

этом выделяют три возможных метода: отгонку из измельченного топлива перед растворением; изотопное обогащение в водных потоках; водный рецикл с конечным удалением части потока и отверждением. При окислительной обработке топлива (450—650 °С) можно выделить более 99% трития и основную массу ^{85}Kr , ^{140}Xe , ^{14}C , ^{129}I и сконцентрировать их в небольшом объеме. Тритий в виде тритированной воды может задерживаться на твердых сорбентах.

Многоступенчатый электролиз для обогащения воды тритием представляется неэкономичным вследствие энергоемкости. Более экономичен способ, основанный на комбинации электролиза с каталитическим обменом и рекомендуемый для удаления трития из H_2O и D_2O , т. е. для установок по регенерации топлива и для АЭС с замедлителем D_2O . Но пока он демонстрировался только в пилотных установках с малым содержанием трития. Процесс основан на применении гидрофобных катализаторов.

В Канаде проектируют небольшую демонстрационную установку с более сложной технологией — электролиз с каталитическим обменом и криогенной дистилляцией. Рецикл воды и азотной кислоты как средство удержания трития в схеме регенерационной установки привлекает значительное внимание. Исследования, проведенные в США, Франции и Великобритании по распределению трития в потоках этих установок, показывают, что имеется возможность так организовать рецикл, что тритий, присутствующий в водных растворах, будет локализован той частью схемы, которая включает промывку экстракта первого цикла.

Среди других методов удаления из водных потоков H_2O и D_2O , которые пока исследуются, следует отметить изотопное обогащение с лазерным возбуждением, диффузию через металлические мембраны, термодиффузию и газовую хроматографию.

В последующих разделах рассматривается возможность использования технологических схем обработки загрязненных тритием материалов для перевода в форму, пригодную для хранения или захоронения с целью уменьшить вероятность его распространения. Эффективным методом фиксации считается образование тритированных металлических (титан, цирконий, гафний, торий) гидри-

дов, что позволяет перевести тритий из газовой фазы в твердую. Другим методом локализации может быть каталитическое гидрирование стирола. Катализатором служит никель на кизельгуре или родий на окиси алюминия. Скорость выщелачивания трития незначительна. Термический распад и деполимеризация происходит при >280 °С. Этот процесс находится в ранней стадии разработки.

Жидкие отходы, содержащие тритий, могут быть подготовлены для хранения несколькими методами. Они включают в себя адсорбцию на сухих материалах, образование гидратных соединений, таких, как цемент, химическое включение в органические полимеры. В качестве адсорбционных материалов рекомендуется использовать силикагель, цеолиты, активированную окись алюминия и сульфат кальция.

Для фиксации тритированной воды в настоящее время чаще всего применяют цемент, имеющий высокую емкость по воде: от 25 (портландцемент) до 50% (высокоалюминатный). Основной недостаток цемента — высокая скорость выщелачивания. Для ее уменьшения изучали возможности покрытия цемента битумами, смазками, парафинами, эмалями и различными органическими полимерами. При этом скорость выщелачивания уменьшается за счет сокращения эффективной поверхности, соприкасающейся с водой. Независимо от используемого материала отходы перед захоронением должны быть заключены в соответствующие контейнеры. В разделе о контроле отмечается, что накоплен значительный опыт по регистрации трития и созданы соответствующие приборы.

В заключение участники совещания отметили, что в большинстве стран недостаточная практика обращения с тритийсодержащими отходами и нужна международная кооперация в этой области. Как показало обсуждение экономических аспектов, имеющаяся в настоящее время информация не обеспечивает выбор экономичного метода удаления трития.

Хорошая организация совещания и дискуссии дали возможность в короткий срок обсудить разнообразные вопросы и наметить программу работ на ближайшие годы.

ГАЛКИН Б. Я., ТУГОЛУРОВ В. В.

6-я сессия советско-американской координационной комиссии по термоядерной энергии

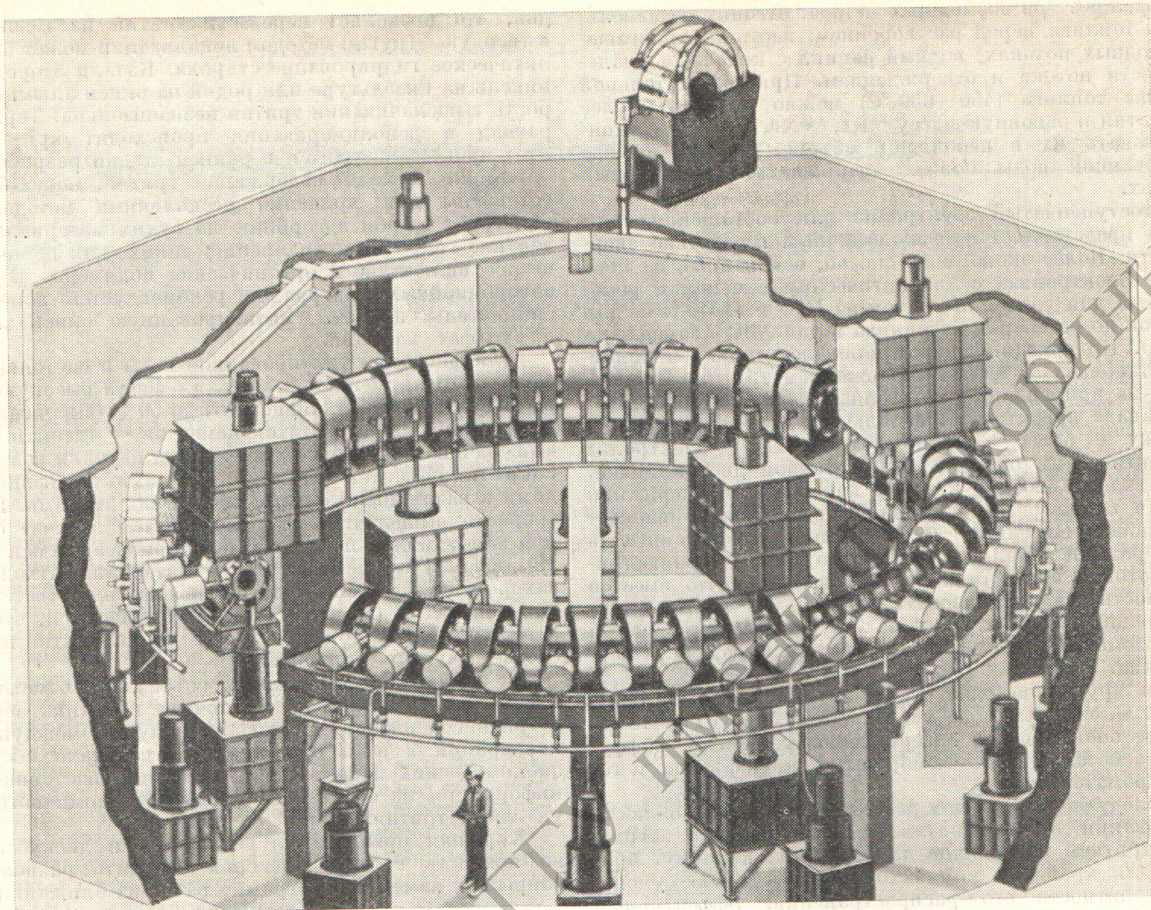
Сессия состоялась 2—3 июля 1979 г. в Вашингтоне (США). На ней были рассмотрены итоги сотрудничества в 1978 г. и выполнение программы по УТС в 1979 г., согласована программа на 1980 г. Представители обеих стран отметили успешную реализацию программы 1978 г., чему во многом способствовал 5-летний опыт совместных работ по УТС, укрепившие связи между коллективами термоядерных центров СССР и США и атмосфера взаимного доверия и уважения. В протоколе сессии отмечена взаимная польза осуществляемых мероприятий и успешное выполнение программы 1979 г.

С докладами о результатах исследований по УТС в СССР и США за 1979 г. и планах их дальнейшего развития выступили сопредседатели координационной комиссии Е. П. Велихов и Е. Кинтнер, а также руководители советских и американских исследовательских институтов, работающих по проблеме УТС.

Согласованная на сессии программа 1980 г. предусматривает проведение 25 совместных мероприятий по трем основным направлениям: экспериментальные и теоретические исследования систем с магнитным удержанием плазмы, проектирование и испытания элементов демонстрационных термоядерных реакторов и инженерные пробле-

мы УТС. Предусмотрено участие советских и американских специалистов в экспериментах на основных термоядерных установках и стендах обеих стран, в том числе начало долгосрочной совместной работы на токамаке Doublet III фирмы «Дженерал атомик» с использованием советского многоканального анализатора быстрых атомов. Планируются совместные теоретические и расчетные работы по устойчивости плазмы реакторных параметров, а также проведение расчетов сверхпроводящих магнитных систем для термоядерных установок следующего поколения. Будут продолжены исследования взаимодействия высокотемпературной плазмы со стенками и изучение объемных и поверхностных радиационных повреждений материалов в условиях, имитирующих реакторные. В СССР состоится очередной четвертый семинар по гибридным реакторам (системе синтез — деление).

В условиях обострившегося энергетического кризиса руководство Департамента энергетики США в последнее время основное внимание стало уделять проблемам «текущего дня». Ассигнования на долгосрочные перспективные разработки за последнее время несколько раз пересматривали и снижали. Термоядерная программа осталась без изменений, чему во многом способствовало благожела-



Общий вид одного из вариантов термоядерной установки ЕВТ-R

тельное отношение к термоядерной энергетике конгресса США. В бюджете на 1980 фин. год на исследования по УТС выделено 513 млн. долл. (в том числе 364 млн. долл. на системы с магнитным удержанием плазмы). В 1981 фин. году эту сумму планируют увеличить еще на 10%. Программу по УТС существенно укрепили успехи, достигнутые в термоядерных исследованиях. К этим успехам следует в первую очередь отнести нагрев плазмы в токамаке PLT до 6 кэВ, получение в токамаке ISX-B устойчивого разряда с параметрами $\beta_{\text{макс}} \sim 10\%$, достижение проектных параметров на крупнейшем в мире токамаке Doublet III.

В 1979 г. термоядерная программа США была детально проанализирована комиссией Департамента энергетики под председательством Дж. Фостера. На основе рекомендации этой комиссии в нее внесены существенные изменения. В частности, решено расширить объем фундаментальных исследований по физике высокотемпературной плазмы. Расширяют работы по некоторым технологическим направлениям и, в первую очередь, по разработке специальных материалов и сплавов, перспективных для будущих термоядерных реакторов. Больше внимания будут уделять разработке и экспериментальной проверке альтернативных термоядерных систем, на первое место среди которых выдвинута система ЕВТ (ELMO-BAMPY-TORUS). Эту систему уже несколько лет исследуют в Ок-Риджской национальной лаборатории. Она представляет комплекс ловушек с магнитными пробками, соединенными в тор. В целях устойчивого удержания плазмы в каждой из ловушек с помощью СВЧ-волн создают квазирелятивистские электронные кольца, приводящие к образованию в присоединенной зоне потенциальной ямы для удержания ионов.

Система работает без продольного тока в плазме, что делает ее привлекательной в плане создания стационарного термоядерного реактора. На небольшой установке ЕВТ-S (большой радиус тора 1,5 м, малый 18,8 см, продольное магнитное поле в области пробок 1,3 Т) получена стационарная устойчивая плазма, плотность которой $\sim 10^{12} \text{ см}^{-3}$, электронная и ионная температура соответственно 400 и 200 эВ. Несмотря на то что результаты еще не позволяют с достаточной достоверностью оценить возможности системы при работе с плазмой, имеющей существенно более высокую плотность и температуру, в США планируют ЕВТ-эксперимент предреакторного масштаба — ЕВТ-R. Объявлен конкурс проектов, в котором участвуют фирмы «Грамман», «Эбаско», «Мак-Доннел». Срок конкурса — май 1980 г.

В качестве очередного крупного этапа в пересмотренной долгосрочной программе США рассматривают инженерный испытательный термоядерный реактор ЕТФ. Основной задачей этой установки является решение общих инженерных проблем УТС и создание технологической базы для первых термоядерных энергетических реакторов. В настоящее время прорабатываются концепции ЕТФ как на базе токамака (Ок-Риджская лаборатория), так и открытой магнитной ловушки (Ливерморская лаборатория им. Лоуренса). Решение о строительстве ЕТФ планируют принять в 1984 г. с учетом экспериментальных результатов, которые будут получены на токамаке FTFR и открытой ловушке MFTF. Следует отметить, что по основным параметрам ЕТФ-токамак оказывается весьма близким к ИНТОРу.