

Международное сотрудничество и разработка проектов ядерных реакторов *

И. Д. Морозов, В. С. Кандарицкий, Ю. В. Архангельский

Время, прошедшее между Второй и Третьей международными конференциями по мирному использованию атомной энергии, характеризуется значительным прогрессом в применении энергии атома на благо человека. Достижения бурно развивающейся атомной науки и техники, все большее овладение атомной энергией и внедрение ее почти во все отрасли науки и экономики развитых стран сделали возможным практическое применение ее и в странах, которые сравнительно недавно вступили на путь научного и экономического развития. С расширением применения атомной энергии укрепилось и расширилось международное сотрудничество в этой важной области.

За истекшие после Второй женеvской конференции шесть лет в нашей стране прилагались большие усилия к тому, чтобы всемерно развивать международное сотрудничество и налаживать контакты ученых в деле мирного использования ядерной энергии.

Обмен научными делегациями

В научно-исследовательских институтах СССР, занимающихся важными проблемами ядерной физики и атомной техники, за последнее время побывали руководители атомной промышленности и выдающиеся ученые ряда стран. В соответствии с заключенными соглашениями научные делегации СССР нанесли визиты в социалистические страны, США, Англию, Италию, Францию, Данию.

С учеными социалистических стран поддерживались тесные контакты. Советские научные и исследовательские организации, в которых действуют реакторы, ускорители и другие ядерные установки, посетили видные руководители, ученые и инженеры из Чехословакии, Румынии, Венгрии, ГДР, Польши, Болгарии и других стран. Визиты послужили дальнейшему укреплению и расширению научных связей советских ученых с учеными этих стран.

Гостями Советского Союза были Верховный комиссар по атомной энергии Франции с груп-

пой специалистов; Председатель Управления по атомной энергии Великобритании; Председатель Комиссии по атомной энергии США с группой ученых (в 1959 и 1963 гг.); делегация Комиссии по атомной энергии Канады; Председатель Комиссии по атомной энергии Финляндии; Председатель Комиссии по атомной энергии Дании; Председатель Комиссии по атомной энергии Афганистана; Заместитель председателя Комиссии по атомной энергии Республики Гана с группой ученых и другие.

В 1959 г. группа советских ученых, возглавляемая Председателем Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР, посетила США и Францию. В 1960 г. советская делегация ученых посетила Англию. В 1962 г. с ответным визитом в Швецию и Норвегию, а в 1964 г. в Канаду выезжала делегация во главе с Первым заместителем председателя Госкомитета. В 1962 г. для обсуждения вопросов по физике реакторов и реакторам на быстрых нейтронах в Англию выезжала делегация, возглавляемая Заместителем председателя Госкомитета.

В 1963 г. делегации советских ученых-атомников во главе с Председателем Госкомитета посетили США и Польшу.

Советский Союз обменивался также научными работниками с рядом стран (ученые работали в научных учреждениях до одного года).

Обмен научно-технической информацией

Советский Союз, придавая большое значение расширению научных контактов и распространению научно-технической информации, публикует ежегодно до 4000 статей по атомной тематике как в общетехнических, так и в специальных журналах. В СССР существует специальное издательство по атомной тематике «Атомиздат», поддерживающее широкий международный книгообмен. Большой вклад в дело международного обмена научно-технической информацией в области атомной энергии вносит журнал «Атомная энергия».

Общеизвестна инициатива Советского Союза по рассекречиванию термоядерных исследований. Ограничения на открытую публикацию

* Доклад № 295, представленный СССР на Третью международную конференцию по мирному использованию атомной энергии. Женева, 1964.

этих работ были сняты во всем мире впервые после подробного доклада академика И. В. Курчатова о советских работах своим английским коллегам в Харуэлле в 1956 г. Ко Второй женеvской конференции в 1958 г. кроме докладов о термоядерных исследованиях, выполненных в СССР, был подготовлен четырехтомник работ по этой тематике. Труды женеvских конференций, являющихся крупным вкладом в международное сотрудничество, издаются в Советском Союзе и пользуются заслуженным успехом.

Наряду с личными контактами Советский Союз проводит широкий обмен научной информацией с социалистическими странами. По двусторонним соглашениям организован также обмен научной и технической информацией с США, Англией и другими государствами.

Советские ученые и специалисты за прошедший период принимали самое деятельное участие в международных и национальных конференциях, симпозиумах и совещаниях, выступали на них с научными докладами и лекциями, участвовали в различных дискуссиях, тем самым расширяя и укрепляя научные связи и международное сотрудничество с учеными различных стран мира.

Для популяризации идей мирного применения энергии атома Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР проводит огромную работу по организации научно-технических выставок, иллюстрирующих ту пользу, которую может получить человечество от ядерной энергии. Эти выставки демонстрировались многократно как в СССР, так и в 39 странах Европы, Азии, Африки и Латинской Америки, а также в США. Советские выставки посетило более 22 миллионов человек.

Двусторонние межправительственные соглашения

Начиная с 1955 г. СССР оказывал и оказывает научную и материально-техническую помощь другим государствам в мирном использовании атомной энергии как в постановке исследований, так и в поставке оборудования и технической документации. За это время заключено 30 двусторонних межправительственных соглашений и протоколов с 15 странами: Болгарией, Венгрией, Польшей, ГДР, Румынией, Чехословакией, КНР, КНДР, Югославией, ОАР, Ираком, Индонезией, Ганой, Индией и Афганистаном.

Указанные соглашения предусматривают следующие обязательства со стороны СССР:

оказание технической помощи в сооружении исследовательских ядерных реакторов, ускорителей, радиохимических, изотопных и физических лабораторий, на базе которых создаются национальные научно-исследовательские атомные центры;

подготовку национальных кадров по вопросам эксплуатации атомных установок и проведения на них экспериментальных работ;

оказание технической помощи в строительстве экспериментальных и энергетических реакторов;

совместную разработку отдельных научных проблем, приборов, оборудования и защитной техники;

совместное рассмотрение и обсуждение планов научных и исследовательских работ по использованию атомной энергии в мирных целях; обмен опытом по производству радиоактивных изотопов и излучателей и методам их применения.

Советские научные, конструкторские и проектные организации разработали и спроектировали для создаваемых в других странах с помощью СССР научно-исследовательских центров ряд типов исследовательских ядерных реакторов — тяжеловодный (ТВР), водо-водяной (ВВР), реактор бассейнового типа (ИРТ), учебно-исследовательские реакторы на 50 и 100 *квт*; ускоритель элементарных частиц на энергию 25 *Мэв* с физической лабораторией; электростатический генератор; радиохимическую (изотопную) лабораторию; подкритическую сборку для учебных целей; бетатрон на энергию 30 *Мэв*; мощную кобальтовую установку.

Из Советского Союза в указанные страны для сооружения атомных установок поставлено большое количество уникального оборудования, приборов и специальных материалов. Особенностью этих поставок является то, что Советский Союз осуществляет их на основе обычных сделок купли-продажи без предъявления каких-либо политических, экономических и иных условий. Это в полной мере относится и к поставкам расщепляющихся материалов для проведения научно-исследовательских работ, а также комплектов твэлов для исследовательских реакторов.

Для оказания помощи в строительстве, монтаже, наладке и пуске в эксплуатацию поставленного оборудования было командировано в указанные выше страны свыше 700 высококвалифицированных советских специалистов.

С 1957 г. с помощью Советского Союза сооружены и пущены в эксплуатацию девять ядер-

ных реакторов, шесть циклотронов, семь радиохимических и физических лабораторий, один электростатический генератор и одна подкритическая сборка, на базе которых в Румынии, Чехословакии, Польше, Венгрии, Болгарии, ГДР, КНР, Югославии и ОАР созданы национальные научно-исследовательские атомные центры.

Создаются также атомные центры в КНДР, Ираке, Индонезии, Гане, где будет сооружено 13 атомных установок, в том числе: реакторы, радиохимические и физические лаборатории, ускорители, мощная кобальтовая установка, подкритическая сборка и различные вспомогательные установки. Этим странам переданы разработанные советскими проектными организациями комплексные рабочие проекты, на основе которых проводится строительство научно-исследовательских атомных центров. Графиком строительства предусмотрены следующие сроки пуска: исследовательских реакторов в Ираке, КНДР и Гане — в 1965 г., в Индонезии — в 1966 г.; радиохимических изотопных лабораторий в Ираке и КНДР — в 1965 г., в Гане — в 1966 г.

По проектам, представленным СССР, осуществляется строительство вспомогательных зданий и сооружений в этих центрах, в том числе станций захоронения и дезактивации радиоактивных отходов, специальных прачечных, санитарных пропускников.

В сентябре 1963 г. между СССР и Афганистаном было подписано соглашение о сотрудничестве, которым предусмотрено оказание технического содействия в строительстве подкритической сборки, в организации физической лаборатории, а также в подготовке афганских специалистов для работы в области использования атомной энергии в мирных целях. Сооружение подкритической сборки начнется в 1964 г. и будет закончено в первом полугодии 1965 г.

За последние годы с рядом стран подписаны новые соглашения, которые предусматривают не только оказание технической помощи в проектировании и строительстве атомных установок и объектов, но и сотрудничество путем совместного решения широкого круга научных проблем в области использования атомной энергии в мирных целях. Такие соглашения заключены с Венгрией, Чехословакией, Югославией, Румынией, ГДР и Польшей.

В соответствии с новыми соглашениями сотрудничество с социалистическими странами осуществляется путем проведения совместных научных исследований, подготовки национальных

кадров по согласованным планам и программам, командирования советских специалистов в эти страны для проведения консультаций, совместной работы по отдельным научным проблемам и разработке экспериментальных установок, проведения консультаций со специалистами указанных стран в Советском Союзе, передачи советской технической документации, поставок оборудования и экспертизы проектов.

Советские ученые и ученые социалистических стран на совместных рабочих совещаниях и конференциях обмениваются опытом эксплуатации исследовательских реакторов и результатами выполненных на этих установках работ, рассматривают и координируют планы научных работ и обсуждают актуальные научные проблемы.

Советские ученые и специалисты принимали участие в обсуждении перспективных планов развития атомной науки и техники в ГДР, Чехословакии, Польше, Венгрии и Румынии. Они рассматривали и давали консультации по проектам строительства в этих странах новых ядерных реакторов и подкритическихборок.

Например, при консультации советских ученых и специалистов польские ученые и специалисты занимаются подготовкой к реконструкции действующего реактора типа ВВР-С, которую намечено провести в два этапа. На первом этапе, осуществляемом совместно с чехословацкими специалистами, предусмотрено повышение мощности реактора до 4000—4500 *квт* путем увеличения скорости теплоносителя в активной зоне, как это было сделано при реконструкции советского реактора ВВР-2. Этот этап должен быть закончен в 1964 г.

Второй этап реконструкции намечено выполнить на основе разработок специалистов ЧССР. Предусматривается полная переделка активной зоны реактора и переход на новые трубчатые твэлы типа твэла советского реактора ВВР-М с 36%-ным обогащением U^{235} . При осуществлении этого этапа, запланированного на 1966 г., мощность реактора будет доведена до 10 000 *квт*, что обеспечит значительное повышение плотности нейтронного потока. Естественно, что второй этап реконструкции ВВР-С потребует существенных дополнений и изменений технологического оборудования. Новые твэлы будут поставлены Советским Союзом.

В соответствии с пожеланием Комиссии по атомной энергии ОАР в Атомном исследовательском центре в Каире арабские и советские ученые в течение нескольких лет проводят совместные научно-исследовательские работы на

ядерном реакторе и других установках центра. По некоторым проведенным совместно научным работам были сделаны публикации в арабской и советской печати и печати других стран.

В атомном исследовательском центре в Каире сложился хороший коллектив научных сотрудников, состоящий главным образом из молодых физиков. Советские ученые прочитали здесь более 300 лекций по различным проблемам физики. Систематически проводится практикум по радиоэлектронике и радиохимии изотопов.

Для материально-технического обеспечения научных и экспериментальных работ в ОАР Советский Союз поставил значительное количество оборудования, аппаратуры, специальных и расщепляющихся материалов.

Международное сотрудничество в ОИЯИ

Ярким примером научного сотрудничества между социалистическими странами является учреждение международной организации — Объединенного института ядерных исследований в Дубне. Советское правительство еще в 1956 г. передало в дар этому исследовательскому центру два уникальных ускорителя: синхроциклотрон на 680 Мэв и синхрофазотрон на 10 Гэв. С того времени дружный международный коллектив института построил новые ядерные установки: импульсный реактор на быстрых нейтронах, циклотрон многозарядных ионов. Созданы новые лаборатории, построены механические мастерские и другие сооружения. В настоящее время в ОИЯИ кроме советских ученых работает несколько сот ученых из других стран — членов института. Работы, публикуемые ОИЯИ, рассылаются во все крупные научные центры Европы, Азии, Африки, США, Латинской Америки.

В странах — участницах Объединенного института проводятся актуальные научные работы на исследовательских реакторах. В связи с этим поставлен вопрос о планировании этих работ, рациональном выборе направлений исследований, координации совместных научных работ. Дальнейшим расширением научного сотрудничества между странами — участницами ОИЯИ явилось создание секции по ядерной физике низких энергий при Ученом совете. Задачами секции являются выработка научных рекомендаций по отдельным вопросам ядерной физики низких энергий, рассмотрение планов работы и отчетов о совместных исследованиях, обмен информацией о научных и методических разра-

ботках путем проведения конференций, рабочих совещаний и т. п.

По физике и технике исследовательских реакторов было проведено несколько конференций и совещаний.

В 1960 г. в Центральном институте ядерной физики в Дрездене (ГДР) состоялась конференция по вопросам эксплуатации и использования исследовательских реакторов. На конференции присутствовало около 150 ученых и инженеров из девяти стран. Работа проходила в нескольких секциях, где рассматривался опыт, накопленный странами — участницами по эксплуатации исследовательских реакторов, расширению их экспериментальных возможностей и использованию для проведения научных работ. Секции ядерной физики и физики твердого тела обсуждали результаты первых научных исследований, выполненных на этих реакторах. Конференция выдвинула ряд научных и технических проблем, которые нужно решить в ближайшее время, причем некоторым странам, исходя из имеющегося у них опыта и сложившейся специализации, было предложено взять на себя решение отдельных вопросов.

В ноябре 1961 г. в Бухаресте (РНР) состоялось совещание по физике и технике исследовательских реакторов. В нем участвовало 80 специалистов из девяти стран. Было представлено 68 докладов по следующим основным вопросам:

1. Опыт эксплуатации исследовательских реакторов, их использование и расширение их экспериментальных возможностей.
2. Теоретическая и экспериментальная физика и техника реакторов:
 - а) термализация нейтронов;
 - б) развитие и применение метода реакторного осциллятора для измерений поперечных сечений захвата нейтронов различными веществами и изучения кинетических параметров реакторов;
 - в) применение пульсирующих нейтронных источников для изучения физических параметров замедлителей;
 - г) применение анализа флуктуации нейтронного потока для изучения динамических характеристик решеток;
 - д) изучение поведения реакторов в переходных режимах;
 - е) изучение пространственного распределения спектра нейтронов и γ -излучения.

3. Расчеты, создание и применение подкритических и критических сборок и реакторов нулевой мощности.

4. Теоретические и экспериментальные вопросы, связанные с методикой измерений нейтронных потоков и γ -полей.

Обсуждение докладов проводилось на пленарных заседаниях и в отдельных секциях и группах.

На совещании были приняты рекомендации по усовершенствованию активной зоны реакторов и экспериментальных каналов; разработке вспомогательных устройств с целью расширения экспериментальных возможностей для проведения научных и прикладных работ; постройке и применению критических сборок в целях разгрузки реакторов от работ, требующих малых мощностей; повышению мощности реакторов ВВР-С и направлениям работ на исследовательских реакторах.

Следующая конференция по физике и технике реакторов состоялась в апреле 1963 г. в Праге (ЧССР). В ней приняли участие 89 специалистов из девяти стран. Работа проводилась в двух секциях: технической и физической. Были рассмотрены следующие вопросы. В технической секции:

- а) опыт эксплуатации исследовательских реакторов;
- б) усовершенствование технологических схем, систем управления и контроля реакторов;
- в) реакторные петли;
- г) конструкции и системы управления критическихборок;
- д) техника радиационной безопасности.

В физической секции:

- а) теория реакторов;
- б) критические эксперименты;
- в) повышение мощности действующих исследовательских реакторов;
- г) реакторные осцилляторы, измерение констант и нейтронных потоков;
- д) физические эксперименты на нейтронных пучках;
- е) нейтронные спектры.

На конференции было рассмотрено 115 докладов, из них на пленарных заседаниях заслушано шесть докладов, в которых излагались вопросы повышения мощности реакторов ВВР-С и ИРТ, опыта эксплуатации ВВР-М, исследования характеристик реактора ИБР.

Большое число докладов было посвящено созданию критическихборок, а также некоторым результатам экспериментов на них, вопросам регулирования и защиты реакторов, теории реакторов. Несколько докладов касались действующих петлевых установок на исследовательских реакторах.

Совещание разработало рекомендации по сотрудничеству в области реакторной техники.

На конференциях и рабочих совещаниях не только обсуждаются результаты уже выполненных работ, но и рассматриваются планы на будущее, в том числе планы совместных исследований, вопросы кооперации при проектировании и изготовлении уникальной аппаратуры.

В настоящее время центры реакторных исследований, созданные в социалистических странах с помощью Советского Союза, стали полноценными научными организациями, вносящими значительный вклад в мировую науку и обеспечивающими запросы народного хозяйства своих государств.

Международное сотрудничество по ядерной энергетике

Технико-экономические вопросы развития ядерной энергетике имеют большое значение для всех стран социалистического содружества, поэтому перспективам использования этого вида энергетике уделяется большое внимание. На специальном совещании ученых и специалистов социалистических стран были рассмотрены и обсуждены вопросы, связанные с развитием ядерной энергетике.

Ядерная энергетика требует тщательного, научно обоснованного перспективного планирования. Развитие ее должно увязываться с развитием научно-технической базы, созданием специализированных проектно-конструкторских организаций, привлечением машиностроительных заводов к изготовлению оборудования и решением вопросов переработки ядерного горючего, а также решением проблемы удаления радиоактивных отходов.

Достаточно точные сравнительные технико-экономические показатели атомных электростанций можно получить только на основе широкого опыта их промышленного применения. Реальный путь решения этой проблемы состоит в разработке, строительстве и всестороннем анализе работы опытно-промышленных атомных электростанций различных типов.

Плановый характер социалистической экономики позволяет проводить этот анализ не изолированно, а в комплексе, с учетом возможных и необходимых темпов развития энергетике и всех необходимых для обеспечения этого развития производств, включая предприятия топливного цикла и заводы по производству реакторного оборудования. Только на основе такого анализа можно оценить стоимость установлен-

ного киловатта мощности АЭС и стоимость киловатт-часа электрической энергии, выбрать техническое направление и темп роста мощностей АЭС, а также провести общий технико-экономический анализ отраслей хозяйства, связанных с развитием ядерной энергетики.

Советский Союз оказывает техническую помощь Чехословакии и ГДР в строительстве атомных электростанций мощностью: в ЧССР — 150 тыс. *квт* с реактором корпусного типа на природном уране и тяжелой воде с газовым охлаждением, в ГДР — 70 тыс. *квт* с реактором на обогащенном уране и обычной водой в качестве замедлителя и теплоносителя.

Специалисты СССР, ЧССР и ГДР совместно решают сложные технические вопросы, связанные с проектированием, строительством и изготовлением оборудования для этих атомных электростанций. Совместно проводятся экспериментальные и научные исследования, решаются инженерно-технические вопросы, связанные со строительством атомных электростанций.

Строительство атомных электростанций в СССР, ЧССР и ГДР даст возможность после накопления достаточного опыта их эксплуатации выбрать технически совершенные и экономически выгодные типы реакторов, которые были бы наиболее надежными и конкурентоспособными в сравнении с другими типами энергетических установок по производству электрической энергии.

Сотрудничество по подготовке кадров

СССР оказывает большую помощь другим странам в подготовке национальных кадров. На 1 января 1964 г. в Советском Союзе подготовлено 1680 иностранных специалистов, в том числе:

эксплуатационного персонала для реакторов, циклотронов, физико-исследователей и радиохимиков	930
специалистов по применению радиоактивных изотопов и излучений:	
в промышленности	370
в медицине, биологии и сельском хозяйстве	380

Подготовка специалистов проводится по специально разработанной программе, изданной на русском и английском языках.

Международное сотрудничество в МАГАТЭ

Советский Союз принимает активное участие в работе Международного агентства по атомной энергии, в проводимых МАГАТЭ конференци-

ях, симпозиумах, семинарах и совещаниях по различным проблемам атомной науки и техники и аспектам их развития.

Так, в 1960 г. советские ученые и специалисты приняли участие в конференции по малым и средним энергетическим реакторам и в симпозиуме по исследованиям в области физики с помощью нейтронов, получаемых в реакторах.

Советские эксперты работали на совещании по выработке наставления по безопасной эксплуатации критических сборок и исследовательских реакторов, закончившемся принятием Руководства по эксплуатации таких установок, а также на совещании об ответственности за атомные суда, положившем начало выработке соответствующей конвенции.

В 1961 г. советские представители участвовали в симпозиумах по разработке программ использования исследовательских реакторов и по опытным энергетическим реакторам, а также в семинаре по физике реакторов на быстрых и промежуточных нейтронах. По этим вопросам было представлено 19 советских докладов.

Делегация Советского Союза приняла активное участие и выступила с двумя докладами на Симпозиуме по безопасности реакторов и методам оценки опасности, состоявшемся в 1962 г. в Вене. В том же году на совещании по проекту долгосрочного плана работ по атомной энергетике советский эксперт внес ряд предложений, способствовавших составлению конкретного плана МАГАТЭ в этой области.

В 1963 г. представители СССР приняли участие во всех мероприятиях Агентства, имевших целью обсуждение вопросов разработки и эксплуатации реакторов. Ученые и специалисты представляли Советский Союз на конференциях по опыту эксплуатации энергетических реакторов и по технологии новых ядерных материалов, включая неметаллические твэлы, в симпозиумах по экспоненциальным и критическим экспериментам и по проблемам физики и выбора материалов для управляющих стержней реакторов. На этих форумах они выступили с 20 докладами.

Советские эксперты обменивались мнениями и опытом с иностранными специалистами на совещаниях по тяжеловодным решеткам, по химическим исследованиям на реакторах, по выработке гарантий для реакторов мощностью выше 100 *Мвт*, по экономическим проблемам включения атомных электростанций в энергетические системы и на семинаре для администраторов в области атомной энергии.

Международное сотрудничество и мирная политика СССР

Советский Союз, верный ленинским принципам внешней политики — политики мира, дружбы и широкого сотрудничества, накопил большой опыт в области мирного использования атомной энергии во всех отраслях народного хозяйства, выступал и выступает за широкое развитие международного сотрудничества в этой области.

Осуществляя политику мира, Советское правительство, советский народ и народы социалистического содружества вместе со всеми народами мира с большим удовлетворением и одобрением встретили подписание Московского договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой, как первый шаг к успешному разреше-

нию проблемы всеобщего и полного разоружения. Советские люди горды тем, что именно в Москве был подписан договор.

Новым шагом в направлении разоружения является решение Советского правительства «предпринимать шаги к сокращению производства расщепляющихся материалов для военных целей» и «...направлять больше расщепляющихся материалов для использования в мирных целях — в атомных электростанциях, в промышленности, сельском хозяйстве, в медицине, в осуществлении крупных научно-технических проектов...».

Великое завоевание человеческого разума — покорение атома — должно быть использовано на благо и только на благо людей; атомная энергия — могучее средство научно-технического прогресса человечества — должна использоваться только для мирных целей.



Обзор работ по исследовательским реакторам и их использованию в СССР*

Составил В. В. Гончаров

В Советском Союзе были созданы исследовательские реакторы различных типов с потоками тепловых нейтронов от 10^{13} до 10^{14} нейтр/см² × сек:

ВВР-2, мощность 2000 квт, поток $3 \cdot 10^{13}$ нейтр/см²·сек;
 ВВР-С, мощность 2000 квт, поток $2,5 \cdot 10^{13}$ нейтр/см²·сек;
 ИРТ, мощность 2000 квт, поток $3,2 \cdot 10^{13}$ нейтр/см²·сек;
 ТВР, мощность 2500 квт, поток $2,5 \cdot 10^{13}$ нейтр/см²·сек;
 ТВР-С, мощность до 10 000 квт,
 поток $6 \cdot 10^{13}$ нейтр/см²·сек;
 РФТ, мощность 15 000 квт, поток $1,8 \cdot 10^{14}$ нейтр/см²·сек;
 ВВР-М, ВВР-Ц, ВВР-К, мощность 10 000 квт,
 потоки $\sim 10^{14}$ нейтр/см²·сек.

Реакторы ВВР-2, ВВР-С, ИРТ, ВВР-М, ВВР-Ц и ВВР-К являются различными конструктивными вариантами водо-водяных реакторов. Опыт сооружения и эксплуатации водо-водяных реакторов, накопленный у нас, показал их большие преимущества. Реакторы этого типа отличаются простотой конструкции, удобством проведения экспериментов, относительно небольшой стоимостью, низкими эксплуатаци-

онными расходами и безопасностью в работе. Они обеспечивают достаточные потоки нейтронов при умеренных мощностях. Благодаря этим качествам водо-водяные реакторы, в частности реакторы ВВР-С и ИРТ, получили наибольшее распространение.

Сооружение исследовательских реакторов в ряде союзных республик СССР позволило на основе сложившихся там научных школ создать новые научные центры для проведения широкого круга исследований в различных областях физики, техники, химии, радиобиологии и медицины. К работам в атомных центрах привлечены многие научно-исследовательские институты и высшие учебные заведения, расположенные в этих районах, что способствует более полноценному использованию исследовательских реакторов.

Перечислим основные направления работ в некоторых центрах, имеющих реакторы с потоками 10^{13} — 10^{14} нейтр/см²·сек.

На реакторе ВВР-М в Ленинграде выполняются исследования по ядерной физике (спектроскопия, изомерия, физика деления), физике твердого тела (изучение магнитного состояния

* Доклад № 296, представленный СССР на Третью международную конференцию по мирному использованию атомной энергии, Женева, 1964.