

Лаборатория радиационной биологии

1. Первые радиобиологические эксперименты

Первые радиобиологические эксперименты в ОИЯИ были начаты в далеком 1959 году на 6-метровом протонном синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем (ЛЯП). Эти исследования проводили сотрудники лаборатории радиотоксикологии и клиницисты Института гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР под руководством заведующей лабораторией профессора Э.Б.Курляндской и директора института академика А.А.Летавета. В начале 1960 года на территории ЛЯП была организована лабораторная база этого института, смонтирован маленький «финский» домик во дворе ЛНФ рядом с теперь уже бывшим павильоном физических измерений ЛЯП (он существует до сих пор). На этой базе начали работать первые сотрудники, постоянно живущие в Дубне со статусом прикомандированных к ЛЯП. Перед исследовательским коллективом стояли задачи сравнительной оценки воздействия разных доз протонного и γ -излучений на организм экспериментальных животных. Получение такого рода данных служило бы необходимой базой для разработки мер по снижению степени вредного влияния корпускулярных излучений на организм человека и в итоге создания нормативов для персонала, работающего в смешанных полях ионизирующих излучений.

В эти же годы в нашей стране возник ряд актуальных задач, связанных с началом космической эры и освоением околоземного космического пространства. Острая необходимость быстрого решения этих задач стимулировала проведение широкомасштабных радиобиологических исследований и, в конечном итоге, определила фронт выполняемых работ на установках ОИЯИ. Запущенные в тот период искусственные спутники Земли и космические корабли обнаружили высокий уровень доз ионизирующих излучений в околоземном космическом пространстве. Выяснилось, что в космосе присутствуют различные виды ионизирующих излучений, имеющие сложный зарядовый и энергетический спектры. При подготовке первых полетов животных и человека в космос не было ясности в том, как будут вести себя живые организмы в условиях многокомпонентного радиационного воздействия, в том числе при действии протонов высоких энергий, генерируемых Солнцем и исходящих из глубин Галактики. Решить эту задачу стало возможным в наземных условиях, облучая биологические объекты на первом в Дубне 6-метровом ускорителе протонов, генерирующем пучки протонов с энергией до 660 МэВ. Целью данных работ являлось установление величины относительной биологической эффективности (ОБЭ) протонов высокой энергии, то есть необходимо было установить, насколько более (или менее) эффективны высокоэнергетичные протоны по сравнению с рентгеновским или гамма-излучением при действии на живые организмы. При краткосрочных полетах в околоземном космическом пространстве радиационная опасность обусловлена в основном протонами, составляющими излучение радиационного пояса Земли или генерируемыми в результате хромосферных вспышек на Солнце. Наибольший вклад вносят протоны с энергиями в диапазоне 100–700 МэВ. Поэтому первоочередной задачей становилось исследование влияния протонов разных энергий на организм человека и поиск способов защиты космонавтов от их негативного воздействия во время полетов.

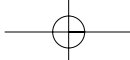
В ходе обсуждения всей совокупности вопросов, касающихся решения сложных медико-биологических задач при выполнении пилотируемых космических полетов, в

руководящих органах страны была выработана программа исследований и пути ее реализации. По инициативе академиков С.П.Королева и Н.М.Сисакяна в декабре 1963 года в Москве был создан Институт медико-биологических проблем (ИМБП) МЗ СССР. Н.М.Сисакян в тот период являлся главным ученым секретарем АН СССР и курировал медико-биологический раздел программы космических исследований. Под его руководством рождалась новая область науки — космическая биология и медицина и ее важнейший раздел — космическая радиобиология. Возглавил ИМБП академик А.В.Лебединский, и вскоре, после его кончины, академик В.В.Парин — выдающийся специалист в области физиологии. В этот период при активной поддержке Н.М.Сисакяна в ИМБП было создано специальное подразделение — сектор космической радиобиологии, руководимое профессором Ю.Г.Григорьевым. Специалисты-радиобиологи при постоянном внимании и поддержке со стороны директора ИМБП академика О.Г.Газенко, сменившего после смерти В.В.Парина, начали систематические исследования на ускорителях ОИЯИ. В Дубне при ЛЯП заработала стационарная лаборатория — филиал одного из подразделений ИМБП, которая являлась по сути базой для проведения работ по облучению различных биологических объектов разными видами ионизирующих излучений. На синхроциклотроне проводили эксперименты по облучению мелких и крупных лабораторных животных (крысы, мыши, собаки и даже обезьяны), растительных объектов, а также культивируемых клеток млекопитающих и человека протонами с энергиями от 25 до 645 МэВ. Группа физиков ИМБП обеспечивала выведение пучков протонов с разными энергиями и дозиметрию при облучении биообъектов, используя блоки тканеэквивалентных поглотителей.

На этом ускорителе проводили свои опыты не только сотрудники ИМБП, но и специалисты из других институтов АН СССР, АМН СССР, Минздрава СССР. В соответствии с разработанной в АН СССР программой «Интеркосмос» в этих работах позднее широко участвовали ученые из других стран — Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Румынии, Чехословакии.

Изучались реакции разных клеточных и тканевых систем при воздействии острого, фракционированного и хронического протонного облучения. Исследовалось также модифицирующее влияние разных видов физических и химических агентов на радиационные эффекты. Большой объем работ был выполнен по оценке радиационной опасности при кратковременных и длительных космических полетах человека и по установлению допустимых уровней облучения, велась разработка методов физической защиты от космической радиации и т. д.

В 1967 году был издан первый сборник статей «Биологическое действие протонов высоких энергий» под редакцией Ю.Г.Григорьева, где обобщены результаты исследований на синхроциклотроне ЛЯП ОИЯИ. По полученным материалам защищены многие десятки кандидатских и докторских диссертаций, написаны многочисленные статьи и монографии, посвященные этой проблеме. Анализ полученных данных по реакции клеток и тканевых систем организмов показал, что по своему воздействию протоны высоких энергий близки по характеру воздействия к электромагнитным видам излучений γ - и рентгеновских лучей. Однако было отмечено повышение относительной биологической эффективности протонов при снижении их энергии до 25 МэВ и ниже.

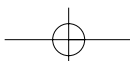


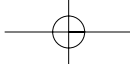
В условиях длительных космических полетов наибольшую опасность, как оказалось, может представлять Галактическое космическое излучение (ГКИ). Было выяснено, что ГКИ состоит из практически всех элементов, составляющих Периодическую таблицу Д.И.Менделеева. Наибольший вклад в интегральный поток тяжелых ядер ГКИ вносят ядра группы углерода и железа, ускоренные в космосе до гигантских энергий. Хотя потоки этих частиц невелики (за год полета вне магнитосферы Земли приходится примерно 10^5 частиц/см²), их повреждающее влияние на организм может быть крайне неблагоприятным. Изучение особенностей биологического действия тяжелых заряженных частиц и, тем самым, моделирование влияния на живые системы ядер ГКИ можно было осуществлять в тот период на ускорителе тяжелых ионов У-300 Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Г.Н.Флёров активно поддержал обращение директора ИМБП академика О.Г.Газенко и предоставил возможность проводить радиобиологические эксперименты на этом недавно запущенном в эксплуатацию ускорителе.

Надо заметить, что постановка радиобиологических экспериментов на ускорителе У-300 была непростой задачей. Энергия тяжелых ионов, генерируемых ускорителем, не превышала 10 МэВ/нуклон. Для проведения радиобиологических экспериментов была создана установка, которая позволяла транспортировать пучки ускоренных ядер в атмосферу. С ее помощью можно было осуществлять прецизионную дозиметрию частиц. С учетом того что пробеги ускоренных ионов в тканях живых организмов не превышали 300 мкм, пришлось разработать специальную технику приготовления биологических образцов (монослои клеток) для облучения. В экспериментах на микроорганизмах, клетках млекопитающих в культуре, тканях роговицы мелких лабораторных животных была отмечена высокая биологическая эффективность тяжелых ионов по сравнению с гамма-лучами и протонами высоких энергий по многим тестам, в том числе по критерию индукции повреждений хромосомного аппарата клеток млекопитающих.

Помимо специалистов в области космической радиобиологии на базе ОИЯИ работала группа радиобиологов — сотрудников Всесоюзного онкологического научного центра (ВОНЦ) АМН СССР. В 1966 году по инициативе В.П.Джелепова на синхротроне ЛЯП ОИЯИ были начаты работы по созданию первого в СССР протонного медицинского пучка для облучения онкологических больных. Группу физиков, занимавшихся этой проблемой, возглавлял сотрудник ЛЯП О.В.Савченко, от онкологического центра работой руководил заведующий отделением лучевой терапии профессор И.И.Рудерман. Вскоре был создан протонный пучок, на котором необходимо было провести первые предклинические радиобиологические исследования. Для этих исследований в ВОНЦ была приглашена на работу из Института гигиены труда и профзаболеваний группа сотрудников, постоянно работающих в Дубне и занимающихся исследованием биологического действия протонов высоких энергий, во главе с С.П.Ярмоненко (тогда еще кандидата биологических наук). В ВОНЦ была создана Лаборатория радиобиологии опухолей, сотрудники которой работали в тесном контакте с дубненской группой.

Радиобиологические исследования на протонном медицинском пучке были начаты в 1968 году. В экспериментах, проводимых на клеточных культурах и животных-опухоленосителях, были определены основные радиобиологические параметры про-





тонов с энергией 180 МэВ, что дало возможность в скором времени начать лучевое лечение больных.

Следующим этапом исследований дубненских радиобиологов-онкологов было изучение биологического действия π^- -мезонов на пучке, сформированном на том же ускорителе ЛЯП. Были получены приоритетные данные по величине относительной биологической эффективности и кислородного коэффициента этого вида излучения, которое, как полагали, может оказаться эффективным при использовании в лучевой терапии опухолей. Впоследствии были предприняты исследования биологического действия нейтронов сверхвысоких энергий с дальним прицелом использования этого вида частиц при облучении радиорезистентных крупных опухолевых образований.

Дубненские радиобиологи работали в постоянном контакте с московскими коллегами. Исследованиями по-прежнему руководил теперь уже профессор С.П.Ярмоненко. Совместно с коллегами из Москвы были проведены работы по экспериментальному обоснованию метода гипоксирadiотерапии, который был внедрен в клиническую практику лучевой терапии во многих онкологических учреждениях СССР и за рубежом.

Радиобиологические исследования на базовых установках ОИЯИ впоследствии стали успешно развиваться радиобиологами, работающими непосредственно в ОИЯИ в созданном в 1978 году секторе биологических исследований ЛЯП.

2. Создание сектора биологических исследований

Инициатором создания сектора биологических исследований являлся доктор физико-математических наук В.И.Данилов — руководитель отдела синхроциклотрона ЛЯП. В этот период В.И.Данилов активно развивал работы по действию магнитных полей с различными характеристиками на биологические объекты. Биологи, организованные в группу магнитных испытаний, работали по специальному наряду-казазу Министерства среднего машиностроения. Проводилось изучение влияния импульсных и переменных магнитных полей на растения, бактерии и фаги, лимфоциты крови человека, нервные клетки (на модели нейронов моллюсков). Наряду с этим изучались реакции растительных объектов на экранирование геомагнитного поля Земли (ГМП). При этом использовалась сконструированная в ОИЯИ установка «Магнитный экран», обеспечивавшая ослабление ГМП в 105–106 раз. Эти работы проводились совместно с сотрудниками Института ботаники им. Н.Г.Холодного АН УССР (г. Киев).

В условиях экранирования ГМП доминирующей реакцией явилась задержка прорастания семян разных видов растений и торможение роста их проростков. Было выявлено снижение пролиферативного пула клеток и увеличение общей длительности цикла их репродукции за счет удлинения отдельных фаз (в основном пресинтетической, а у некоторых растений и постсинтетической). Исследование динамики синтеза РНК и белков, доминирующего именно в этих фазах клеточного цикла, выявило снижение функциональной активности генома у всех исследованных растений в ранний пререпликативный период. Полученные результаты свидетельствовали о том, что ГМП является биологически значимым фактором, оказывающим определенное влияние на процессы транскрипции, трансляции и на пролиферативные процессы в растительной клетке.

