

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА РЕАКТОРЕ

А.Г. Сverdлов

В начале шестидесятых годов прошлого века стало очевидным, что для решения многих проблем биологии необходимо объединение усилий других специалистов в этой области науки: физиков и химиков. Примером физического подхода к основополагающим проблемам биологии явилась, в частности, книга Шредингера «Что такое жизнь с точки зрения физиков». Участие физиков в решении, казалось бы, чисто биологических задач стало знаменем времени, а создание биологических лабораторий в физических институтах – частым явлением. Примером успешного сотрудничества биологов с физиками может служить опыт ПИЯФ. Появление в ПИЯФ биологического подразделения в качестве структурного было предусмотрено при создании института, а направление биологических исследований определялось названием этого подразделения: Радиобиологический отдел. Действительно, изучение действия ионизирующей радиации на биологические объекты и, в первую очередь, на организм животных и человека было в тот период одной из задач государственной важности, что вызывалось развитием атомной энергетики, военной угрозой, развивающимся использованием ядерного излучения в народном хозяйстве, медицине, науке. При этом ПИЯФ, обладавший ядерным реактором, был единственным в стране учреждением, где имела возможность исследовать действие нейтронов на млекопитающих разных видов, а это открывало перспективы экстраполяции полученных результатов и на человека. Сказанное прекрасно понимали руководители Физтеха и Гатчинского филиала (ныне ПИЯФ) Б.П. Константинов и Д.М. Каминкер. Они приветствовали намечавшийся союз физиков с биологами и одобрили программу работ нового для института биологического отдела, представленную появившимися в ПИЯФ биологами (А.С. Мозжухин, А.Г. Сverdлов). Реактор ПИЯФ обладал большими возможностями для выполнения этой программы, но горизонтальные каналы, имевшиеся в нем, как и реакторы других институтов, были недостаточны для систематического изучения биологических эффектов у различных биообъектов в различных условиях эксперимента. А для выявления основных закономерностей такого рода эффектов были необходимы именно такие исследования. В США даже создали с этой целью 2 специальных реактора. Физики ПИЯФ пошли по другому пути: под руководством Д. М. Каминкера и К.А. Коноплева вертикальный канал большого размера в защите реактора был оборудован системами дозиметрии и жизнеобеспечения, вращающейся платформой и т. д. Большой размер канала позволял одновременно равномерно облучать большое количество мелких животных и, в случае необходимости, – крупных. Так усилиями реакторщиков (К.А. Коноплев, Р.Г. Пикулик, Л.Н. Постников, Л.М. Площанский, В.А. Соловьев, А.С. Балдычев, О.А. Ефремов и др.) были созданы уникальные для нашей страны возможности изучения биологических эффектов нейтронов и смешанного гамма-нейтронного излучения. Позже реакторщики создали на выгоревших твэлах критстенд «БИОР»,

еще более расширивший «аппетиты» и возможности биологов. Физико-технические проблемы, возникшие при оборудовании вертикального биоканала, были рассмотрены Л.Н. Постниковым в кандидатской диссертации. Несмотря на то, что появление в реакторном зале необычных хвостатых объектов очень позабавило персонал реактора и физиков-исследователей, программа биологических экспериментов была выполнена. Это позволило уже на первом этапе работы получить интересные результаты, характеризующие биологическую эффективность нейтронов деления при действии этих частиц на млекопитающих разных видов. Эксперименты в этом направлении предпринимались в лабораториях Европы и Америки, но их результаты существенно отличались друг от друга. Это было неизбежно, поскольку условия опытов не были одинаковыми, как неодинаковыми были и сами объекты (разные генетические линии, пол животных, их возраст и т. п.). К тому же далеко не всегда они были достаточны количественно. В отличие от этого условия эксперимента на реакторе ПИЯФ были строго стандартизированы: опыты проводились при постоянном дозиметрическом мониторинговании, использовались объекты с одинаковыми биологическими характеристиками, в одних и тех же сезонных условиях и т. д. Участие реакторщиков обеспечило массовость экспериментов, что гарантировало статистическую достоверность результатов. В итоге удалось определить важнейшую характеристику повреждающего действия нейтронов деления на организм – их относительную биологическую эффективность (ОБЭ), т. е. отношение дозы нейтронов к дозе стандартного (гамма или рентгеновского) излучения, вызывающего одинаковый биологический эффект. Полученные в строгих условиях наблюдения, эти величины в нашей стране стали рассматриваться как эталонные. Анализ показал, что ОБЭ нейтронов у животных разных видов уменьшается с ростом величины объекта. Проследив эту закономерность от мышей, крыс и морских свинок до собак, можно прогнозировать и величину ОБЭ нейтронов деления для человека, что имеет первостепенное значение для практики. Полученные данные позволили определить, что эффективность нейтронов близка к таковой у гамма-излучения и составляет 1,1. Эти результаты были использованы при разработке дозиметрической аппаратуры для медицинских и гигиенических целей. Зависимость ОБЭ нейтронов от величины объекта требовала объяснений. Путь к ним стал ясным в результате постоянного общения с физиками. Итогом этого общения стал физический подход к рассмотрению биообъектов: они стали исследоваться в первую очередь как физические тела. При таком подходе требовалось исследовать пространственно-энергетическое распределение поглощенной дозы излучения в ткани эквивалентных фантомов различной геометрии. Измерения показали, что в фантомах мелких лабораторных животных поглощенная доза на поверхности и в глубине одинакова и представляет собой дозу от протонов и ядер отдачи. При облучении больших фантомов поглощенная доза от поверхности к глубине объекта формируется все меньше протонами и ядрами отдачи и все больше вторичным гамма-излучением. Это означает, что в глубине она создается в большой степени не высокоэффективными ядерными частицами, а значительно менее эффективным, т. е. менее поражающим, гамма-излучением.

Этим и объясняется, что ОБЭ нейтронов деления у мышей составляет 1,8, а у собак близка к 1,1, и такой же следует ее ожидать у человека. Параллельные биологические исследования поражений у животных показали, что к так называемым дозиметрическим факторам, определяющим снижение ОБЭ, следует добавить и чисто биологические. Такие, например, как избирательно высокая радиочувствительность некоторых органов. Дальнейшие исследования были направлены на выяснение возможности ослабить повреждающее действие нейтронов деления на организм. К этому времени было выяснено, что ряд химических веществ при их профилактическом применении способен уменьшить поражение гамма- или рентгеновскими лучами и даже предотвратить гибель животных. Эффективность таких препаратов (радиопротекторов) оказалась высокой. Однако при нейтронном облучении мышей она была невелика, и утвердилось представление, будто химическая защита от нейтронов либо вовсе невозможна, либо требует изыскания каких-то новых, особых протекторов. Это представление по ряду теоретических соображений казалось сомнительным, а в свете данных о роли вторичного гамма-излучения в нейтронном поражении – и вовсе ошибочным. Правоту такого или другого мнения мог решить только эксперимент, для которого возможности биоканала ПИЯФ открывали широкие перспективы. Практическую значимость такого эксперимента было трудно переоценить. Исследования названной проблемы потребовали огромного количества опытов. Они показали, что с помощью существующих радиопротекторов можно заметно ослабить нейтронное поражение мышей. Лучшие протекторы обеспечивали снижение смертности на 30 и даже на 40%, что несколько выше описанного в литературе. Одновременно становилось ясно, что «мышинная модель» подходит лишь для выяснения принципиальной возможности химической защиты от действия нейтронов. Однако она не моделирует пространственно-энергетического распределения поглощенной дозы у более крупных объектов. В результате протекторы у мелких и крупных объектов действуют в неодинаковых условиях, причем для мелких объектов эти условия (вклад гамма-квантов в дозу на критических органах) существенно менее благоприятны для ослабления эффекта поражения. Это принципиальное предположение было подтверждено в опытах на других моделях. Таким образом, была показана возможность химической защиты организма от действия нейтронов. Это кардинально изменило стратегию поисков новых радиозащитных средств и существенно снизило ненужные и немалые расходы. К тому же расширился спектр профилактических мероприятий в случае возможных аварий ядерных установок. Исследования на реакторе показали возможность повышения эффективности защиты от нейтронов путем сочетания протекторов с экранированием небольших участков скелета полиэтиленом. Появились и новые радиопротекторы, синтезированные в Радиобиологическом отделе (лаборатория С.А. Грачева). Была показана возможность повышения защиты за счет уменьшения токсичности некоторых протекторов путем использования их комбинаций с другими веществами. Результаты этих биологических исследований на реакторе были опубликованы в многочисленных статьях и докладах и в монографии

А.Г. Свердлова «Биологическое действие нейтронов и химическая защита». Многие ее страницы вошли в книгу, посвященную нейтронному поражению организма (без указания источника заимствования) и опубликованы в Чехословакии. Монография также переведена на китайский язык и издана в Пекине. Она стала настольной книгой китайских биологов, причастных к разработке ядерной проблемы, в чем можно было убедиться, посетив КНР. В нашей стране возможности ядерного реактора ПИЯФ привлекли внимание биологов, занимающихся нейтронными исследованиями. С просьбой о проведении экспериментов на этом реакторе обратились сотрудники многих научных учреждений. Такие эксперименты были успешно проведены при участии физиков и биологов ПИЯФ учеными академических институтов: общей генетики, экологии, а также институтов Министерства здравоохранения РФ: рентгенологии и радиологии, биофизики, радиационной гигиены. По существу, ПИЯФ стал своего рода центром таких исследований. В целом исследования, выполненные на реакторе ПИЯФ, помогли выяснить основные закономерности действия нейтронов на организм, а результаты этих исследований способствовали решению важных практических задач.