станции будет работать на перегретом паре, как и реактор атомохода «Ленин», уже несколько лет успешно работающего в Арктике. В Мелекесе, на Волге, вступил в строй и работает на полную мощность научно-исследовательский центр по реакторам, в кото-

* Электрическая мощность станции составляет 210 тысяч киловатт (три генератора по 70 тысяч киловатт каждый). — *Прим. ред.*

ром действует реактор с самым мощным в Европе потоком нейтронов.

Менее заметно возобновление интереса к атомным электростанциям в странах Западной Европы, особенно в экономически слабых странах, испытывающих финансовые затруднения. Закончились провалом переговоры о строительстве силами Европейского агентства по атомной энергии торгового судна с атомным двигателем и экспериментального реактора на быстрых нейтронах для исследований в области физики твердого тела. Это объясняется финансовыми затруднениями, связанными с перерасходом средств на строительство предприятия «Еврокемик» и предполагаемой убыточностью его работы.

В то же время в 1963 г. начались переговоры о строительстве гигантского ускорителя или силами Евратома (и тогда он должен обладать мощностью, в 7—10 раз превышающей мощность ускорителя ЦЕРНа), или силами всех стран мира (тогда он будет в 30 раз более мощным, чем ускоритель ЦЕРНа). Строительство такого гигантского ускорителя станет возможным только в том случае, если будет достигнуто соглашение между СССР и США в рамках Международного агентства по атомной энергии.

В области реакторостроения 1963 год ознаменовался пуском шведского реактора мощностью 60 тысяч киловатт для получения электроэнергии и производства пара. В Швеции было принято также решение о строительстве атомной электростанции на кипящей тяжелой воде мощностью 200 тысяч киловатт.

Начала вырисовываться программа в области атомной энергии Испании, где электроэнергия очень дорога. Предполагается, что заказ на строительство первой атомной электростанции в районе Мадрида будет передан американским фирмам. Рассматриваются планы строительства нескольких атомных электростанций мощностью 300 тысяч киловатт каждая.

Западногерманская программа ограничивается строительством одной атомной электростанции на кипящей тяжелой воде мощностью 200 тысяч киловатт, заказанной американским фирмам. Окончательного решения о строительстве (на этот раз западногерманской фирмой) другой электростанции на тяжелой воде мощностью 100 тысяч киловатт еще нет. Зато в 1963 г. было принято решение построить торговое судно с атомным двигателем — сухогрузное судно водоизмещением 15 тысяч тонн для перевозки руды.

В 1963 г. были пущены две первые итальянские атомные электростанции, но итальянская промышленность по производству электроэнергии, недавно национализированная, не

планирует строительства новых электростанций. Одна из причин — яростные нападки политического характера на первую атомную программу, в результате которых итальянский ядерный комитет пережил осенью 1963 г. подлинный кризис: многие руководители комитета были заменены новыми, в частности был снят с занимаемой должности генеральный секретарь комитета, которому было предъявлено обвинение в плохом руководстве.

В связи с финансовыми затруднениями итальянского комитета и бельгийской комиссии по атомной энергии началось распыление финансовых средств Евратома, что отрицательно сказалось на всей его деятельности. При этом Франция выступает против распыления финансовых возможностей Евратома на многочисленные исследовательские работы и полагает, что все усилия следует сконцентрировать на уже начатых объектах, на исследовании технических проблем, представляющих интерес для будущего всех стран. Одной из таких исследовательских тем является изучение реакторов на быстрых нейтронах, в чем особенно заинтересованы Франция и Западная Германия. Для этих исследований необходим плутоний, а потому начались переговоры с США и Великобританией о приобретении нескольких сот килограммов этого продукта. Несмотря на то, что цены на плутоний падают, он все еще стоит 15 фунтов стерлингов за один грамм. Впрочем, американское правительство продолжает стимулировать укрепление Евратома: оно значительно облегчает приобретение американских обогащенных делящихся веществ через посредство Службы снабжения Евратома, а не по действующим двусторонним соглашениям между США и отдельными членами Евратома.

В начале 1963 г. неудачи переговоров о вступлении Великобритании в общий рынок привели и к прекращению не столь далеко продвинувшихся переговоров о вступлении Великобритании в Евратом; эти переговоры касались в основном вклада Великобритании в исследования реакторов на быстрых нейтронах.

Впрочем, 1962 — 1963 гг. характеризуются для Великобритании и другими важными событиями как в плане политическом, так и в плане технического применения атомной энергии. Самым важным политическим событием был отказ от осуществления программы строительства в США ракет «Скайболт» класса «Земля — воздух», что привело к расширению программы строительства британских атомных подводных лодок. Первая британская атомная подводная лодка уже вступила в строй, и еще строятся четыре лодки-ракетоносца. Кроме того, поскольку потребности Великобритании в уране-235 для нужд обороны страны оказались почти полностью удовлетворен-

ными благодаря закупкам урана в Соединенных Штатах Америки по более дешевым ценам, газодиффузионный завод по разделению изотопов в Кейпенхерсте стал работать далеко не на полную мощность: загрузка соответствует сейчас норме, минимально необходимой для постоянной работы установок.

В начале 1963 г. британское управление атомной энергии получило от правительства указание сконцентрировать научно-исследовательские работы на двух типах реакторов — на обогащенном уране и тяжелой воде — в целях возможного их использования на торговых судах. Предполагалось, что к концу года придется принимать решение о выборе судостроительных компаний для строительства первого такого судна. Исследования одного реактора типа «Вулкан» велись совместно с бельгийской фирмой, разработавшей его принцип.

Управление атомной энергии Великобритании с 1961 г. занималось исследованиями нескольких наиболее перспективных типов реакторов: на быстрых нейтронах с воздушным охлаждением, на тяжелой воде, кипящих реакторов и высокотемпературных реакторов с газовым охлаждением.

В 1962 г. заработал на полную мощность реактор на быстрых нейтронах в Даунри. Это экспериментальный реактор для изучения ядерного горючего, что необходимо для проектирования следующего реактора этой серии мощностью 200 тысяч киловатт.

Строительство высокотемпературного реактора DRAGON в исследовательском центре в Уинфризе должно закончиться в 1964 г. После этого начнется строительство реактора мощностью 100 тысяч киловатт на тяжелой воде и малообогащенной окиси урана с охлаждением водяным паром. Этот реактор будет строиться в соответствии с принятым в 1963 г. планом англо-канадского сотрудничества в области использования тяжелой воды. Предусматривается полный обмен технической документацией (за исключением подробных планов прототипов реакторов) и выплата англичанами 250 тысяч фунтов стерлингов в виде компенсации за канадские достижения в области строительства реакторов на тяжелой воде.

На протяжении 1963 г. на полную мощность (30 тысяч киловатт) работал первый реактор с газовым охлаждением. Результаты успешной эксплуатации этого реактора позволяют планировать строительство реакторов мощностью миллион киловатт, причем стоимость электроэнергии будет составлять всего 0,4 пенса за киловатт-час, что вполне сопоставимо со стоимостью обычной электроэнергии.

Управлению атомной энергии Англии не без труда удалось убедить Генеральный совет по производству электроэнергии отказаться от того типа атомных реакторов, который приме-

нялся на первых девяти атомных электростанциях, и строить десятую электростанцию на основе двух реакторов нового типа мощностью 500 тысяч киловатт каждый.

Если атомные электростанции в Беркли и Брадзуэлле работают на полную мощность, две следующие атомные электростанции — в Хинкли Пойнте и в Хантерстоне — были пущены с опозданием на год. Предположения о стоимости электроэнергии, получаемой от реакторов на обычном уране с магниевым покрытием, графитовым замедлителем и системой охлаждения на углекислом газе, оказались не столь оптимистичными, как казалось ранее.

Французская атомная программа

Годовой бюджет французского Комиссариата по атомной энергии достигнет в 1964 г. четырех миллиардов франков, что составит более 4% общегосударственного бюджета. Столь большие расходы говорят о полном изменении направления в дальнейшей работе Комиссариата. Следует подчеркнуть, что три четверти расходов Комиссариата связаны с выполнением французской военной программы.

Комиссариат по атомной энергии отвечает за производство обогащенных делящихся материалов, за исследования в области атомного вооружения и за его производство. Он является главным исполнителем парламентского решения о создании французских сил возмездия (1960 г.).

Атомная бомба, составляющая основу первоначального атомного вооружения, была с успехом испытана в мае 1962 г. во время подземного атомного взрыва в Сахаре. С 1963 г. началось серийное производство этих бомб.

Самым важным строительством, осуществляемым по военной программе, является строительство завода по разделению изотопов, который полностью вступит в строй в 1967 г. Это самое дорогостоящее строительство, когда-либо предпринимавшееся во Франции. Общая стоимость завода превысит четыре с половиной миллиарда новых франков.

Взаимоотношения союзников в области атомной энергии очень ярко характеризуют тот парадоксальный факт, что Франция делает эти гигантские усилия именно тогда, когда Управление атомной энергии Великобритании замедляет работу завода по разделению изотопов урана в Кейпенхерсте, ибо оно может получать более дешевый уран-235 из Соединенных Штатов, в том числе и для военных нужд. Технологический процесс, основанный на газовой диффузии гексафторида урана, по-прежнему остается последним бастионом атомных секретов трех англосакских стран, и Франция вынуждена была самостоятельно решать сложную проблему изготов-

ления пористых диффузоров и сложнейших компрессоров, необходимых для действия установки. Завод строится в Пьерлатте, в долине реки Рона, где можно использовать электроэнергию близлежащих гидроэлектростанций. Этот завод весьма скромнен по сравнению с американскими гигантами. Он будет производить концентрированные или слегка обогащенные делящиеся вещества по ценам значительно выше американских, но зато его продукция будет свободна от какого бы то ни было контроля и сможет покрыть значительную часть потребностей французской военной и гражданской атомной программы.

Необходимый для французской программы плутоний производится на реакторах в Маркуле. Реакторы EDF также могут при необходимости дать дополнительное количество плутония. Для перестраховки от возможной аварии в Маркуле на заводе по извлечению плутония химическим способом было принято решение построить второй завод по переработке облученного ядерного горючего. Этот завод будет служить вспомогательным предприятием, на котором можно будет выделять часть плутония, получаемого в реакторах EDF.

Военная программа не ограничивается атомным оружием. По заказу военно-морского флота уже ведутся работы по строительству на суше прототипа ядерного двигателя для подводных лодок, аналогичного двигателю «Наутилус» с реактором на обогащенном уране с водяным охлаждением под большим давлением. Прототип двигателя строится в научно-исследовательском центре в Кадараше и будет закончен в 1964 г. Предполагается, что на его основе к 1970 г. будут построены три подводных лодки-ракетоносца.

Однако Комиссариат практически прекратил успешно проводившиеся исследования в области строительства атомных двигателей для торгового флота из-за экономической нерентабельности такой формы судоходства в настоящее время.

Военная программа Комиссариата по атомной энергии отвлекает известные средства от гражданского использования атомной энергии, но она имеет и большое преимущество: создает широкую технологическую базу (строятся реакторы, заводы для получения специальных материалов), что необходимо любой атомной державе для развития промышленного применения атомной энергии.

Успехи Франции в области как военного, так и гражданского использования атомной энергии стали возможны только благодаря результатам, достигнутым в области геологической разведки урановых месторождений. Главную роль в этом сыграл Комиссариат по атомной энергии, кроме того, он сумел развить и частную инициативу благодаря политике закупок по гарантированным ценам. Сейчас частное производство урано-

вой руды составляет пятую часть общенационального производства. Максимум был достигнут в 1962 г.: 1500 тонн урановой руды, причем три четверти этого количества было добыто на территории Франции, а остальное в Габоне и в меньшей степени — на Мадагаскаре. Стоимость французского урана примерно соответствует гарантированной закупочной цене Комиссии по атомной энергии США, принятой для американских производителей урана на период до 1966 г. (20 долларов за килограмм окиси урана в концентратах). Однако цены на французский уран не могут выдержать конкуренции с канадским и южно-африканским ураном: обе страны предлагают уран вдвое дешевле. В таких условиях, вероятно, Франция потеряет в ближайшие годы, несмотря на избыток собственного урана, возможность продавать уран десятками тонн таким странам, как Швеция или Индия. Наоборот, возможно, воспользовавшись низкими ценами на уран на мировом рынке, она сделает запасы импортного урана. Тем не менее Франция продолжает вести геологическую разведку урановых месторождений на территории как самой Франции, так и ее бывших колоний, чтобы иметь возможность резко увеличить добычу урана тогда, когда изменившаяся конъюнктура приведет к увеличению производства электроэнергии на атомных электростанциях.

Не менее важным условием, чем запасы урана, является подготовка квалифицированного персонала. Франция прилагает большие усилия для подготовки специалистов. Промышленное использование атомной энергии требует участия ученых и инженеров самых различных профессий. Необходимо, чтобы эти специалисты обладали опытом, который они могут приобрести только во время работы в атомных центрах. Поэтому Комиссариат по атомной энергии совместно с Министерством просвещения создали в атомном центре в Сакле Национальный институт атомной науки и техники, в который принимаются студенты университетов и инженеры промышленных предприятий (как французы, так и иностранцы).

Сложность руководства научно-исследовательской работой и управлением предприятиями привело к разделению руководства Комиссариата по атомной энергии. Научно-исследовательская работа сконцентрирована в нескольких крупных центрах, где работает по несколько тысяч специалистов. Эти центры получили широкую автономию в рамках Комиссариата, однако до сих пор еще не ясно, кто должен возглавлять научно-исследовательскую работу, проводимую в таком центре: его руководитель или техническое управление Комиссариата (в последнем случае руководитель центра, даже если он сам — крупный специалист, превращается в администра-

тора). Комиссариат не вынес пока принципиального решения по данному вопросу и в каждом конкретном случае поступает по-разному.

Самая крупная группа работников, составляющая к началу 1964 г. около 24 тысячи человек, возглавляется Генеральным администратором Робертом Гиршем, поддерживающим теснейший контакт с Верховным комиссаром Франсисом Перрэнном. Им помогают около 12 технических директоров и директоров отдельных центров, которые осуществляют координацию столь разнообразной и большой по объему научно-исследовательской работы. Разработка программ, распределение тем, наблюдение за их выполнением и использование соответствующих кредитов — вот те задачи, которые стоят перед ними. Сложность и трудность этих задач может подтвердить автор этих строк, которому с 1960 г. поручена разработка программ дальнейших исследований. Научно-исследовательская работа должна вестись широким фронтом от чисто теоретических исследований до исследований прикладного и полупромышленного характера. Основные усилия направлены на изучение работы атомных реакторов, конструкционных и делящихся материалов и поведения этих материалов в условиях радиации. Теоретические исследования посвящены дальнейшему изучению строения материи, синтеза легких ядер, ионизированных плазм, а также влияния радиации на живые организмы.

Промышленное применение результатов теоретических исследований и строительство крупных атомных объектов (реакторов и заводов) привело к созданию ядерных отделов во многих национальных промышленных обществах.

Большие усилия направлены на охрану населения и трудящихся атомных центров. В Национальном институте гигиены был создан отдел защиты от радиации, который контролирует надежность средств защиты.

Французская атомная программа имеет еще одну особенность. Франция богата обычными источниками энергии и имеет доступ к недавно открытым богатейшим залежам нефти и природного газа в Сахаре *, однако она готовится к тому времени, когда растущий спрос на энергию со стороны развивающейся промышленности сможет быть удовлетворен только атомными электростанциями, цена на электроэнергию которых к тому же станет тогда более доступной.

В 1960 г. во Франции было произведено 70 миллиардов киловатт-часов электроэнергии, причем тепловые станции и гидроэлектростанции дали примерно равные количества электроэнергии; предполагается, что к 1970 г. производство достиг-

* Эти месторождения расположены на территории независимых государств Народной Республики Алжира, Туниса и Марокко.— *Прим. ред.*

нет 150 миллиардов киловатт-часов, причем доля гидроэлектростанций в общем производстве снизится до одной трети. В настоящее время цена одного киловатт-часа составляет немногим менее четырех сантимов. Предполагается, что к 1970 г. цена одного киловатт-часа, полученного на крупных атомных электростанциях, работающих на природном уране с газовым охлаждением, снизится до этого же уровня.

Первая французская атомная электростанция EDF-1, пуск которой задержался на два года из-за неполадок в сварке основных конструкций станции, достигла в 1963 г. своей проектной мощности (60 тысяч киловатт). Через два года вступит в строй вторая станция EDF-2 мощностью 170 тысяч киловатт, а еще через год — третья — EDF-3 мощностью 400 тысяч киловатт. Первые три станции расположены неподалеку от Шинона. В Сен-Лоран-де-Зо (также в долине Луары) строится четвертая станция, которая будет несколько более мощной, чем EDF-3. Сделанные на ней усовершенствования позволят после ее пуска в 1967 г. получать электроэнергию, которая сможет уже конкурировать с электроэнергией станций классического типа. Целью французской электрической компании является создание прототипа электростанции мощностью около 500 тысяч киловатт, которая давала бы электроэнергию по ценам, выдерживающим конкуренцию, с тем чтобы потом начать серийное строительство таких станций.

Продолжая исследование реакторов на природном уране с газовым охлаждением, Комиссариат по атомной энергии заложил в 1962 г. для французской электрической компании тяжеловодный реактор EL-4 мощностью 70 тысяч киловатт в горах Аррэ, в Бретани. На основе опыта работы этого реактора, накопленного к 1967 г., можно будет выбрать для реакторов на природном уране тип замедлителя (графитовый и тяжеловодный). Использование тяжелой воды имеет то преимущество, что позволяет потреблять меньше урана и полнее использовать его в реакторе.

Французская электрическая компания изучает еще один вариант реактора на обогащенном уране и простой воде. Этот вариант реактора независимо изучается и Комиссариатом по атомной энергии на сооружаемом сухопутном прототипе атомного двигателя для подводных лодок.

Рассмотрение всех этих планов, основанных главным образом на использовании природного урана, было бы неполным, если не коснуться больших усилий, прилагаемых для успешного решения в будущем пока еще нерешенной проблемы вторичного использования плутония, образующегося в атомных реакторах. Для решения этой очень интересной задачи Комиссариат по атомной энергии совместно с Евратомом

сооружает в Кадараше первый плутониевый реактор-размножитель на быстрых нейтронах «Рапсодия» мощностью 10 тысяч киловатт с натриевым охлаждением.

Для развития атомной энергетики требуется большое количество опытных и исследовательских реакторов. Комиссариат по атомной энергии располагает примерно десятком таких реакторов. Наиболее значителен реактор PEGAS, пущенный в Кадараше в 1963 г. и предназначенный для исследования свойств ядерного горючего и систем охлаждения сжатым газом.

На протяжении последних лет Франция продолжала развивать как двусторонние, так и многосторонние международные связи.

Французские центры, в частности центры в Сакле и Гренобле, открыты для иностранных стажеров. Французская атомная промышленность принимала участие в конкурсах на строительство атомных электростанций в других государствах: в 1962 г. для Индии и сейчас для предполагаемого строительства атомной электростанции в Бразилии. Французская промышленность выступает на мировом рынке атомной электроники, атомных материалов, ядерного горючего и «горячих» лабораторий. В частности, она продала три тысячи тонн графита для атомной электростанции, сооружаемой англичанами в Японии.

Продолжается обмен научной информацией: с Великобританией — о строительстве реакторов на природном уране с графитовым замедлителем; с Канадой — о реакторах на природном уране с тяжелой водой в качестве замедлителя и с Соединенными Штатами — о реакторах-размножителях на быстрых нейтронах. Продолжается тесное сотрудничество со Швецией. Недавно были заключены новые соглашения об обмене информацией, материалами и подготовке специалистов со Швейцарией, Социалистической Федеративной Республикой Югославией, Грецией, Пакистаном, Аргентиной и др. Уже несколько лет поддерживаются и расширяются связи с Испанией, Португалией и Израилем. Установлены новые связи с Советским Союзом, Японией, Польской Народной Республикой, странами Африки и Мальгашской Республикой.

Отношения со странами общего рынка развиваются как в плане двусторонних связей, так и в плане объединения усилий этих стран в рамках Евратома (например, в области французских исследований термоядерных реакций и работы над реакторами-размножителями на быстрых нейтронах). Такие связи очень выгодны для Франции, так как они позволяют ей использовать квалифицированных специалистов других стран-членов Евратома, способствуют тесному сотрудничеству между учеными.

В области двусторонних связей Комиссариат по атомной энергии не ограничивается установлением связей с правительственными учреждениями. В 1963 г. Комиссариат начал переговоры с одной из крупнейших западногерманских фирм о строительстве реакторов на природном уране с охлаждением сжатым газом. В случае успешного завершения переговоров на Рейне начнется строительство франкогерманской атомной электростанции.

Не присоединившаяся к Московскому договору о запрещении испытаний ядерного оружия в трех средах Франция выступает на международной арене за подлинное атомное разоружение, являющееся жизненно важным вопросом для нашей цивилизации *. Обладание атомным оружием возлагает на Францию большую ответственность в этих столь важных переговорах. Однако, пока не достигнуто подлинное атомное разоружение, одна из целей французской политики состоит в том, чтобы добиться статуса «атомного союзника» США: в этом случае Франция сможет (как уже сейчас может Великобритания) получить от США информацию, которая позволит ей создать более современное атомное оружие, не прибегая к большим усилиям по самостоятельной его разработке. Успешному завершению предстоящих переговоров смогут помочь такие факторы, как существенный прогресс Франции в области атомного вооружения и наличие у нее собственных делящихся веществ. Успех этих переговоров оправдает затраченные Францией усилия. Все это сделает Францию полноправным участником великого предприятия конца нашего столетия как в области военного применения атомной энергии, где она уже произвела революцию, так и в области производства электроэнергии, где она произведет революцию через десять — пятнадцать лет.

* Здесь автор явно противоречит самому себе. В заключительной главе (см. гл. IX) он совершенно правильно утверждает, что появление новых членов атомного клуба затруднит соглашение о ядерном разоружении.—
Прим. ред.

Г Л А В А VIII

РАЗВИТИЕ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ПРОБЛЕМЫ РАДИАЦИИ

Почти 40 лет отделяют день рождения авиации от установления регулярных воздушных торговых линий над Атлантическим океаном. И хотя в период зарождения воздухоплавания технические проблемы были четко определены, потребовалось преодолеть немалые трудности, чтобы эти проблемы решить. То же самое наблюдается и в области мирного использования атомной энергии. Потребовалось около 30 лет, чтобы от открытия деления ядра перейти к промышленному использованию атомной энергии. Как и в авиации, в атомном производстве созданию опытных образцов ядерных установок предшествовали годы поисков, потребовавших увеличения кредитов до нескольких сот миллионов новых франков. При этом нельзя забывать о таком важнейшем факторе, постоянно сопутствующем решению проблем, как радиоактивность с ее вредным воздействием на организм человека. Как и лишний вес в авиации, эта опасность постоянно подстерегает человека. Технология ядерного производства связана с проблемами мощных радиоактивных излучений, возникающих непосредственно внутри реактора и продолжающих действовать после его остановки.

Поведение ядерных материалов под действием облучения, техника дистанционного управления технологическими операциями, удаление радиоактивных отходов, защита персонала от радиации в научно-исследовательских центрах и такой психологический фактор, как настроение общественности — все это составляет комплекс проблем, связанных с развитием промышленного использования реакции деления ядра урана.

Технические проблемы атомных электростанций

Основная проблема экономичной эксплуатации атомных электростанций связана с достижением высокого коэффициента полезного действия в процессе использования тепла,

получаемого в реакторе. Чем выше температура в реакторе, тем выше и теплоотдача. Но при этом повышаются и трудности, связанные с поведением конструкционных материалов и ядерного горючего в реакторе.

Обычно ядерным горючим является природный уран в виде металла, сплава или окиси, а также обогащенный уран и, наконец, почти чистый уран-235.

В качестве замедлителя используются графит, тяжелая или обычная вода. Теплоносителем, охлаждающим реактор, могут служить газ, пар, некоторые жидкости или расплавленный металл. Тепловая энергия, выделяемая при делении ядер урана, отводится теплоносителем из реактора, превращается в энергию водяного пара, который направляется в турбогенератор.

По типу теплоносителей энергетические реакторы можно подразделить на реакторы, где теплоносителем является углекислый газ под давлением (в большинстве случаев эти реакторы работают на природном уране), и реакторы, где теплоносителем служит вода под давлением или кипящая вода (эти реакторы работают на обогащенном уране).

Существует особый тип реакторов, пока еще находящийся в стадии изучения, но которому суждено сыграть важную роль в будущем ядерной энергетики. Это так называемые реакторы-размножители, т. е. реакторы с расширенным воспроизведением делящихся материалов. Возможность создания такого типа реакторов была доказана в США в 1953 г. Расширенное воспроизводство делящихся материалов может происходить в процессе превращения урана-238 в плутоний или тория — в уран-233 (искусственный изотоп с периодом полураспада 160 тысяч лет), также способный делиться под действием нейтронов.

Если этот теоретически * возможный процесс будет внедрен в производство, то уран-238, а также торий станут потенциальным ядерным горючим.

Этой цели могут служить только реакторы специального типа, активная зона которых состоит из высокообогащенного ядерного горючего без замедлителя, т. е. реакторы на быстрых нейтронах, значительно меньше поглощаемых конструкционными материалами и способных легко образовывать плутоний в зоне воспроизводства из урана-238, расположенного вокруг активной зоны.

* Расширенное воспроизводство теоретически осуществимо, так как деление одного ядра сопровождается высвобождением в среднем двух или трех нейтронов. Для поддержания цепной реакции необходим один нейтрон и воспроизводство осуществится, если другие свободные нейтроны будут превращать атомы урана-238 или тория в атомы плутония или урана-233.

От экономического эффекта реакторов-размножителей будет зависеть, в какой степени уран и торий практически смогут быть использованы в производстве атомной энергии. Это одна из основных проблем в оценке мировых запасов атомной энергии, но она не является на современном этапе острой необходимостью в связи с избытком запасов природного и обогащенного урана.

В реакторе любого типа отвод выделяемого в процессе реакции деления тепла не может быть осуществлен непосредственным охлаждением ядерного горючего, находящегося в виде металла или окисла урана, так как эти материалы нестойки по отношению к химическим агентам и подвергаются сильному воздействию углекислого газа и нагретой воды. Поэтому ядерное горючее заключают в защитные оболочки, чтобы продукты деления, образовавшиеся на поверхности соприкосновения теплоносителя с горючим, не разносились бы по реактору и не загрязняли бы его.

Создание защитных оболочек для ядерного горючего и выбор материалов для них связан с решением сложных технологических задач. Материалы должны быть стойкими к коррозии, вызываемой жидкими теплоносителями, выдерживать высокие температуры, не должны реагировать с ураном (металлическим или его окисью), слабо поглощать нейтроны и, наконец, материалы должны обеспечивать надежную защиту от излучения при малой толщине.

К сожалению, нержавеющая сталь очень сильно поглощает нейтроны и может быть использована для защитных оболочек только в реакторах, работающих на обогащенном уране. Из распространенных металлов только алюминий и магний можно использовать в качестве конструкционных материалов для защитных оболочек, но температура, при которых они могут быть использованы, строго ограничена. Высокие температуры успешно выдерживают такие металлы, как бериллий и цирконий, получаемые из минералов берилла и циркона. Изучение их свойств, а также промышленное получение ведутся параллельно с развитием производства атомной энергии (в частности, во Франции). Цирконий устойчив к воздействию воды и пара. Этот металл был использован для защиты тепловыделяющих элементов в атомном двигателе первой американской подводной лодки. Бериллий — очень легкий металл, слабо поглощает нейтроны, однако получаемый в настоящее время бериллий еще не отвечает всем необходимым требованиям ядерной технологии. Кроме того, себестоимость его очень высока, так как высокая токсичность бериллия требует надежной защиты работающего с ним персонала.

Проблема устойчивости материала связана не только с воздействием высоких температур, но и с совершенно новым

явлением — воздействием радиоактивных излучений. Действительно, под действием радиоактивных излучений происходят структурные изменения даже в таких обычных материалах, как графит, что отрицательно влияет на их механическую прочность и другие физические свойства. Эти изменения вызваны перемещением атомов в кристаллических структурах под действием мощного нейтронного излучения.

Графит, помещенный в интенсивный нейтронный поток, изменяет свои механические свойства и размеры. При этом по мере накопления энергии создаются такие напряжения, которые необходимо снимать, так как они могут стать очень опасными. Снятие напряжения производится отжигом графита. В результате атомы возвращаются на свои места, освобождая при этом накопленную энергию.

Металлический уран деформируется под действием температуры, излучений и накапливающихся в нем газообразных продуктов деления. Эти деформации в меньшей степени проявляются в небольших кусках металлического урана и в сплавах урана с небольшим содержанием примесей (алюминий, молибден или хром), так как они более устойчивы. Также ведут себя и керамические материалы на основе окиси урана. Под действием интенсивных излучений такие металлы, как бериллий, становятся и хрупкими.

Одновременно с развитием новой промышленной технологии производства ядерного горючего развивается новая прикладная наука, изучающая физико-химические эффекты, которые возникают при воздействии излучений на различные материалы. Эти данные совершенно необходимы при создании энергетических реакторов, экономичность которых, безусловно, связана с долговечностью материалов, особенно тепловыделяющих элементов. Изучение этих вопросов требует создания экспериментальных реакторов с высоким потоком излучений для испытаний материалов.

Активную зону реактора обычно заключают в стальной корпус, способный выдержать высокие давления. Изготовление стальных корпусов такого большого размера связано с рядом трудностей. Так, например, конструкция корпуса из сварных стальных листов толщиной 10 сантиметров не обеспечивала надежной эксплуатации установки*, что надолго задержало пуск первой французской атомной электростанции.

Управление реактором осуществляется изменением положения стержней, сделанных из сплавов (например, из бористой стали), поглощающих нейтроны и влияющих тем самым

* Надежность эксплуатации установки зависит не только от толщины стенок корпуса реактора, но и от свойств выбранных материалов, условий эксплуатации реактора и ряда других факторов.— *Прим. ред.*

на ход цепной реакции. Стержни аварийной защиты могут автоматически выключать реактор при авариях. Автоматические электронные приборы контролируют все процессы в реакторе; определяют радиоактивность в потоке теплоносителя, обнаруживают повреждения в защитной оболочке еще до того, как радиоактивные продукты загрязняют теплоноситель. Среди других точных механизмов реактора нужно указать на приспособления для извлечения облученных стержней, позволяющие проводить эту операцию, не останавливая реактор.

Краткого описания двух атомных электростанций будет достаточно для того, чтобы показать всю сложность решения проблем атомной энергетики.

Строящийся в Шиноне реактор EDF-2 представляет собой систему вертикально расположенных графитовых цилиндров высотой 7 метров и диаметром 12 метров, общий вес которых достигает 3 тысяч тонн. В цилиндрах имеется несколько тысяч вертикальных каналов, куда помещены стерженьки из металлического урана общим весом 250 тонн.

Для охлаждения работающего реактора применяют углекислый газ под давлением (до 25 атмосфер) при температуре 350° С. Вся эта система заключена в стальной кожух диаметром 18 метров, который в свою очередь окружен экраном из бетона толщиной до 3 метров, защищающий операторов от излучений, появляющихся как только начинает работать реактор.

Сжатый газ в теплообменниках отдает свое тепло воде, которая, превращаясь в пар, приводит в действие два турбогенератора, вырабатывающих электроэнергию. Тепловая энергия, получаемая внутри реактора, достигнет примерно 800 тысяч киловатт, около 30% этой энергии превращается в электрическую, часть которой используется для питания компрессоров и насосов, обеспечивающих циркуляцию газа. Расчетная электрическая мощность атомной электростанции составит 200 тысяч киловатт и коэффициент полезного действия — 25%.

Строительство такой атомной электростанции предполагается осуществить за четыре года с затратами около 400 миллионов новых франков.

Самой мощной атомной электростанцией США на конец 1962 г. была Дрезденская электростанция в Иллинойсе. Ее полная мощность достигла 200 тысяч киловатт. На станции установлен реактор кипящего типа на обогащенном уране. Активная зона его заключена в цилиндр трехметровой высоты и такого же диаметра. Ядерным горючим служат таблетки из окиси урана (обогащен на 1,5% ураном-235), помещенные в узкие цилиндры из циркония, собранные в пакеты. Реактор

заключен в цилиндрический корпус высотой 10 метров, который защищен бетонной стеной трехметровой толщины. Замедлителем служит кипящая вода, циркулирующая вдоль урановых стержней; образующийся при этом пар с температурой до 280° С направляется непосредственно на турбину. В целях безопасности реактор и его основное оборудование заключены в стальную сферу диаметром 60 метров, находящуюся под некоторым разрежением, чтобы в случае аварии радиоактивные газы и пыль не могли распространиться.

Это описание дает только поверхностное представление о двух основных прототипах атомных электростанций, являющихся первыми сооружениями такого типа. Атомные электростанции 1980 г. несомненно будут отличаться от своих прототипов, так же как первые самолеты отличаются от современных воздушных лайнеров.

Перспектива развития атомных электростанций связана с решением основного вопроса, касающегося поведения тепло выделяющих элементов, а также снижения капитальных затрат на каждый киловатт-час полученной энергии.

В настоящее время более выгодным представляется использовать несколько обогащенную окись урана вместо природного металлического урана. Стоимость активной зоны реакторов современных атомных электростанций составляет только часть всех капитальных затрат: значительная доля расходов приходится на сталь и бетон, а также на необходимую электронную аппаратуру.

В целях безопасности против проникновения радиоактивных частиц в соседние зоны оборудование, на котором могут скапливаться радиоактивные загрязнения, защищают кожухами из нержавеющей стали, что также повышает себестоимость вырабатываемой электроэнергии.

Несмотря на принятие мер предосторожности, в случае аварии, вероятность которой, правда, ничтожна, может быть причинен значительный ущерб не только соседним районам, но и прилегающим странам, поэтому обеспечение условий безопасности эксплуатации атомных электростанций не под силу частным промышленным компаниям. Эта задача может быть решена только в том случае, если государство возьмет на себя дополнительные гарантии по обеспечению безопасности. В Соединенных Штатах Америки гарантия страховых компаний определена в 60 миллионов, а государственная — в 500 миллионов долларов.

Государства Европы подписали соглашение о гражданской ответственности, определяющее гарантии частных компаний, которые они могут покрывать, в 15 миллионов долларов; государства берут на себя страхование от крупных аварий с гарантией, значительно превышающей эту сумму.

Обработка радиоактивных отходов

За 60 лет, прошедших со дня открытия радия, в чистом виде этот редкий элемент удалось получить лишь в количестве около трех килограммов. Сегодня радиоактивность действующего мощного энергетического реактора эквивалентна радиоактивности нескольких сот тонн радия. Радиоактивность выдвигает перед ядерной промышленностью весьма сложные проблемы не только технического, но политического и психологического характера, которые следует решать по мере того, как будет возрастать применение этих радиоактивных источников.

В течение долгого времени накопление радиоактивных продуктов, образующихся вследствие развития атомной промышленности, будет во много раз превышать их возможное использование, и эта диспропорция будет порождать дополнительные трудности.

Атомные реакторы многих типов, в том числе и реакторы-размножители, по истечении определенного срока работы следует останавливать для химической переработки облученного горючего. Эта операция позволяет регенерировать неиспользованное ядерное горючее, а также выделять плутоний из облученных урановых стержней.

Если нужен чистый плутоний, то его выделяют, когда концентрация составляет одну или несколько долей на тысячу долей урана. При большей концентрации под действием нейтронов плутоний начинает превращаться в другой изотоп с массой 240, который неблагоприятно влияет на характер взрыва. Следовательно, если плутоний предназначен для военного использования, то время пребывания природного урана в реакторе должно быть менее длительным, чем в том случае, если его предполагают использовать в мирных целях.

Химическая переработка облученного ядерного горючего — необходимая операция, в результате которой появляются радиоактивные отходы, представляющие собой растворы продуктов деления двух типов — весьма концентрированные, а потому исключительно высокой активности, и разбавленные, значительно меньшей активности, но большие по объему.

Организовать хранение большого количества жидких отходов малой активности весьма затруднительно. Поэтому их подвергают переработке на специальных химических установках, которые концентрируют радиоактивные продукты в виде осадков; активность декантатов после этих операций оказывается настолько малой, что их можно спускать в реки, даже если вода из них используется для питья. Эта задача техни-

чески разрешима (правда, связана с большими финансовыми затратами) и требует установления строгого контроля, если использовать для сброса радиоактивных отходов реки международного значения.

Англичане сбрасывают малоактивные радиоактивные отходы в Ирландское море, далеко от побережья, для их быстрого разбавления, чтобы случайное заражение рыбы в зоне сброса не было опасным.

Это решение, встретившее массу возражений, в частности Советского Союза, не может стать общим для всех из-за угрозы глобального заражения водных источников. Зато хранение отходов в шахтах, выбранных в соответствии с требованиями безопасности, или в туннелях, не проницаемых для воды и газа, и особенно сбрасывание в океан бетонных блоков, содержащих твердые радиоактивные продукты малой активности, представляется разумным решением данной проблемы.

Высокоактивные растворы максимально концентрируют и сливают в газо- и водонепроницаемые подземные хранилища, оборудованные системой отвода тепла, выделяющегося при радиоактивном распаде отходов, но это решение временного характера: в США запасы таких радиоактивных продуктов достигли нескольких сот тысяч кубометров. Но такой вид хранения имеет и свое преимущество: выделенные из раствора радиоактивные вещества можно использовать в качестве источников интенсивных излучений.

Подсчитано, что накопление радиоактивных отходов, считая по долгоживущим радиоизотопам, достигнет в США к 1980 г. количества, эквивалентного нескольким десяткам тысяч тонн радия, рассеяние которых представило бы значительную угрозу для жизни на земном шаре. Хранение отходов в подземных емкостях оказывается уже неудовлетворительным и в настоящее время разрабатываются способы превращения радиоактивных отходов в нерастворимые твердые соединения или в стекловидную массу. Эти твердые соединения, в которых фиксированы радиоактивные продукты, можно поместить в контейнеры и захоронить в землю, выбрав соответствующие грунты. В США изучается новый способ удаления радиоактивных отходов — захоронение высокоактивных растворов в соответствующие геологические породы, для этой цели используются соляные шахты и заброшенные нефтяные скважины.

Эти примеры свидетельствуют о трудностях, связанных с удалением радиоактивных отходов. Они, несомненно, должны быть преодолены, но это потребует больших финансовых затрат, которые входят в себестоимость электроэнергии, вырабатываемой атомными электростанциями.

Биологическое действие радиации

Действие излучений, радиоактивных веществ на живой организм, было замечено в начале века, через два года после получения радия. Чтобы проверить это, Пьер Кюри подставил руку под поток лучей радия и в результате получил медленно заживающий ожог. Тогда и родилась идея применить лучи радия для разрушения раковых клеток внутри организма. Возникла кюритерапия, которая и сегодня является одним из действенных средств в борьбе с раком.

Излучение радиоактивных элементов представляет собой либо поток частиц с высокой энергией, либо поток гамма-квантов; и частицы, и кванты, проникая в вещество, отдают свою энергию. Радиоактивное излучение разрушает тяжелые молекулы или выбивает электроны атомов, оставляя на своем пути след из электрических зарядов. При этом происходит ионизация вещества, поэтому излучение радиоактивных элементов часто называют ионизирующим излучением.

Ионизирующие излучения могут вызвать тяжелые изменения в клетках, привести их к гибели или изменить возможность их деления, или, наконец, повредить хромосомы и их гены, являющиеся носителями наследственных признаков.

Влияние ионизирующего излучения на живой организм зависит от многих факторов физического и биологического характера и прежде всего от природы проникающего излучения. Альфа-частицы имеют пробег порядка тысячной доли миллиметра. Поэтому их действие весьма интенсивно и локализовано, высвобождение ими энергий происходит в очень малом объеме. Электроны (бета-частицы) и электромагнитные излучения (гамма-лучи) рассеивают свою энергию на большем пути и их локальное действие имеет иной характер: пораженная клетка может не погибнуть и в некоторых случаях возможно восстановление ее функций.

Второй важный фактор — это положение источника излучений по отношению к организму: если источник находится вне организма, последний подвергается облучению только в том случае, если окажется под прямым воздействием пучка лучей; если же источник находится внутри организма (в организм он может попасть в результате радиоактивного загрязнения), то последний будет испытывать постоянное действие излучения. Загрязнение может быть наружным и вызывать поражение кожных покровов или внутренним, приводящим к поражению внутренних органов.

Третий фактор — длительность облучения: одна и та же доза облучения, полученная за короткий промежуток времени, представляет большую опасность, чем при длительном облучении, так как в последнем случае клетки подвергаются мень-

шему поражению и могут восстановиться. С биологической точки зрения различают общее поражение всего организма и поражение отдельных органов и частей тела. Поражения всего организма могут быть как соматическими, опасными только для данного организма, получившего облучения, так и генетическими, которые могут быть опасны для потомства.

Наиболее чувствительны к облучению клетки кожи, внутренние слизистые оболочки, кроветворные ткани (костный мозг и селезенка), половые железы (способность которых образовывать семенные клетки значительно снижается под действием облучения). Нервные и мышечные клетки, более стойки к облучению. Ткани некоторых органов имеют несколько специфическую чувствительность, например хрусталик глаза под действием нейтронов.

Клетки кожного покрова могут быть восстановлены, потому что ткани пораженных органов могут восстановить свои функции после облучения ограниченными дозами и определенной продолжительности.

Соматические изменения в отличие от изменений, вызванных облучением половых клеток, могут быть обратимыми, так как облученные ткани могут восстанавливать свои функции, если доза была небольшой и облучение непродолжительным. Но если облучение оказывается длительным, то изменения могут оказаться необратимыми. Ожоги или воспаления кожи через несколько лет могут привести к раку кожи, как это случилось с первыми радиологами; вдыхание радиоактивной пыли — к раку легких и лейкемии, т. е. раку крови, которые могут возникнуть не только после непродолжительного интенсивного облучения, но и в результате продолжительного облучения менее интенсивными дозами. Проникновение радиоактивных частиц в кости вызывает поражение костного мозга.

Чтобы определить опасность облучения, необходимо знать мощность дозы и объем пораженной ткани. Доза может оказаться смертельной, если в течение короткого периода времени будет поражен весь организм, и не причинит значительного поражения, если, например, облучению подвергается только кисть руки. Попадание в организм небольших количеств радиоактивных веществ с большим периодом полураспада, которые фиксируются в костях, например радий, плутоний или продукты деления, в частности стронций-90, может привести к смертельному исходу.

Первый несчастный случай, произошел в США в 1925 г. с группой рабочих, занимавшихся нанесением светящейся краски на циферблаты часов. В тот период еще не знали, какую опасность заключают в себе радиоактивные излучения.

В результате взрыва атомных бомб в атмосферу попадает образующийся в процессе деления ядер радиоактивный строн-

ций, который представляет новую опасность для живых организмов. Но его действие на организм, без сомнения, очень незначительно, а если высказать самые мрачные предположения, недостаточно обоснованные из-за отсутствия научных данных, то стронций-90 следует рассматривать причиной только нескольких сот случаев из 250 тысяч ежегодных заболеваний на земном шаре*.

Нельзя забывать, что человек постоянно подвержен действию излучений природного характера, земного и неземного происхождения. Источником первых является уран и продукты его радиоактивного распада, находящиеся в земной коре, а также калий, элемент с малой радиоактивностью, постоянно присутствующий в человеческом организме. Источником космического излучения являются звездные тела.

В зависимости от географических и геологических условий дозы естественной радиации могут изменяться: космическое излучение на высоте 3 тысяч метров над уровнем моря в три раза выше, чем на уровне моря. Природная радиоактивность почвы в районах с гранитными породами, как, например, в Бретани, в три раза выше, чем в среднем на земном шаре. В течение года, излучение естественных радиоактивных элементов оказывает на организм человека в два-три раза большее действие, чем космическое.

Интенсивность природного излучения мала и доза его примерно равна тому количеству излучений, которое получает население развитой страны, например Франции, в результате использования в медицине рентгеновских лучей.

Опытных данных о действии малых доз радиации на организм человека нет, поэтому определить степень одновременного воздействия ионизирующих излучений как природного, так и искусственного происхождения, которым подвергается все население земного шара, весьма трудно.

Генетические эффекты связаны с облучением генов хромосом половых клеток. Поражение генов приводит к изменениям наследственности, и впоследствии сказывается на потомстве людей, подвергшихся облучению. Генетическое воздействие радиации имеет кумулятивный характер: измененный ген не восстанавливается, и каждое облучение увеличивает вероятность мутаций. Мутации сохраняются и передаются в последующие поколения, что и вызывает тревогу за судьбы человечества.

Количество мутаций у человека невелико, что удалось установить в результате экстраполяции данных, полученных в опытах над животными. Из этих опытов можно сделать вы-

* Это утверждение автора неверно. Он стремится оправдать французские испытания ядерного оружия и приуменьшить опасность радиоактивного заражения окружающей нас среды.— *Прим. ред.*

вод, что изменения у людей, связанные с облучением, составляют 15—20% от пяти тысяч естественных изменений, которые претерпевают гены человеческого организма в течение всей его жизни. Большая часть изменений обусловлена другими причинами, из которых некоторые, несомненно, химического происхождения. Эти изменения являются причиной трех миллионов случаев аномального развития человека, которые происходят ежегодно на всем земном шаре. Можно утверждать что только очень малая часть этих отклонений от нормы приводит к тяжелым последствиям, как, например, уродство или запоздалое развитие у детей, что, к сожалению, чаще всего является результатом алкоголизма или сифилиса.

Радиоактивные выпадения в результате ядерных взрывов на 2—3% повысили уровень естественной радиации. Это повышение соответствует примерно дозе космического излучения на высоте 200—300 метров. Таким образом, генетические эффекты, связанные с ядерными взрывами, ничтожно малы по сравнению с генетическими эффектами, вызванными естественной и искусственной радиацией. И только непрерывное возрастание числа взрывов и увеличение их мощности приведет к значительному росту этих эффектов.

Защита персонала и населения

Удовлетворительное решение задачи защиты от биологических воздействий излучений является абсолютным условием успешного развития мирного использования атомной энергии. Никогда и нигде не проявлялось такой заботы о защите здоровья персонала, занятого в производстве и охране здоровья населения, как в этой новой отрасли промышленности.

Я знаю, в каких условиях работали с радием в научных лабораториях до войны. Никаких мер защиты практически не принималось. Установленные в настоящее время предельно допустимые нормы в 100 раз строже тех, с которыми приходилось сталкиваться первым ученым-экспериментаторам, и это часто причиняло большой вред их здоровью, а иногда и жизни.

Меры предосторожности при работе с радиоактивными веществами совершенно необходимы, так как существует реальная опасность вредного воздействия облучения на организм человека. Пресса столько писала об этой опасности, что страх обществу перед последствиями радиоактивных излучений взял верх над другими страхами, хотя человечество само продолжало увеличивать эту опасность, идя по пути технического прогресса. Опасность, связанная с радиацией, будет представлять собой значительное препятствие психологического характера, которое необходимо преодолеть в ходе

развития промышленного производства атомной энергии. Эти необычные по своей природе излучения, которые невозможно ни увидеть, ни ощутить, показали свою силу в трагедии Хиросимы и при облучении японских рыбаков в 1954 г.

Генетические эффекты воздействия излучений очень трудно определить с большой точностью, и это вызывает противоречивые мнения ученых.

Всегда очень сложно представить реакцию общественности на все несчастные случаи, связанные с радиоактивностью промышленных ядерных установок. К счастью, еще ни один такой случай не причинил ущерба здоровью людей, не работающих на атомных электростанциях.

Но не всегда может быть так и, возможно, что несчастный случай с человеческими жертвами, не связанный с эксплуатацией атомного предприятия, может на несколько лет задержать промышленное развитие атомной энергии. Меры по защите от радиации, которые будут необходимы в новой отрасли промышленности, должны быть тщательно изучены и разработаны и непременно соблюдаться, если в ближайшее двадцатилетие атомные электростанции предполагается строить около городов или в их пригородах.

Одна из главных трудностей проблемы защиты персонала от радиации связана с тем, что поглощенные дозы ионизирующих излучений, не оказывающих действия на органы чувств, могут быть обнаружены и измерены только специальными приборами. Допустимые дозы ионизирующих излучений должны быть ниже уровня норм безопасности. Эти нормы были определены международными комиссиями (первая комиссия созывалась в 1928 г. под руководством Международного конгресса по радиологии) и оправдали себя на практике.

Для человека, постоянно работающего с радиоактивными веществами, допустимые безопасные нормы различаются в зависимости от характера облучений (внешнее или внутреннее, происходящее в результате проникновения радиоизотопов внутрь организма через органы пищеварения, дыхания или кожу).

Нормы радиационной безопасности были разработаны на основании опытов над млекопитающими животными и изучения случаев лучевого поражения врачей-радиологов, исследователей, работающих с радиоактивными веществами, художников, использующих светящиеся радиоактивные краски, а также лиц, случайно попавших под облучение. При этом учитывались также дозы естественной радиации, действующей на все население земного шара.

Предельно допустимые нормы облучения для работающих непосредственно с радиоактивными веществами примерно раз в двадцать превышают средние дозы облучения, получаемые

населением вследствие естественной радиации и использования в медицине рентгеновских лучей.

Опасность излучений зависит от их природы, условий возникновения и характера радиации. Действительно, доза облучения обратно пропорциональна квадрату расстояния до источника и зависит от плотности и свойств облучаемого материала: при одинаковой толщине материалов поглощение будет тем выше, чем больше их плотность; например, очень высокая поглощающая способность у свинца.

Защита от действия проникающих излучений осуществляется применением дистанционного управления необходимыми процессами, а также сооружением экранов из материалов с большой плотностью.

Для защиты от нейтронов, образующихся в действующем реакторе, используют специальные экраны из бетона, в который вводят вещества, поглощающие именно эти частицы. Для работы с радиоактивными материалами, испускающими лучи с малой проникающей способностью, например с плутонием, достаточно ограничиться защитной одеждой и перчатками, а ручные операции производить только в закрытых и хорошо вентилируемых боксах, чтобы избежать попадания этих веществ на кожу и внутрь организма.

Штольни в урановых шахтах должны хорошо вентилироваться, чтобы выводить наружу радиоактивную пыль и радиоактивный газ — радон. Работающие в шахтах должны в случае необходимости надевать маски для защиты от пыли. На заводах по переработке облученных урановых стержней и в лабораториях, где производится ручная переработка больших количеств радиоактивных веществ, установлены мощные вентиляционные установки и фильтры, которые задерживают пыль, содержащую радиоактивные вещества, до того, как они попадут в вентиляционную трубу. Любая жидкость, загрязненная радиоактивными продуктами, подвергается переработке в специальных установках, чтобы довести концентрацию радиоактивных веществ до предусмотренных нормами величин, после чего эти жидкости выводят в окружающую среду: реки или океан. Контроль за радиационной чистотой атмосферы осуществляют специальные регистрирующие приборы, расположенные около крупных ядерных установок и атомных электростанций. Регистрирующая аппаратура иногда снабжена приспособлением для подачи сигналов тревоги в случае если уровень радиации окажется выше допустимого.

Фотопленки и портативные радиометры регистрируют ежедневные и еженедельные дозы облучения, получаемые обслуживающим персоналом. Постоянные измерения радиоактивного загрязнения рук и одежды при выходе из горячих ла-

бораторий, где проводятся работы с высокоактивными веществами, предупреждают об опасностях заражения.

Большинство смертельных случаев за последнее двадцатилетие было вызвано неожиданным началом цепной реакции. Так, в США произошел несчастный случай при неосторожной работе с высококонцентрированными делящимися материалами, в Югославии в 1959 г.— при проведении экспериментальных работ в опытном реакторе без бетонной защиты; в 1961 г. в США произошел взрыв в реакторе при слишком быстром извлечении из реактора управляющего стержня; при этом погибло три человека.

Трагический случай произошел в Лос-Аламосе в 1946 г. Американский физик Луис Слотин проводил опыт с двумя кусками делящегося вещества. Одно неправильное движение и один кусок приблизился к другому — началась цепная реакция на быстрых нейтронах. Слотин разъединил оба куска и, приказав своим сотрудникам, которые находились на некотором расстоянии от взрыва, оставаться на местах, быстро рассчитал в уме дозы, полученные каждым сотрудником, и определил, что они не опасны для их жизни, но доза, полученная им самим, оказалась смертельной.

Опыт показывает, что, как правило, несчастные случаи происходят в результате несоблюдения или отсутствия точных инструкций по радиационной безопасности. Атомный реактор, даже очень малой мощности, требует от всего персонала соблюдения строгой дисциплины. Система сменных дежурств и единоначальное руководство совершенно необходимы, особенно при работе на экспериментальных реакторах.

Однако, несмотря на несколько упоминавшихся выше отдельных несчастных случаев, к которым нужно добавить еще пожар в Уиндскейле в 1957 г., можно уверенно сказать, что благодаря применению мер безопасности и бдительности персонала атомная энергетика является отраслью промышленности, где в настоящее время происходит меньше всего несчастных случаев.

Защита населения от радиации является таким же важным звеном службы безопасности, как и защита обслуживающего персонала. В связи с этим должны изучаться проблемы рационального географического размещения новых атомных энергетических установок, чтобы свести к минимуму опасность радиации для населения.

Быстрая эвакуация прилегающих к атомной установке населенных районов является необходимой мерой, чтобы избежать влияния радиации при тяжелых аварийных случаях, которые, к счастью, до настоящего времени не происходили. Поэтому крупные ядерные реакторы надо строить в малонаселенных районах на расстоянии, не ближе десяти километров

от крупных населенных пунктов, так как эвакуация из этих районов или его пригородов была бы сопряжена со многими трудностями.

В условиях нормальной эксплуатации атомных установок контроль за жидкими и газообразными выбросами должен быть эффективным, обеспечивающим безопасность населения от воздействия вредных излучений. Многочисленные национальные и международные организации занимались разработкой системы предельно допустимых доз облучения и пришли к общему мнению, что для населения можно допустить дозы, вдвое большие, чем те, которые определяются естественной радиацией.

В настоящее время большое внимание уделяется изучению вопросов возможного загрязнения продуктов питания в результате присутствия в воздухе, воде и почве некоторых радиоактивных элементов. Способность радиоактивных веществ фиксироваться в различных органах животных или в растениях может привести к повышению концентрации этих веществ в некоторых продуктах питания. В настоящее время изучается поведение различных радиоактивных элементов во всем многообразии условий, в которых создаются и производятся продукты питания.

Эти исследования, как и исследования генетических эффектов радиации, оправдывают развитие новой науки — радиологии, как необходимого дополнения ко всей проблеме использования атомной энергии.

Даже при отсутствии результатов этих исследований, научные данные вооружают человека знаниями, как противостоять вредному воздействию ионизирующих излучений, возникающих в процессе промышленного развития ядерной энергии. Впрочем, эти ионизирующие излучения представляют собой не только источник возможной опасности, но являются и исключительно богатой областью применения радиоактивных искусственных элементов.

Искусственные радиоактивные элементы в биологии и медицине

Открытие искусственных радиоактивных элементов (радиоактивных изотопов), а затем реакции деления ядра урана и использование ее в атомных реакторах, позволило значительно расширить число и количество полученных радиоактивных элементов для их использования в различных областях науки и техники.

Вначале число радиоактивных элементов ограничивалось радием и продуктами его естественного радиоактивного распада. В атомных реакторах оказалось возможным помимо

многочисленных продуктов деления урана получать радиоактивные изотопы почти всех элементов периодической системы, подвергнув их действию мощного потока нейтронов, которые образуются в реакторе. Искусственные радиоактивные элементы, получаемые в реакторе, имеют различные периоды полураспада: от доли секунды до нескольких тысяч лет. Практически используют радиоактивные элементы с достаточно большим периодом полураспада.

Искусственные радиоактивные элементы могут быть легко выделены и очищены, часто в таких малых количествах, которые невозможно взвесить, но легко определить с большой точностью по излучению, регистрируемому счетчиком Гейгера.

Искусственные радиоактивные элементы, как правило, излучают бета-частицы, энергия которых и соответственно проникающая способность различна для различных элементов; в этих случаях частицы могут пройти только через тонкий листок целлофана, в других — через металлическую пластинку толщиной в несколько миллиметров. Более того, бета-излучатели очень часто одновременно излучают и гамма-лучи с большой проникающей способностью, а поэтому для их поглощения требуются защитные материалы большой плотности.

Начиная с 1948 г. в США, Англии и Франции передано в распоряжение научно-исследовательских учреждений, промышленных предприятий, медицинских учреждений более 100 видов искусственных радиоактивных элементов, различных по своим химическим свойствам, характеру излучения и периодам полураспада. Ежегодно атомные комиссии предоставляют для использования в своих странах, а также на экспорт тысячи излучателей. Экономическая выгода от применения радиоизотопов оказалась настолько значительной, что в интересах государства стало поставлять радиоизотопы по умеренным ценам, чтобы стимулировать развитие новой отрасли промышленности.

В биологии радиоактивные изотопы были первоначально использованы в качестве радиоактивных индикаторов или меченых атомов, названных так потому, что излучения радиоактивных атомов, позволяют проследить поведение данного элемента или химического соединения в живом организме. Действительно, наука никогда еще не знала таких средств, чтобы отличить атомы определенного элемента, находящиеся в смеси с другими атомами этого же элемента. Этот метод позволил решить многие задачи. Так, например, с помощью меченых атомов удалось проследить движение воды в организме, ибо раньше невозможно было отличить молекулы только что выпитой воды от молекул воды, уже имеющейся в организме. Если очень небольшую часть водорода воды заме-

нить тритием (радиоактивным изотопом водорода, который по своим химическим свойствам ничем не отличается от обычного водорода, но испускает интенсивные бета-частицы, которые можно обнаружить простейшими приборами), то легко установить, что выпитая вода будет постепенно в течение месяца выводиться из организма вместе с уже имеющейся там водой.

Применение меченых атомов позволяет проследить поведение элементов в организме, и точно установить, какие соединения и где образуются. Меченые атомы представляют собой, пожалуй, наиболее важное средство для исследований, полученное человеком после изобретения микроскопа.

Радиоактивные индикаторы стали сегодня мощным средством медицинской диагностики, так как они помогают изучить процесс обмена веществ в организме. Например, по характеру поглощения радиоактивного иода щитовидной железой можно судить о ее функциях. Введение в кровь плазмы или сыворотки, меченной атомами радиоактивного железа, позволяет изучать движение крови в организме. По избирательному поглощению некоторых радиоактивных элементов можно определить некоторые виды опухолей. И, наконец, меченые атомы позволяют точно определять границы ткани, пораженной гангреной. Можно получать также многочисленные сложные органические молекулы, меченные радиоактивным углеродом, тритием или серой, чтобы изучать их обмен в организме. С помощью радиоактивных изотопов исследуют поведение многих веществ, которые находятся в организме в ничтожно малых количествах, но играют в нем важную роль.

В настоящее время проводятся очень интересные опыты по изучению бактерий и вирусов, меченных радиоактивными элементами.

Искусственные радиоактивные элементы благодаря разнообразию характера их излучения и периодов полураспада нашли широкое применение в радиотерапии для внутреннего облучения. Для этого нельзя использовать радий, так как он фиксируется в костях и оказывает токсическое действие на организм; к тому же радий имеет большой период полураспада. В организм могут быть введены те радиоактивные элементы, период полураспада которых достаточно мал — от нескольких дней до нескольких недель. Это необходимо для того, чтобы продолжительное пребывание радиоизотопов в организме не вызвало в нем опасных изменений в результате длительного облучения.

Если ограничиться применением изотопов, излучающих только бета-частицы с меньшей проникающей способностью, чем гамма-лучи, то можно сосредоточить действие излучения в определенном малом объеме живой ткани. Наконец, можно выбрать радиоактивные вещества с такими химическими

свойствами, которые позволяют фиксировать эти элементы в отдельных участках органов, пораженные клетки которых необходимо разрушить. Способность избирательного поглощения тканями некоторых радиоактивных изотопов лежит в основе радиотерапевтических методов лечения. Для этой цели рекомендуются радиоактивные изотопы фосфора, иода и золота, периоды полураспада которых равны 14,8 и 2 дням.

Радиоактивный фосфор избирательно фиксируется в некоторых тканях, в частности, в костях, костном мозге, печени, лимфатических железах, последние из которых играют важную роль в кроветворении. Поэтому его успешно применяют при лечении заболеваний крови не ракового характера, в частности полиглобулии, при которой происходит чрезмерное образование красных кровяных телец, что вызывает серьезные нарушения в организме. Однако при лечении различных форм лейкемии, рака крови, действие радиофосфора не лучше, чем действие рентгеновских лучей.

Радиоактивный иод позволяет в некоторых случаях излечивать редкие формы рака щитовидной железы.

Радиоактивное золото используется в виде коллоидного раствора, что позволяет фиксировать его в отдельных областях опухоли, подвергая облучению только пораженные места. Оно успешно применяется при лечении некоторых видов рака.

Несомненно, радиоактивным искусственным изотопам, уже нашедшим разнообразное терапевтическое применение, принадлежит будущее в медицине, которое, конечно, не ограничится областью диагностики заболеваний.

Применение искусственных радиоактивных элементов в промышленности и сельском хозяйстве

Искусственные радиоактивные изотопы используют или как источники излучений, или как меченые атомы.

Основное использование радиоактивных элементов как источника излучения — область радиографии крупных металлических деталей и автоматического контроля плотности веществ, которые помещают между источником и прибором, регистрирующим излучение, интенсивность которого изменяется в зависимости от плотности вещества. Этим методом с большой точностью можно определить, на каком уровне в доменной печи находится расплавленный металл, автоматически контролировать укладку предметов в картонную тару и т. д.

Для практического применения этого метода имеются широкие возможности. Во время последней войны Швейцария, например, использовала источники радиоактивного излучения для контроля запломбированных вагонов, направлявшихся

транзитом из Германии в Италию, для проверки их содержимого.

Источники излучений различной мощности используются в промышленности для определения толщины целлофановых пленок, каучуковых лент, листового железа. Радиоактивный кобальт, который стоит во много раз дешевле радия, успешно применяется для радиографии сварных швов, больших металлических изделий, отливок и поковок, что позволяет обнаруживать наличие внутренних дефектов в них.

Радиоактивные меченые атомы нашли также применение в промышленности, например в гидрологии, где используют тритий для определения движения воды. Меченые атомы помогают обнаруживать характер перемещения песков, что очень важно для борьбы с песчаными заносами рек и портов, определять место утечки газа, проходящего по трубопроводу, а также износ металла (по наличию следов металла в масле, которые появляются в результате износа движущихся деталей, сделанных из радиоактивной стали). Все шире и шире внедряются методы контроля без разрушения образца; по введенной активности образца, облученного нейтронами, судят о содержании в нем тех или иных элементов.

Токсичность светящихся красок, имеющих в своем составе радий, препятствует их широкому использованию в живописи, однако, заменив радий другим радиоактивным элементом — тритием, испускающим лучи с меньшей проникающей способностью, можно приготовить светящиеся краски, безопасные для здоровья людей.

Недавно в США в качестве источников электроэнергии для питания аппаратуры на борту спутника были использованы источники интенсивных долгоживущих радиоактивных элементов. Радиоизотопные батареи применяются также для питания электроэнергией автоматических радиопередатчиков полярных метеорологических станций, расположенных в труднодоступных районах.

Радиоактивные излучения используются в промышленности благодаря их химическому действию, позволяющему изменять структуру некоторых материалов. Это свойство излучений используется в производстве пластических масс, некоторые из которых под действием радиации становятся стойкими при высоких температурах, проводятся исследования по понижению температуры крекинга углеводородов и повышению интенсивности действия катализаторов в химическом синтезе. Предполагается использовать радиоактивные излучения для проведения химических реакций: превращения азота и кислорода в азотную кислоту, окисления органических продуктов и др. Если эти исследования дадут желаемые результаты, станет возможным строительство реакторов с единственным

назначением — осуществлять химический синтез новым методом.

Наконец, способность радиоактивных излучений в больших дозах убивать бактерии используется для стерилизации материалов, подлежащих длительному хранению в тех случаях, когда они не выносятся тепловой обработкой.

Излучения в больших дозах убивают бактерии. Это явление начали использовать в последние годы для обработки продуктов питания с целью повышения их срока хранения. Однако под действием излучений изменяется вкус и запах некоторых продуктов, уничтожаются витамины, что вызывается химическими изменениями, происходящими в них под действием облучения. Потребуется время, чтобы добиться такой обработки продуктов, которая не повлечет за собой подобных изменений их качеств и тогда эти методы будут широко использоваться в разных странах мира. Небольшие дозы излучений в то же время позволяют уничтожать клетки, чувствительные к облучению и способные к быстрому воспроизводству, что используется при радиационном разрушении зародыша в картофеле, который при этом лучше сохраняется.

Радиоактивные искусственные элементы нашли не менее широкое применение и в сельском хозяйстве. Меченые атомы применяют для изучения круговорота кальция и фосфора в природе, для улучшения условий использования искусственных удобрений и т. п. Прибавляя в пыльцу растений радиоактивный фосфор, изучают процесс опыления их. С помощью меченых атомов можно проследить миграцию вредных насекомых.

Ионизирующие излучения используются для борьбы с насекомыми; для этого в лабораторных условиях стерилизуют самцов и затем выпускают их в нужном районе, чтобы скрещивание со стерильными насекомыми оказалось доминирующим. Этим методом в США в течение трех лет были уничтожены огромные количества насекомых, наносивших вред сельскому хозяйству.

Применение интенсивных излучений для получения устойчивых искусственных мутаций в результате облучения хромосом представляет собой оригинальное средство создания новых видов растений и тем самым расширяет возможности генетики.

Наконец, радиоактивный углерод-14 с периодом полураспада около шести тысяч лет, который можно получить в реакторах средней мощности при бомбардировке азота потоком нейтронов, используется для изучения основной проблемы фотосинтеза — процесса превращения в растениях углекислого газа воздуха в жиры и сахар под действием солнечных лучей.

В настоящее время проводятся интересные опыты. Растения помещают в атмосферу, насыщенную углекислым газом, меченым радиоактивным углеродом, что позволяет обнаружить последовательные стадии обмена веществ, приводящие к образованию сложных молекул, необходимых для жизненных процессов. Решение этого вопроса может послужить большим вкладом в решение проблемы питания, позволив увеличить количество существующих на земле продуктов питания, используя для этого самый мощный из всех источников природной энергии — солнце.

Другое удивительное применение находит радиоактивный углерод в археологии для определения возраста геологических эпох. Нейтроны космических излучений вызывают в высоких слоях атмосферы образование радиоактивного углерода, входящего затем в состав атмосферного углекислого газа; причем отношение между углеродом и радиоуглеродом остается постоянным. Между растениями и углекислым газом атмосферы существует постоянный обмен углеродом, в результате содержание радиоактивного углерода в живых организмах становится также постоянным.

Когда растение погибает, углеродный обмен с воздухом прекращается и количество радиоактивного углерода уменьшается вследствие его распада. По содержанию углерода-14 в общем количестве углерода можно определить возраст данного организма с точностью до 100 лет. Таким образом удалось определить возраст гигантских секвой, древних манускриптов, найденных в Мертвом море, установить время захоронения мумий, раскрыть с большой точностью волнующие загадки прошлого.

Радиоактивные элементы используются и в криминалистике для быстрого определения в сомнительных случаях причины смерти человека. Следовательно, благодаря использованию искусственных радиоактивных элементов наука и техника вооружаются новыми методами исследований, не требующих больших затрат.

Радиоактивные изотопы еще не нашли широкого распространения в промышленности; это объясняется вредным действием излучений на человека, но тем не менее уже готовятся специальные технические кадры для работы в промышленности с радиоактивными элементами. Однако в 1959 г. в США годовая экономия от применения в промышленности нового радиоизотопного оборудования составила около 50 миллионов долларов*. Совершенно очевидно, что применение радиоактивных элементов должно быть подчинено строгим правилам.

* Применение радиоактивных изотопов в народном хозяйстве СССР только за 1963 г. дало экономию более 200 миллионов рублей.— *Прим. ред.*

Во Франции, Кодекс здравоохранения распространяет на радиоактивные элементы законодательство, относящееся к токсическим веществам, и применение радиоизотопов в качестве средств облучения строго ограничивается диагностикой заболеваний и терапией. Выдача радиоактивных изотопов контролируется межминистерской комиссией, а для использования их в терапии необходимо разрешение министра здравоохранения.

Комиссариат по атомной энергии практически монопольно занимается производством радиоактивных элементов и экспортом их за границу. В 1962 г. 1300 различных французских предприятий работали с радиоактивными элементами; две трети составляли промышленные предприятия, одну четверть — исследовательские центры и десятую часть — медицинские учреждения. В течение всего года было выдано 18 тысяч разрешений на приобретение радиоактивных элементов на сумму более 3 миллионов новых франков; причем более двух пятых этой суммы составлял экспорт.

Использование искусственных радиоактивных элементов, хотя и не связано непосредственно с производством ядерной энергии, все же является одной из основных областей ее применения, находящейся, к счастью, вне сферы политики и государственного престижа. Эта область будет расширять свои рамки в будущем и наряду с производством электроэнергии принесет большую пользу и станет источником новых открытий, которые оправдают в значительной мере расходы правительства на развитие атомной энергетики.

Г Л А В А IX

БУДУЩЕЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Стратегическое положение страны, ее промышленный потенциал, численность мужского населения, которые совсем недавно являлись определяющими в военной иерархии великих держав, теперь обретают второстепенное значение на международной арене; главное в настоящее время — владеет ли данная держава атомным оружием и имеются ли в ее распоряжении средства, чтобы доставить это оружие к цели. Международную мощь нации характеризует атомный потенциал. И хотя первый элемент, произведенный в значительном количестве современной наукой, не золото, этот новый элемент — плутоний — определяет сегодня силу и богатство государства. Ни одна современная держава, стремящаяся сохранить свою независимость, не может обойтись без развития производства атомной энергии, которая служит дополнением к обычным источникам энергии.

Очень важно представить себе будущее атомной проблемы во всех ее аспектах.

Самая тревожная, очевидно, политическая проблема: по мере того как будут совершенствоваться средства доставки атомного оружия — межконтинентальные ракеты, ракеты «Поларис», выпускаемые с погруженной подводной лодки, и в скором времени искусственные спутники — опасность случайного развязывания атомной войны становится все более вероятной; причем страна-агрессор может остаться неизвестной. Уже одно это дает представление о тех значительных изменениях, которые происходят в области военного использования атомной энергии по мере того, как растет число стран, владеющих атомным оружием.

Постоянной целью американской атомной политики было стремление ограничить число стран, владеющих атомным оружием. США надеялись закрыть двери атомного клуба и остаться единственным его членом в течение 10—20 лет; и так было в течение четырех лет, а в 1960 г., через 15 лет после

окончания второй мировой войны, Франция вступает в атомный клуб и становится уже четвертой державой, владеющей атомным оружием.

Несколько лет отделяют каждое вступление нового члена в атомный клуб и каждый раз тшечно возобновляются переговоры о ядерном разоружении с участием нового партнера. Тем не менее заключение летом 1963 г. Московского договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой и его ратификация почти всеми странами мира, за исключением Франции и Китая, представляет первый, пусть хотя бы символический тормоз в гонке атомных вооружений. Этот договор выражает единодушные трех великих атомных держав в отказе от испытаний атомных бомб. Нам предстоит увидеть, замедлит ли этот договор появление новых членов атомного клуба, поскольку поле их деятельности будет ограничено исключительно подземными ядерными испытаниями.*

Материальная основа атомной энергии — уран, оказался очень распространенным металлом на земном шаре, чего не предполагали и на что не рассчитывали в 1945 г. Теперь любая крупная держава, имеющая современную промышленность, может получать его даже из очень бедных руд.

Раскрытие атомного секрета позволяет любой промышленной державе, предприняв решительные усилия в этой области, изготовить достаточное количество взрывчатых материалов.

После Франции следующим членом атомного клуба должен стать Китай; трудно предвидеть, когда это событие произойдет, но скорее всего это будет до 1965 г.

После 1965 г. производство атомной бомбы, без сомнения, станет доступным Швеции, а затем и Индии, которая не сможет согласиться с доминирующим положением Китая в области ядерного оружия в Азии и приступит к производству оружия, хотя премьер-министр Индии Джавахарлал Неру неодобрительно высказывался по отношению к этому оружию.

К этому времени и Федеративная Республика Германии и Япония, которым существующими международными договорами запрещена всякая деятельность, направленная на производство ядерного оружия, тоже достигнут такого атомного потенциала, который позволит приступить к производству ядерного оружия.

* Московский договор о запрещении испытаний ядерного оружия в трех средах вызвал известное ослабление международной напряженности. Тот факт, что более 100 государств поставили свои подписи под этим важнейшим документом, свидетельствует о его огромном значении.— *Прим. ред.*

Высокая техническая подготовка и независимость усилий страны в области развития атомной энергии выдвигает Швецию в кандидаты атомного клуба. Она могла бы вступить в него в ближайшее десятилетие, имея своей целью создание атомного оружия для обороны страны и сохранения нейтралитета. Вопрос об атомном вооружении, выдвигаемый командованием Вооруженных сил, регулярно обсуждается в шведском парламенте, но и по сей день остается нерешенным, хотя строящийся завод по обработке урановых сланцев, который будет производить уран по ценам, значительно превышающим цены мирового рынка, свидетельствует о намерении страны создать независимое национальное производство, начиная от урановых шахт и кончая заводами по получению плутония.

Швейцария, на территории которой до настоящего времени обнаружены лишь незначительные запасы урана, тем не менее ставит вопрос об атомном вооружении, рассчитывая приобрести это оружие у другой страны и сохранить при этом свой традиционный нейтралитет, что сегодня, увы, невозможно. Плебисцит, проведенный в марте 1962 г., большинством голосов отклонил предложение о запрещении на территории Швейцарии хранения, использования и производства атомного оружия.

Зато Канада с ее плутониевой промышленностью, развивающейся в течение уже более десяти лет, представляет собой единственную страну, не имеющую программы атомного вооружения. Эта позиция, несомненно, связанная с покровительством союзных англосакских стран, дает ей право быть твердым сторонником прекращения ядерных взрывов, отмены политики контролируемой помощи и закрытия атомного клуба, для членов которого Канада была долгое время и останется в течение нескольких лет одним из крупнейших поставщиков урана.

Неписанный устав атомного клуба запрещает стране — члену этого клуба оказывать поддержку другим государствам для вступления их в этот клуб. Но всегда ли будет так? Если помощь в делящихся материалах становится законной, то от такой помощи до передачи бомб только один шаг.

Рост числа членов клуба за счет тех государств, которым будет разрешено вступить в него, сделает призрак атомной войны еще более возможным и усложнит проблему ядерного разоружения.

Политика контролируемой помощи является временной и малоэффективной полумерой, так как при отсутствии подлинного международного контроля в плане мирного развития атомной энергии возможные попытки развитых стран навязать контроль малоразвитым странам будут постоянно обречены на неудачу, если даже на какое-то время им и удастся

затормозить вступление в атомный клуб новых государств, владеющих атомным оружием.

Американское правительство в интересах развития промышленности намерено содействовать экспорту атомных электростанций на обогащенном уране. Это позволит одновременно осуществлять политику контроля, потому что ядерное горючее для этих электростанций придется покупать в США, которые в течение долгого времени сохраняют почти полную монополию в торговле ураном-235. В то же время можно уверенно сказать, что будет все труднее заставить страны, покупающие атомные электростанции на природном уране, как, например, Индию, согласиться на установление контроля за мирным использованием атомной энергии.

Соревнование между странами, производящими уран, в особенности между Южной Африкой и Канадой, которые в будущем потеряют американский рынок, а также возможное открытие новых урановых месторождений в других странах неизбежно должны привести к некоторому ослаблению ограничений в торговле ураном в ущерб англосакской политике контролируемой помощи. Трудно предвидеть будущее такой политики в обстановке растущей конкуренции между передовыми странами, лишенными внешних рынков, и менее развитыми странами с их стремлением к независимости. Последние не хотят стать сегодня же членами атомного клуба и не согласны допускать надзор за производством атомной энергии со стороны великих держав, которые в свою очередь не разрешают контролировать собственные атомные электростанции.

Политические противоречия, связанные с атомной энергией, будут и в будущем влиять на развертывание программ ее мирного использования. При равных экономических возможностях двух стран одна из них, обладающая собственным ядерным горючим, может предпринять электрификацию страны на базе атомной энергии. Другая, лишенная урановых запасов, предпочтет получать электроэнергию обычным путем, ввозя органическое топливо, свободное от политического контроля. Страна, располагающая ядерными материалами и свободная от ограничений в их использовании, принимая программу электрификации, может избрать путь строительства более дорогих атомных электростанций, чтобы обеспечить себя промышленной базой, которая позволит ей перейти к программе атомного вооружения в тот момент, когда внешние обстоятельства сделают это необходимым.

Отсутствие всеобщего ядерного разоружения и возможный рост числа стран, приступивших к программе атомного вооружения, приведут к расширению мировой промышленности, которая будет косвенно способствовать увеличению прибыльного применения атомной энергии. Таков результат глубокого

переплетения гражданских и военных проблем в области использования ядерной энергии. При проведении в жизнь действенной программы всеобщего разоружения в результате демилитаризации крупных складов делящихся материалов и заводов, производящих эти материалы, и передачи их для мирного производства будут созданы более благоприятные условия для развития мирной атомной промышленности.

Возможное открытие новых значительных запасов урана, вероятно, отодвинет начало восстановления урановых рудников в Южно-Африканской Республике и Канаде в прежних масштабах. Цены на уран будут сохраняться низкие до тех пор, пока расходы, необходимые для пуска в эксплуатацию заброшенных шахт, не вызовут повышения цен до их уровня в годы атомной горячки.

Таким образом, в ближайшем будущем, пока мировая потребность в промышленном использовании атомной энергии не достигнет уровня, превышающего потребление атомной энергии для военного производства, экономика ядерных материалов и стоимость атомной энергии, будут зависеть исключительно от политических факторов.

Зависимость объема мирного использования атомной энергии от развития военного атомного производства, какой бы она сложной и трудной не была, в прошлом значительно способствовала развитию программы мирного использования атомной энергии, так как без связи с военным производством, промышленность ядерных материалов никогда бы не достигла такого огромного размаха; и такие низкие цены на делящиеся материалы, обусловленные их изобилием, были бы немыслимы при развитии только отраслей мирного производства.

Предсказать сегодня дальнейшие пути развития ядерной техники так же трудно, как и предвидеть будущее атомной политики.

Шум, поднятый вокруг предполагаемого осуществления реакции синтеза легких атомов для управляемого процесса получения энергии, заставил поверить, что уран — уже пройденный этап в атомной энергетике, а водород, содержащийся в мировом океане, станет на службу человечеству как неограниченный источник энергии.

Но этого не произошло. Лабораторные работы по термоядерному синтезу — еще только первые шаги; потребуется предварительное «возделывание почвы» для новой и увлекательной области науки — физики плазмы, физики полностью ионизированных газов. В лабораторных условиях уже удалось получить высокие температуры, значительно превышающие достигнутые ранее. Потребуется несколько лет для практической проверки этих исследований, и сегодня никто не может сказать, будет ли термоядерная реакция использоваться для

производства энергии. Если удастся осуществить в лабораторных условиях управляемую реакцию синтеза, то потребуются многие десятки лет, как это было с реакцией деления ядра урана, чтобы выяснить, сможет ли новый предполагаемый источник энергии конкурировать с другими видами энергии. Преимущество этого нового источника энергии заключается в том, что он не образует радиоактивных продуктов; однако применение его потребует сложного оборудования, новых материалов и средств защиты от излучений, возникающих в процессе реакции. Стоимость энергии термоядерного синтеза, как и энергии делящихся ядер, будет зависеть от стоимости оборудования и горючего, которые отнюдь не будут низки.

Технические проблемы промышленной реализации реакции деления ядер нашли свое полное решение и возможные усовершенствования будут, несомненно, не революционного характера. Значительные изменения, однако, могут произойти в случае открытия нового процесса разделения изотопов, который сделает более легкими и экономичными производство тяжелой воды и особенно урана-235.

Задача заключается в том, чтобы разработать такой процесс разделения изотопов, который бы при умеренных затратах позволил перерабатывать десятки тонн урана. Применяемый же в настоящее время процесс газовой диффузии может быть экономичным лишь на огромных заводах производительностью не менее нескольких сот тонн урана в год. Наиболее перспективным считается метод ультрацентрифугирования гексафторида урана. Этот метод был разработан в США в начале войны, но потом от него отказались из-за технологических трудностей. Однако в настоящее время эти трудности разрешены.

Очень возможно, что через несколько лет в ультрацентрифуге, стоящей несколько десятков миллионов новых франков, всего лишь из 10 тонн природного урана удастся получить около 20 килограммов урана-235, необходимых для изготовления одной бомбы.

Внедрение нового процесса разделения изотопов может затруднить попытки установления политического контроля над мирным использованием урана. Подобный технический прогресс при использовании новой созданной установки, позволяющей производить уран в количествах, сравнимых с потреблением урана на современных военных заводах, сделает производство атомного оружия доступным многим державам, так как в соответствии с действующим уставом Международного агентства по атомной энергии такая установка может быть продана без ограничений в ее использовании. Это показывает несостоятельность системы контроля, ибо ее эффективность может снова стать предметом изучения в том

случае, если будет совершен резкий технический прогресс. Если уран-235 станет дешевле, чем производимый ныне американской промышленностью, то может значительно измениться и характер промышленного использования атомной энергии за счет строительства атомных электростанций на обогащенном уране*.

С точки зрения экономики еще не представляется возможным сделать окончательный выбор не только из всего многообразия типов атомных электростанций, но и между электростанциями, работающими на природном и обогащенном уране; более низкая стоимость энергии на этих электростанциях при определенном типе реактора может быть получена только в странах с высоким промышленным развитием. В соответствии с пересмотром программ строительства атомных электростанций на обогащенном уране в период 1963—1966 гг. замедляется введение в строй новых производственных мощностей.

В США в будущие годы намечается строительство двух атомных электростанций мощностью 400—500 тысяч киловатт каждая с реактором на кипящей воде или перегретом паре. Таково же положение с электростанциями на тяжелой воде, проектируемыми в Канаде.

К 1970 г. в США на основе десятилетнего опыта эксплуатации реакторов, установленных на подводных лодках, семилетней работы действующих атомных электростанций, а также тех, что войдут в строй в ближайшие годы и, наконец, опыта двух- или трехлетней работы новых крупных ядерных установок, предусмотренных программами строительства, будут определены наилучшие условия применения обогащенного урана.

Введение в строй во Франции и Англии атомных электростанций на природном уране с графитовым замедлителем и газовым теплоносителем будет осуществляться равномерно в течение последующих лет. Опыт эксплуатации первых атомных электростанций этой серии позволит в течение пяти—семи лет добиться снижения цен на атомную энергию до уровня, сравнимого со стоимостью обычной электроэнергии.

Первые атомные электростанции Англии дадут электроэнергию по цене 4—5 сантима за киловатт-час вместо 3,5 предполагавшихся по предварительным расчетам, в то время как

* Американский уран-235 в 1961 г. стоил 13 долларов за грамм, т. е. его цена была снижена на 30% для сохранения цены мирового рынка ради того, чтобы противодействовать эксплуатации атомных электростанций на французском, английском и канадском природном уране. К тому же английское правительство, получившее с 1962 г. возможность свободно закупать уран-235 в США, предприняло первые шаги к закрытию завода по разделению изотопов в Кейпенхерсте.

цена на электроэнергию будущих крупных тепловых электростанций на угле снизится с 3,5 до 3 сантимов вследствие промышленного прогресса, вызванного страхом перед конкуренцией с атомной энергией.

Возможно, что до 1970 г. это расхождение в ценах удастся устранить, и Англия, которая не располагает гидроэнергетическими ресурсами, добавит еще одно горючее — уран — к двум другим — углю и нефти, которые покроют всю потребность страны в электроэнергии.

Несмотря на замедление темпов атомного строительства, все атомные электростанции мира будут давать к 1970 г. электроэнергию общей мощностью до 12 миллиардов киловатт, что составит 1% мирового производства электроэнергии на эти годы. Получение половины этой мощности уже обеспечено 30 атомными электростанциями, действующими, строящимися, или станциями, которые должны быть созданы по гарантированным заказам до 1966 г. (более трети этих электростанций приходится на долю Великобритании, а все остальные — на долю США, Советского Союза, Франции, Италии и Японии).

Придется, несомненно, ждать конца десятилетия, чтобы узнать результаты соревнования между атомными электростанциями на природном и обогащенном уране; возможно, решение окажется компромиссным: в пользу применения урана с малым обогащением. Можно надеяться, что с введением в строй более мощных и усовершенствованных атомных электростанций станет возможным через десять лет получить электроэнергию по 3 сантимам за киловатт-час на станциях мощностью 300 тысяч киловатт*, которые смогут снабжать электроэнергией современный город с полумиллионным населением; расходы по строительству каждой такой электростанции составят около 500 миллионов новых франков. Крупные атомные электростанции по значительным строительным затратам, относительно низким ценам на ядерное горючее экономически имеют много общего с гидроэлектростанциями.

Расчеты себестоимости реакторов и стоимости киловатт-часа ядерной энергии еще являются предметом многочисленных споров из-за недостатка опыта промышленного использования, связанного, в частности, с малым количеством данных о глубине выгорания урана, сроке службы атомных электростанций и вероятности аварий на реакторах (в результате

* Для таких электростанций стоимость киловатт-часа энергии определяется так: от 55 до 65% составляют капитальные затраты, от 20 до 30% — расходы на ядерное горючее и 15% — эксплуатационные расходы. Интересно сравнить эти цифры со стоимостью киловатт-часа энергии на тепловых электростанциях Франции. Они равны соответственно 20, 73 и 7%.

неправильной эксплуатации или радиационного повреждения отдельных деталей).

Значительные трудности, связанные с удалением радиоактивных отходов и захоронением больших количеств продуктов деления, получаемых на заводах по переработке облученного ядерного топлива, на протяжении одного или двух десятилетий будут свидетельствовать в пользу атомных электростанций на тяжелой воде, которые позволяют лучше использовать уран. Но эти вопросы, безусловно, будут решены еще до того, как начнется массовое применение энергии атома для получения дешевой электроэнергии в реакторах-размножителях на быстрых нейтронах — единственных реакторах, позволяющих рентабельно использовать урановое топливо.

Во всяком случае широкое строительство реакторов-размножителей связано с первоначальным соревнованием между различными атомными электростанциями на природном или слегка обогащенном уране, в реакторах которых на протяжении предстоящих 20—30 лет должно быть произведено достаточное количество плутония, необходимого для работы значительного числа атомных станций, оборудованных реакторами-размножителями.

До того как расширенное воспроизводство ядерного горючего в реакторах-размножителях, позволяющих использовать в значительных количествах уран-238 или торий, примет большие масштабы и, предполагая, что при делении будет расходоваться по меньшей мере 1% урана, можно рассчитать, что 40—50 тысяч тонн урана, добываемого ежегодно в мире, даст электроэнергию в количестве, равном 50% всей энергии, получаемой от ежегодной мировой добычи угля, равной 2 миллиардам тонн.

Разведка урановых месторождений на протяжении 15 лет в относительно ограниченной группе стран позволила обнаружить на Западе запасы урана, исчисляемые около 1,5 миллионов тонн. Возможно, что запасы урана окажутся более значительными (до 4—5 миллионов тонн). Этого вполне достаточно, чтобы повысить уровень жизни во всем мире в течение нескольких десятилетий, а может быть и столетий. Эти запасы могут быть, однако, увеличены за счет менее богатых руд, требующих дорогой химической обработки. К этому можно добавить мировые запасы тория, равные нескольким миллионам тонн. В одной только Индии его запасы в монацитовых песках штата Траванкор составляют 500 тысяч тонн; монациты встречаются также в Бразилии и на Мадагаскаре.

В настоящее время сырьевые ресурсы не являются проблемой, которая может затормозить развитие атомной энергетики, но для индустриальных стран, принявших широкие про-

граммы электрификации страны на основе ядерной энергетики, необходимо, чтобы эти ресурсы в достаточной степени обеспечивали экономические, а иногда и политические выгоды. При этом всегда надо считаться с трудностями, связанными с растущей тревогой общественности перед опасностью последствий радиоактивности.

Не менее сложной задачей является определение расходов, которые потребуются для обеспечения необходимой безопасности населения как с точки зрения технической, так и с точки зрения географического размещения реакторов, заводов по переработке облученного ядерного горючего и мест захоронения радиоактивных отходов.

При отсутствии острой нехватки обычных источников (чего опасались в 1957 г. и что определило курс политики, впоследствии отклоненной, на производство атомной энергии любой ценой) атомная энергия, используемая исключительно для мирных целей, станет намного дешевле энергии обычных электростанций.

Трудно сказать, будет ли сегодняшнее снижение цен на обычную электроэнергию временным или нет. Снижение цен может оказаться очень устойчивым, так как оно основывается на техническом прогрессе. Есть возможность сократить расходы на транспортировку угля в результате применения трубопроводов для передачи по ним угля в виде водяной пульпы, что начинают внедрять в США.

Серийное строительство тепловых электростанций по принятому в США типу также будет способствовать снижению цен на киловатт-час электроэнергии.

Остается сказать, что постоянный рост потребностей на электроэнергию во всем мире и истощение ее классических источников должны снова привести в ближайшем будущем к медленному повышению цен на электроэнергию, полученную за счет сгорания органического топлива с постоянным снижением цен на электроэнергию ядерного происхождения по мере развития технического прогресса. Эти две кривые цен должны встретиться; отсюда можно сделать вывод, что энергия, получаемая из урана, имеет все преимущества, чтобы играть важную роль в энергетическом балансе мира до конца столетия. Каждая заинтересованная держава, в том числе и Франция, старается подготовить свою промышленность к переходу на атомную энергию, стремясь не опоздать, но и не сделать это преждевременно.

Многое, неизвестное в политике и технике, не позволяет уверенно предсказать уровень развития атомной промышленности через 10—15 лет. Но несомненно переход на атомную энергию в промышленности произойдет в период 1970—1980 гг., что оправдывает значительные капиталовложения, ко-

торые сделаны для развития атомной энергетики, помимо ассигнований по военному бюджету. Это развитие, возможно, будет сопровождаться усовершенствованием крупных атомных установок, созданных ранее в Англии и Франции. Период прототипов уже пройден, крупнейшие службы, потребители атомной энергии — армия и электропромышленность — пожелают остаться хозяевами кредитов, выделенных на атомное строительство и связанных с ним научных исследований. Многогранную деятельность организаций по использованию атомной энергии тогда разумно распределить между национальными службами, ответственными за оборону страны, за производство атомной энергии и исследовательские работы как чисто научные, так и прикладные. Независимо от этих служб может существовать управление, ответственное за производство делящихся материалов для удовлетворения мирных и военных нужд.

Комиссия по атомной энергии Великобритании, несомненно, будет одной из первых, кто встанет на путь такого развития; изменения коснутся части личного состава, в особенности промышленной группы Комиссии, роль которой будет сокращаться по мере возобновления строительства атомных электростанций частными предприятиями.

Подобные преобразования могут произойти несколькими годами позже и с Комиссариатом по атомной энергии Франции: развитие атомной энергетики возьмут на себя электропромышленная компания и управление по производству вооружения военного министерства.

Предстоит также решить проблему существования таких крупных научно-исследовательских центров, как Ок-Ридж, Харуэлл, Сакле. Их задачи уже понемногу переложены на промышленность, которая практически несет ответственность за развитие атомных электростанций. Оснащенные совершенным оборудованием для ведения самых разнообразных научных исследований, эти лаборатории могут успешно заниматься важнейшими проблемами, не связанными непосредственно с атомной энергетикой, например проблемами биологии. Этот вопрос уже рассматривался руководством лаборатории Ок-Риджа, которое предложило американскому правительству использовать часть своих возможностей для изучения широкого круга вопросов по снабжению страны водой. Большие масштабы производства электроэнергии ядерного происхождения возможны прежде всего в странах с высоким развитием промышленности и постоянно растущими потребностями в электроэнергии (возрастающими вдвое за каждое десятилетие); такой переход для стран менее развитых, которые считали, что атомная энергия поможет им в один прием ликвидировать свою отсталость, возможен значи-

тельно позже. Действительно, для этих стран подъему общего жизненного уровня и образования, росту потребления энергии должно предшествовать развитие техники, которая требует такого же квалифицированного обращения, как и при обслуживании атомных реакторов. К тому же малоразвитые районы земного шара, как правило, располагают значительными запасами обычной энергии. Это районы, где жизнь сосредоточена вокруг крупных рек, являющихся значительным источником энергии; строительство электростанций здесь не потребует зависимости от других стран. Даже в малонаселенных зонах пустынь Северной Африки и Среднего Востока встречаются районы с огромными запасами нефти. Атомные же электростанции малой мощности, доступные для малоразвитых стран, вырабатывают пока еще очень дорогую электроэнергию. Многочисленные компетентные международные организации, проводившие изыскания в таких странах, не обнаружили там такого количества атомного сырья, которое по своим запасам превосходило бы запасы классического топлива. Исключение допустимо только для очень развитых промышленных районов малоразвитых стран, где строительство крупных атомных электростанций представляется рентабельным. Можно привести пример атомной электростанции в Бомбее мощностью 400 тысяч киловатт, которой отведено важное место в плане электрификации Индии.

Однако новый источник энергии, практически не связанный с географическим положением, ввиду сравнительно малых количеств необходимого горючего имеет то преимущество, что он может быть использован в пустынях или в полярных районах, когда там возникает острая потребность в энергии для военных нужд или научных исследований, как, например, снабжение электроэнергией радарной линии, расположенной на Севере Канады или американских баз на Аляске и в Гренландии. Предусматривалась установка небольших атомных электростанций для питания электроэнергией действующих рудников, расположенных в зонах, малодоступных для подвоза органического горючего.

Ядерные реакторы, возможно, найдут и другое применение помимо производства атомной энергии, например при непосредственном получении пара методом дистилляции морской воды в гигантских ядерных реакторах для городского отопления и для промышленности, потребляющей много пара (в производстве бумаги). Кроме того, источники мощных излучений, получаемые в действующих реакторах, найдут в будущем широкое применение в многочисленных областях, особенно при стерилизации продуктов (в тех случаях, когда нельзя применять тепловую обработку) и химическом синтезе. Возможно, будут строить реакторы с единственной

целью использовать их излучения для химических процессов. Остается и область использования энергии для создания ядерных двигателей, успешное развитие которой, несомненно, открывает новые горизонты*.

Концентрация огромной энергии в делящейся материи является существенным не только для производства атомной энергии или электроэнергии в стационарных атомных электростанциях, но и для развития ядерных двигателей, преимущество которых к тому же заключается в их независимости от наличия кислорода. Именно это и определило успех развития атомного подводного флота. С переходом на ядерный двигатель на корабле исчезает необходимость частого пополнения запасов топлива. Ядерные двигатели могут быть применены и в надводном военном флоте, и это будет происходить до тех пор, пока атомный подводный флот не вытеснит окончательно атомный надводный флот.

Если не говорить о совершенно особом случае — использовании атомной энергии на советском атомоходе «Ленин», переход на ядерное горючее торгового флота, при котором отпадает нужда в частых бункеровках, дает незначительные преимущества, в основном экономического характера, о которых пока еще рано говорить, так как ядерные двигатели стоят очень дорого. Опасность столкновений, риск возможного радиоактивного заражения портов — все это требует своего разрешения, особенно при эксплуатации крупных нефтеналивных судов и судов для перевозки руды. Малый объем ядерного горючего позволит, конечно, экономить время для его погрузки и разгрузки и высвобождает помещения на борту корабля.

Несмотря на американское решение построить атомное торговое судно, первые испытания которого прошли с успехом в 1962 г., английская комиссия и французский комиссариат по атомной энергии не рекомендовали своим правительствам приступать в настоящее время к переходу на атомные торговые суда. Однако многие страны Европы начали самостоятельно изучать эти проблемы, экономически нецелесообразные, но представляющие интерес с точки зрения престижа. Видимо, было бы разумным объединить усилия (преждевременные по мнению одних и оправданные по мнению других). Агентство по атомной энергии европейского оборонительного сообщества изучало вопросы, связанные с созданием не тор-

* В заявлении Советского правительства, опубликованном 21 апреля 1964 г., указано, что советское правительство приняло решение направлять больше расщепляющих материалов для использования в мирных целях — в атомных электростанциях, в промышленности, сельском хозяйстве, в медицине, в осуществлении крупных научно-технических проектов, в том числе в области опреснения морской воды.— *Прим. ред.*

гового, а океанографического судна с атомным двигателем. Однако развитию торгового атомного флота будет предшествовать развитие производства ядерной энергии. Тем не менее стремление к приоритету, возможно, приведет к созданию нескольких атомных кораблей, которые будут служить опытными установками для решения проблем, связанных с атомным судостроением. Характерно, что, помимо двух невоенных атомных судов, советского и американского, ни в одной стране не было предпринято строительство надводных атомных кораблей в 1957—1962 гг. И только в 1963 г. в Гамбурге было заложено торговое судно с атомным реактором.

Ядерная энергия никогда не будет использована в автомобильной промышленности из-за значительного веса биологической защиты от радиации; однако реактор может быть использован на крупных самолетах; изучение этой проблемы было начато в США, но затем прекращено.

Атомная энергия в будущем найдет широкое применение в области космических полетов, где подлинная автономия полета может быть достигнута гораздо легче на основе ядерного горючего, чем при использовании тяжелого химического топлива.

Атомная энергия может быть использована для запуска и полета баллистических ракет или для питания энергией движущегося космического корабля. Первая проблема значительно легче второй и изучается как в США, так и в Советском Союзе, но потребуются годы, прежде чем она будет решена. В США предусмотрено создание серии высокотемпературных атомных реакторов; разрабатывается также первая модель реактора, где в качестве теплоносителя будет использован жидкий водород.

Другое применение ядерной энергии, частично уже разработанное, заключается в продолжительном питании электроэнергией движущегося корабля, необходимой, в частности, для передачи научной информации. Первое решение основывается на использовании тепла, выделяемого при распаде мощных источников долгоживущих радиоактивных элементов в термоэлектрических преобразователях. Этот способ был применен при запуске двух американских искусственных спутников «Транзит-IV», сигналы которых предназначались для навигационных целей; был использован изотоп плутоний-238 с периодом полураспада 90 лет, который давал около трех ватт электроэнергии; вес источника составлял всего два килограмма*.

* Аналогичный генератор электрической энергии мощностью около 5 ватт, основанный на использовании изотопа стронция-90, был изготовлен в 1961 г. для питания электроэнергией американской автоматической метеорологической станции на Северном полюсе.

Второе решение заключается в создании малогабаритных компактных высокотемпературных атомных реакторов весом в несколько сот килограммов и работающих на высокообогащенном горючем; их расчетная энергетическая мощность может достигать нескольких тысяч ватт. Энергию такого реактора можно использовать для изменения направления полета и скорости ракеты.

Наконец, будущее покажет также возможность использования атомных взрывов для создания искусственных портов и больших каналов, для вскрытия рудных месторождений, для облегчения добычи нефти, содержащейся в сланцах. Эти американские проекты довольно долго обсуждались, но они только в том случае обретут жизнь, если трудности, связанные с образованием радиоактивных продуктов, будут экономически компенсированы преимуществами дешевых и мощных ядерных взрывчатых материалов. Уже сейчас подземные ядерные взрывы в США показали, что 95% радиации поглощается землей. При этом бомба в килотонну создает кратер диаметром 100 метров, а мегатонная бомба — кратер диаметром в один километр.

Проекты создания атомного двигателя для межпланетных снарядов могли бы быть успешно решены в ближайшие 5—10 лет, если бы эти проекты стали объектом согласованных международных усилий. Многочисленные попытки многостороннего сотрудничества в использовании атомной энергии показывают, что, несмотря на свои робкие шаги в самом начале, оно может оказаться полезным, особенно при совместном промышленном строительстве, требующем значительных капиталовложений и больших сроков. К этой же категории проектов относится и изучение управляемого термоядерного синтеза. Решение этой проблемы еще далеко от завершения, и не может служить основанием для ослабления усилий по использованию реакции деления, являющейся пока единственным средством, чтобы возместить в течение 10—20 ближайших лет недостаток в классических источниках энергии.

Таким образом, несмотря на значительный достигнутый прогресс в промышленном производстве электроэнергии ядерного происхождения, сегодня все же невозможно из-за стремительного развития современной техники предвидеть, будут ли потребности в электроэнергии в XXI веке удовлетворены главным образом за счет классического горючего, урана, водорода, полученного из водных ресурсов земного шара, энергии Солнца или других источников, еще не известных в настоящее время.

Перед вами прошел целый калейдоскоп вопросов политического и технического характера, которые решались за по-

следние 20 лет в связи с проблемой атома — от получения незначительных количеств делящихся материалов до создания мощных разрушительных средств.

В мире создан большой запас делящихся материалов, но ядерная технология продолжает развиваться, подталкиваемая стремлением к завоеванию престижа и сдерживаемая страхом перед радиационной опасностью и трудностями политического характера, связанными с неизбежным переплетением военных и мирных проблем. Только международный подход ко всей проблеме в целом поможет решить проблему атома.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие к русскому изданию	3
Введение	9
Глава I. От радиоактивности к делению ядра (1896—1939)	12
Естественная радиоактивность и структура атома	12
Искусственная радиоактивность	15
Деление урана	17
Глава II. От лаборатории до Хиросимы (1939—1945)	20
Начало французских исследований	21
Вклад английских ученых	23
Американское атомное производство	25
Англо-канадские усилия	36
Неудачи немцев	38
Первые политические решения	39
Применение атомной бомбы	43
Глава III. Период американской атомной монополии (1945—1949)	46
Разработка политики секрета	46
Американское законодательство	49
План Баруха	50
Американские послевоенные усилия	53
Возобновление английских работ в области атомной энергии	56
Первые шаги Комиссариата по атомной энергии во Франции	59
Глава IV. Курс на водородную бомбу и последние годы политики секрета (1949—1954)	65
Успехи Советского Союза	65
Курс на водородную бомбу	66
Усиление американского атомного производства и увеличение спроса на уран	69
Первая британская бомба	72
Индустриализация французской программы	73
Глава V. Годы «атомной горячки» (1954—1958)	78
Конец политики атомного секрета	79
Курс на атомные электростанции	82
Успехи и неудачи английской атомной программы	85
Форсирование и милитаризация французской программы	87
Политика контролируемой помощи	90
Международное агентство по атомной энергии	93
Евратом	96
Глава VI. Годы пересмотра программ атомного производства (1958—1962)	101
Достижения великих держав	101
Экспансия ядерных исследований	108
Замедление программ промышленного строительства	115

Перепроизводство урана	118
Развитие политики контролируемой помощи	119
Глава VII. Годы консолидации (1962—...)	123
Возрождение атомной промышленности	124
Французская атомная программа .	131
Глава VIII. Развитие ядерной энергетики и проблемы радиации	138
Технические проблемы атомных электростанций .	139
Обработка радиоактивных отходов	144
Биологический эффект радиации	146
Защита персонала и населения	149
Искусственные радиоактивные элементы в биологии и медицине	153
Применение искусственных радиоактивных элементов в промышленности и сельском хозяйстве	156
Глава IX. Будущее атомной энергии	161

Б. Гольдшмидт

АТОМНАЯ ПРОБЛЕМА

ПОЛИТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Тематический план 1964 г. № 78

Редакторы *А. В. Матвеева, И. А. Реформатский*

Художественный редактор *В. В. Евдокимов*

Техн. редактор *С. М. Попова*

Корректор *Н. А. Светлова*

Сдано в набор 20/V 1964 г. Подписано в

печать 13/X 1964 г. Бумага 60 × 90^{1/8}.

Печ. л. 11,25 + 4 вклейки. Уч.-изд. л. 10,96.

Тираж 25 000 экз. Зак. изд. 1041.

Цена 77 коп. Зак. тип. № 2326.

Атомиздат, Москва, Центр, ул. Кирова, 18.

Типография «Красный пролетарий» Политиздата.

Москва, Краснопролетарская, 16.

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Атомиздат имеет в наличии:

БУЯНОВ А. Ф. Ядра, атомы, молекулы. 1962 г., 367 стр., цена 73 коп.

Атом, который раньше считался неделимым кирпичиком мироздания, оказался наполненным движущимися и взаимодействующими частицами. Раскрыв сложное строение атома, ученые продолжают расширять свои познания об окружающем нас мире.

Автор живо и образно рассказывает о новейших достижениях физики и химии. Физики пошли «в глубь» атома.

Проникнув в глубины строения атома, ученые поставили на службу человеку энергию, которая в миллион раз превышает энергию, содержащуюся в угле и нефти. Изучая строение элементарных частиц, физики познали многие явления в природе, обогатили человечество потрясающими открытиями, имеющими уже сейчас практическое применение.

Химики пошли от атома «вширь», синтезируя молекулы-карлики и молекулы-гиганты, и находятся сейчас на пороге создания живой материи — белка.

Исследуя строение молекул, ученые открыли пути создания материалов с такими свойствами, которыми не обладают природные материалы. А изучение строения живой клетки дало им возможность оградить людей от множества болезней, продлить человеческую жизнь.

Книга рассчитана на самый широкий круг читателей.

Заказы на книги направляйте по адресам:

Москва, В-71, Ленинский проспект, 15, Союзкнига, Отдел технической литературы или в Атомиздат: Москва, Центр, ул. Кирова, 18.

А Т О М И З Д А Т

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
Первая страница первой вклейки	4 сверху	(4)	(5)
	5 сверху	(5)	(4)

Пьер и Мария Кюри
(1, 2), Эрнест Резерфорд
(3), Нильс Бор
(4), Джеймс Чедвик
(5), Отто Ган (6).

1



3



2



4

5



6





1

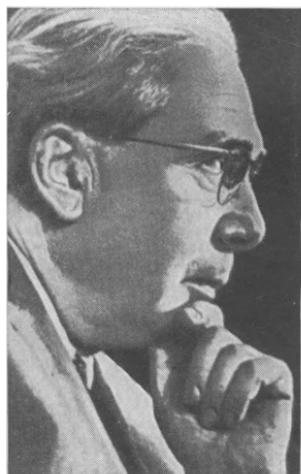


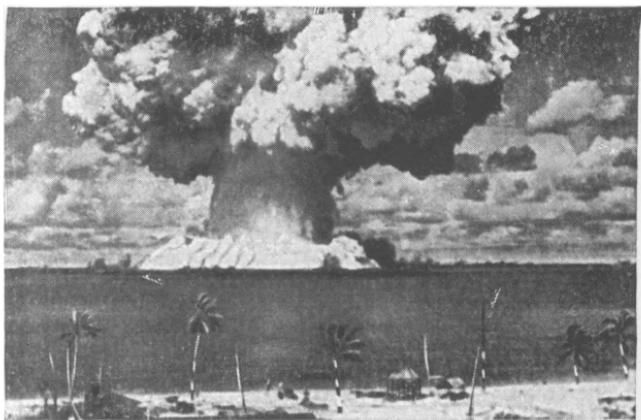
2

1. Лев Коварски, Фредерик Жолио-Кюри, Ганс Халбан (слева направо) в лаборатории Колеж де Франс.

2. Пьер Оже, Ирен и Фредерик Жолио-Кюри, Франсис Перрэн, Лев Коварски (слева направо) и Бертран Гольдшмидт (во втором ряду крайний слева).

Лео Сциллард (3), Роберт Оппенгеймер (4), Энрико Ферми (5).

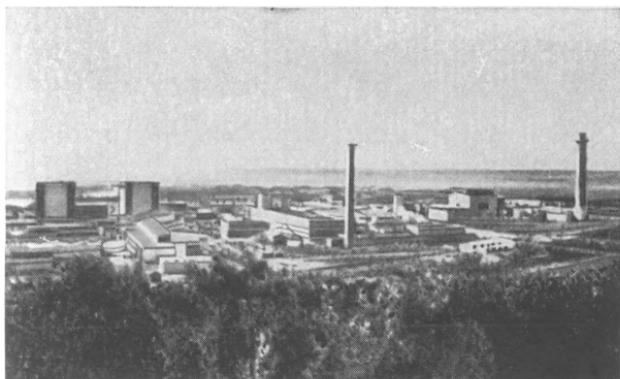




Атомный подводный взрыв (атолл Бикини).

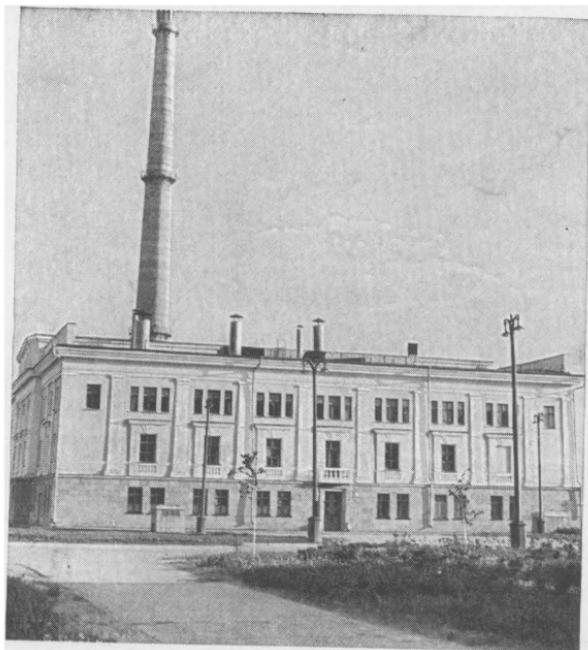


Научно-исследовательский центр в Сакле.

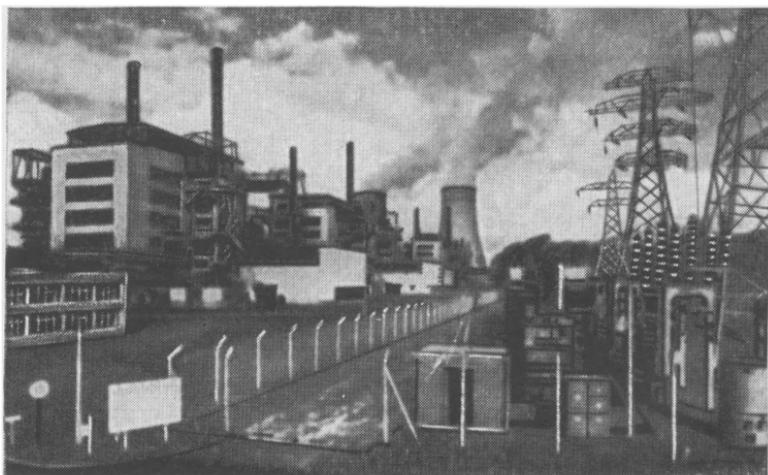


Завод по производству плутония в Мурманске.

Первая в мире атомная электростанция (СССР) мощностью пять тысяч киловатт.

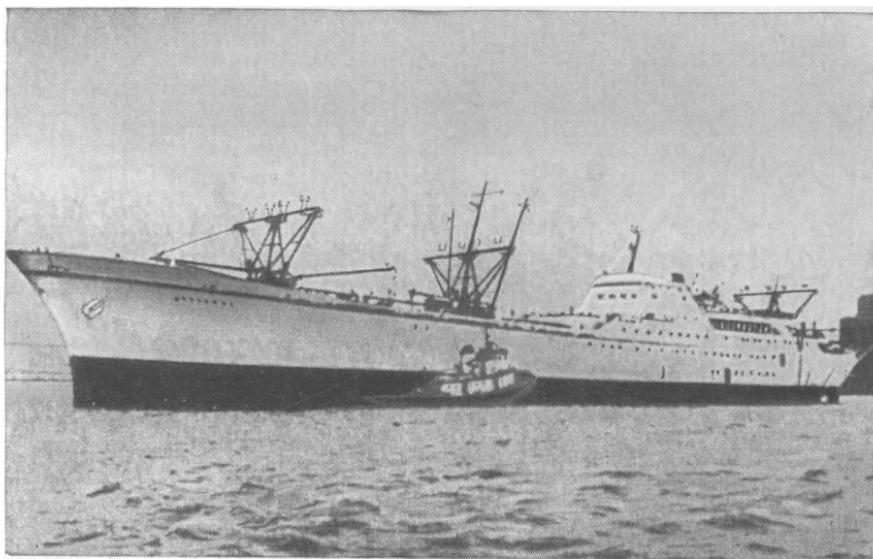


Атомная электростанция двойного назначения (Колдер-Холл, Англия).





1

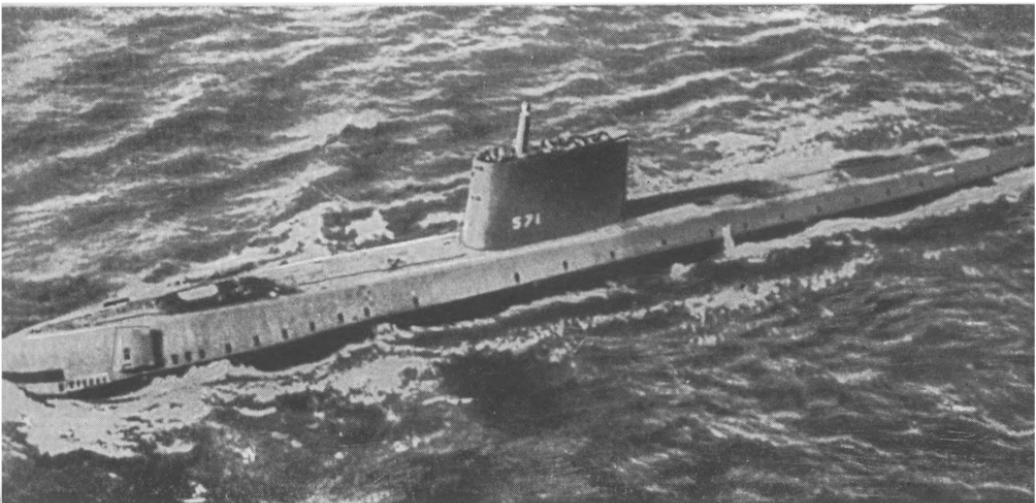


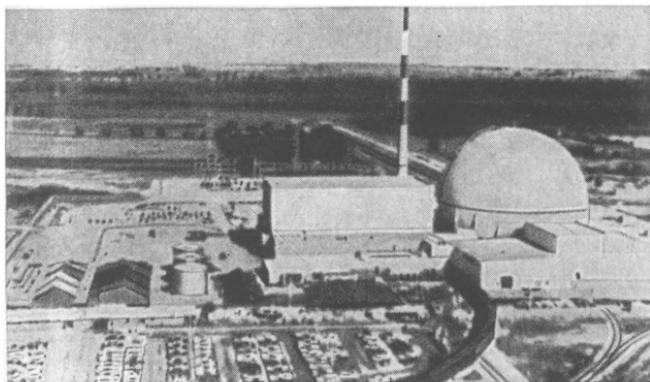
2

1. Атомоход «Ленин»
(СССР).

2. Атомное судно «Са-
ванна» (США).

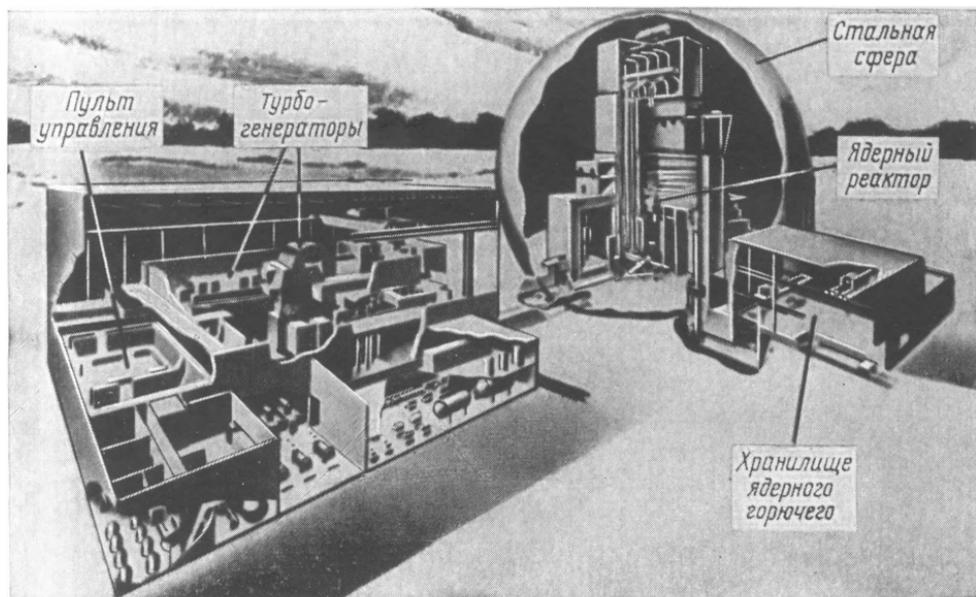
3. Американская атом-
ная подводная лодка.





Общий вид Дрезденской атомной электростанции (США).

Схема Дрезденской атомной электростанции.



Цена 77 коп.