

6. Дозиметрия и физика защиты в ОИЯИ

6.1. Ускорители как источники ионизирующих излучений

Исследования по дозиметрии и физике защиты начались с пуском пятиметрового синхроциклотрона в 1949 году и велись по наиболее актуальным направлениям.

Одними из первых результатов исследований вблизи пятиметрового синхроциклотрона явились распределения, в основном, плотности потока нейтронов с энергиями более 20 МэВ, генерируемых в мишени и деталях вакуумной камеры ускорителя протонами, дейтронами и альфа-частицами с энергиями 480, 280 и 560 МэВ соответственно. Полученные данные способствовали оценке необходимой защиты, отделяющей зал для экспериментов от зала модернизированного синхроциклотрона на энергию протонов 660 МэВ, успешный пуск которого состоялся во второй половине декабря 1953 года при токе $\sim 0,2$ мкА. Сразу после пуска были выполнены измерения уровней ионизирующих излучений в зале ускорителя, в помещении для экспериментов и в помещениях для экспериментаторов. В измерениях применяли ионизационные камеры, измеряющие ток в ее воздушной полости, импульсные ионизационные камеры, регистрирующие осколки деления висмута частицами высоких энергий, а также углеродные пластины, в которых измеряли наведенную частицами высоких энергий активность.

Создание высокочувствительных нейтронных детекторов позволило исследовать распространение флюенса нейтронов за пределами здания ускорителя. Эти результаты и стремление повышать ток внутреннего пучка ускорителя привели к сооружению дополнительной защиты толщиной около шести метров из бетонных ряжей и земли вокруг здания синхроциклотрона.

После создания ОИЯИ значительно возросли возможности и объем исследований. Вблизи синхрофазотрона и вокруг него были измерены уровни излучений, которые показали необходимость дополнительных мер защиты.

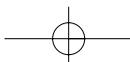
С целью изучения закономерностей распространения нейтронов на большие расстояния от ускорителей выполнен анализ результатов измерений на расстояниях до 1500 м от синхроциклотрона и до 700 м от синхрофазотрона. Это позволило определить достаточность мер радиационной защиты как для персонала Института, так и для остальных жителей города.

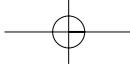
Измерения поля излучения вблизи зданий циклотронов ЛЯР и других ускорителей ОИЯИ показали их незначительный вклад в дозу облучения персонала Института.

С целью достоверной интерпретации показаний средств оперативного дозиметрического контроля были предприняты интенсивные исследования состава излучений и энергетического распределения флюенса нейтронов как основного компонента поля излучения за защитой работающих ускорителей. Полученные результаты позволили установить закономерности формирования поля ионизирующего излучения и, в частности, нейтронов за защитой ускорителей заряженных частиц.

6.2. Импульсные быстрые реакторы как источники излучений

Исследование радиационной обстановки в технологических помещениях и экспериментальных залах реакторов, а также за их пределами показали достаточность приня-





тых мер защиты. С целью проверки адекватности показаний средств оперативного дозиметрического контроля дозе ионизирующего излучения были изучены энергетические распределения нейтронов в пучке ИБР-30, на поверхности замедлителя и вблизи вывода пучка из ИБР-2. С той же целью изучено соотношение дозы гамма-излучения и дозы нейтронов в различных местах. Для принятия необходимых мер безопасности в аварийной ситуации с теплоносителем измеряли состав радионуклидов теплоносителя из натрия.

На основании данных о радиационной обстановке от действующих ядерно-физических установок ОИЯИ и оценке уровня риска от гипотетических аварий на реакторах установили, что возможный ущерб от этих источников ниже ущерба от курения и от природных источников радиации.

6.3. Исследования в области физики защиты

Проектные работы по созданию ускорителей нового поколения инициировали исследования переноса частиц высоких энергий и, в частности, нейтронов в различных защитных средах. Первые эксперименты были выполнены в защитной стене синхротрона, для чего в ней были высверлены несколько каналов длиной около двух метров. В результате измерений установлено почти экспоненциальное ослабление в защите потока нейтронов с энергиями более 20 МэВ с длиной ослабления $61 \pm 1,5$ см в обычном бетоне ($2,35$ г/см³). Зависимость флюенса нейтронов с более низкими энергиями от толщины защиты в начале резко отличается от экспоненциального, а затем приходит в равновесие с нейтронами высоких энергий после толщины около 50 см.

Большой цикл работ был выполнен с целью установления влияния состава бетона на длину ослабления и фактора накопления в отношении флюенса нейтронов. При этом определили оптимальное количество воды и бора в бетоне.

Интересные результаты получены для железобетонной защиты. В результате измерений впервые установили зависимости длины ослабления от максимальной энергии нейтронов в несколько сотен МэВ и от средневзвешенной атомной массы материала защиты. С целью обобщения результатов экспериментов, их более глубокого понимания и экстраполяции на условия, отличные от экспериментальных, решали уравнение переноса частиц высоких энергий в защите. При некоторых допущениях удалось получить решение уравнения в аналитической форме для энергетического распределения флюенса нейтронов в защите. В этих исследованиях впервые было обращено внимание на большое накопление нейтронов с энергией около 24 кэВ в защите из железа, что приводило к длине ослабления таких нейтронов значительно большей, чем для нейтронов высокой энергии. Это явление в 2001 году экспериментально подтверждено на сильноточном ускорителе ISIS.

Экспериментальное исследование переноса излучения от синхрофазотрона показало слабую зависимость длины ослабления нейтронов от их максимальной энергии в спектре. Результаты исследований были реализованы в проекте сильноточного ускорителя протонов и при проектировании защиты ускорительного комплекса в Протвино.

