

стическим комплексом, системой автоматизированного сбора данных и рассчитана на работу с частотой импульсов 1 раз в 10 мин. В настоящее время эксперименты ведутся с охлаждаемыми жидким азотом тороидальными катушками при напряженности торондального поля до 65 кЭ. Максимальный достигнутый ток разряда $I_{пл}$ составляет 440 кА, однако до сих пор не удалось получить режимов без срыва тока, который возникает через 20—25 мс после начала импульса.

Установка имеет силовой лайнер из нержавеющей стали и молибденовую диафрагму, которую можно сменить без нарушения вакуумных условий через вакуумный шлюз. Начальный вакуум в камере в прегретом состоянии $2 \cdot 10^{-8}$ мм рт. ст. и $2 \cdot 10^{-9}$ мм рт. ст. в рабочем режиме. Для очистки стенок лайнера от воды применяется индукционный прогрев до 300 °С. Высокий начальный вакуум не является гарантией низкого уровня кислорода в разряде, но гарантирует малую скорость образования окислов на стенках. Дополнительная очистка с помощью низкотемпературного тренировочного разряда током 3—4 кА при напряженности поля 1 кЭ позволила повысить плотность плазмы до 10^{14} см⁻³ и получить довольно низкие значения $Z_{эф}$. Следует отметить недостаточную повторяемость разрядов, особенно по таким параметрам, как интенсивность и поведение во времени сигнала низкоэнергетического рентгеновского излучения. Для типичного разряда ФТ с $H = 60$ кЭ и $I_{пл} = 406$ кА ($q \approx 3,5$) получено $n_e(r) \approx 1,7 \cdot 10^{14} (1 - r^2/a^2)$ см⁻³, $T_e(r) \approx (1 - r^2/a^2)^2 \times 10^8$ эВ, $T_i(0) \approx 600$ эВ, $\tau_E \approx 10$ мс, $Z_{эф} \approx 2$. Профиль электронной температуры T_e типичен для разрядов с доминирующими легкими примесями.

После выполнения намеченной программы исследований по джоулевому нагреву будут начаты эксперименты по дополнительному нагреву плазмы на частоте

нижнего гибридного резонанса, планируемые на конец 1979 г. На первом этапе мощность ВЧ-нагрева составит 0,5 МВт, в случае успеха она может быть увеличена до 1 МВт.

Во Фраскати члены делегации ознакомились с лабораторией, занимающейся разработкой сверхпроводящих магнитных систем. Сейчас планы лаборатории переориентированы на подготовку к созданию сверхпроводящей системы для токамака. Основные задачи в настоящее время — разработка сверхпроводящих материалов для реализации сильных магнитных полей в крупномасштабных установках и исследование циркуляционного способа охлаждения сверхпроводящих магнитных систем. Сотрудники лаборатории изготовили небольшую партию провода на основе NbAl критическим током 60 А в поле 64 кГс и 20 А при 110 кГс. Исследования показали, что такой провод сохраняет свои свойства при относительном удлинении 0,4—0,5%, т. е. вдвое больше, чем для ниобий-оловянных сверхпроводников.

После окончания семинара делегация посетила лабораторию физики плазмы при Миланском университете, где ведется наладка токамака «Тор» ($R = 55$ см, $a = 14,5$ см, $H = 10$ кЭ). Установка спроектирована и построена в Калэмской лаборатории (Великобритания). Проведены первые эксперименты с разрядом, ведется корректировка магнитных полей. Установка создается для обучения студентов, специализирующихся по физике плазмы. Предполагается в течение 1979 г. проведение экспериментов по СВЧ-нагреву плазмы на частоте электронного циклотронного резонанса с помощью гиротронов фирмы «Вариан» (мощность 100 кВт, длина волны ~ 1 см).

ГОЛУБЧИКОВ Л. Г.

Совещание экспертов МАГАТЭ по предотвращению загрязнения морей

В феврале — марте 1978 г. в Вене (Австрия) прошло совещание экспертов МАГАТЭ по вопросу ответственности Агентства в соответствии с Конвенцией по предотвращению загрязнения моря сбросом отходов и других материалов. Этому совещанию предшествовали следующие обстоятельства.

В ноябре 1972 г. в Лондоне была разработана Конвенция по предотвращению загрязнения моря захоронением радиоактивных отходов и других радиоактивных материалов. Во второй половине 1975 г. лондонская Конвенция вступила в силу. Советский Союз ратифицировал этот документ 15 декабря 1975 г.

В соответствии с приложениями к Конвенции МАГАТЭ выработало документ, в котором дано понятие радиоактивных отходов высокой удельной активности, не допустимых для захоронения в море, и подготовило рекомендации по выдаче разрешений и проведению операции по их захоронению в море.

В определении говорится, что в море нельзя удалять в упакованном виде радиоактивные отходы или другие материалы высокой удельной активности: для α -излучателей с периодом полураспада более 50 лет с концентрацией более 10 Ки/т; для β -излучателей (исключая тритий) с концентрацией более 10^3 Ки/т; для ^{90}Sr и ^{137}Cs — более 10^2 Ки/т; для трития более 10^6 Ки/т.

Захоронение радиоактивных отходов (в упакованном виде) в моря практиковалось США до 1965 г., позднее было прекращено как экономически неоправданное, странами Европейского экономического сообщества оно ведется и сейчас. К концу 1974 г. в северо-восточной части Атлантического океана в районе, ограниченном координатами 35 — 50° с. ш. и 10 — 25° з. д., погружено в контейнерах на дно океана 175 кКи β -активных веществ [1]. С 1977 г. операции по захоронению радиоактивных отходов в море проходят в соответствии с упомянутыми определением и рекомендациями.

Одновременно с принятием названных документов первое консультативное совещание договаривающихся сторон поручило МАГАТЭ в дальнейшем улучшить определение и рекомендации с учетом качественного и количественного определения того, что такое высокоактивные отходы; стратегии изоляции отходов и заключения их в контейнеры; пересмотра положенной в основу документов океанографической модели; запрещения захоронения на глубинах меньше 4 км; сброса жидких и неупакованных низкоактивных отходов; концепции минимизации уровней радиоактивности; ограничения числа мест погружения отходов и разработки специального стандартного контейнера.

Позднее МАГАТЭ создало рабочие группы и совещания экспертов и пересмотрело океанографические и радиологические основы определения и рекомендаций. Было признано, что ранее принятая океанографическая модель Уэбба — Морли [2] излишне упрощает действительные процессы в океане и не подходит для расчетов концентрации примесей на длительные периоды времени. Эксперты рекомендовали для оценки долгосрочной нелокальной дисперсии более совершенную модель Дж. Шеперда [3]. Подвергалась критике и радиологическая основа временных определений и рекомендаций. Выказано, в частности, мнение, что радиологическая опасность для человека и экологических систем в сильной степени определяется темпом сброса радиоактивных веществ в океан. Удельная активность сбрасываемых веществ имеет якобы меньшее значение.

В итоге МАГАТЭ сочло уже подготовленным пересмотр документа, определяющего радиоактивные отходы высокой удельной активности, и рекомендаций, и для этой цели в феврале — марте 1978 г. в Вене было созвано восьмое совещание экспертов, к работе которого были привлечены специалисты из 23 стран и нескольких международных организаций.

Секретариат МАГАТЭ подготовил в качестве основы для работы документ, содержащий предполагаемые поправки и изменения к принятому ранее тексту временных определений и рекомендаций. В частности, предполагалось, что будут запрещены для захоронения в морях радиоактивные отходы, содержащие α -излучателей более 10^{-2} Ки/т, β -, γ -излучателей — более 1 Ки/т и трития — более 10^5 Ки/т. Эти значения удельной активности в 1000 раз меньше принятых в действующем определении.

В результате тщательного анализа проблемы эксперты предложили запрещать удалять в море в упакованном виде отходы высокой удельной активности с содержанием радиоактивных веществ выше следующих пределов: α -излучателей — 1 Ки/т, но ^{226}Ra или равновесного с ним ^{210}Po не более 10^{-1} Ки/т; β -, γ -излучателей с периодами полураспада более 6 месяцев (исключая тритий) или смесей β -, γ -излучателей неиз-

вестного состава — не более 10^2 Ки/т; трития и β -, γ -излучателей с периодами полураспада менее 6 месяцев — не более 10^6 Ки/т. Указанные концентрации должны оцениваться как средние для общей массы упаковок, не превышающей 1000 т.

Это определение в 10 раз жестче, чем действующее. Была также выработана более строгая редакция действующих рекомендаций. В частности, глубина места захоронения должна быть в среднем более 4 км, хотя на этом месте могут быть подводные холмы высотой до 400 м. Среди целей, которых предполагается достигнуть, следуя Конвенции, названо сохранение морских ресурсов. Указано на необходимость стремиться к длительной изоляции и удержанию отходов внутри оболочек после опускания их на морское дно и т. п. Рекомендации исключают затопление жидких радиоактивных отходов.

Предложения совещания экспертов использованы Секретариатом МАГАТЭ для составления проекта определения и рекомендаций, который пройдет затем все необходимые инстанции до принятия договаривающимися сторонами по Лондонской Конвенции.

Можно ожидать, что международное сотрудничество в сохранении природных ресурсов и, в частности, океанов будет плодотворным и позволит успешно решать экологические проблемы с учетом последних научных достижений.

ГЕДЕОНОВ Л. И., ФЛЕГОНТОВ В. М.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Oliver J. In: Proc. of European Nuclear Conf. Paris, «Pergamon Press», 1975, v. 8, p. 355.
2. Webb G., Morley F. A Model for the Evaluation of the Deep Ocean Disposal of Radioactive Waste. National Radiological Protection Board Report NRPB-R 14, June 1973, Harwell, UK.
3. Sheperd J. A Simple Model for the Dispersion of Radioactive Waste Dumped on the Deep Sea Bed, Fisheries Research Tech. Report 29, 1976, Lowestoft, UK.

III Международная конференция по коллективным методам ускорения

Программа конференции, состоявшейся в мае 1978 г. в Лос-Анджелесе (США), включала основные направления исследований по коллективным методам ускорения: ускорение ионов в прямых электронных пучках и электронных кольцах; автоускорение ионов в структурах; получение мощных пучков ионов и способы их ускорения. В работе конференции участвовали ведущие ученые центров, разрабатывающих данную тематику. Сравнивая программу нынешней конференции с предыдущей, можно видеть, что за последние два года значительно повысился удельный вес работ по получению и ускорению ионов.

Ускорители с электронными кольцами. Сейчас основные усилия направлены на создание и запуск так назы-

ваемых прототипов ускорителей — установок, которые по своим параметрам уже могут рассматриваться как ускорители для ядерной физики, но степень проработки отдельных узлов не позволяет считать их действующими установками. Такие установки создаются в ОИЯИ (Дубна), Гархинге (ФРГ), Мэрилендском университете (США). Наибольшие успехи достигнуты в Дубне, где на установке КУТИ (коллективный ускоритель тяжелых ионов) различные ионы ускорены до энергии ~ 2 МэВ/нуклон. При этом интенсивность легких ионов составила $6 \cdot 10^{11}$, тяжелых $2 \cdot 10^{11}$ в одном цикле ускорения.

Большой интерес вызвали экспериментальные исследования динамики ускорения ионов в коллективном