

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

24 $\frac{53}{A-92}$

п БИБЛИОТЕКА

Атомная энергия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. И. АЛИХАНОВ, А. А. БОЧВАР, А. П. ВИНОГРАДОВ,
Н. А. ВЛАСОВ (зам. главного редактора), И. Н. ГОЛОВИН,
Н. А. ДОЛЛЕЖАЛЬ, А. П. ЗЕФИРОВ, В. Ф. КАЛИНИН,
И. Ф. КВАРЦАВА, Н. А. КОЛОКОЛЬЦОВ (зам. главного редактора),
А. К. КРАСИН, А. В. ЛЕБЕДИНСКИЙ, А. И. ЛЕЙПУНСКИЙ,
М. Г. МЕШЕРЯКОВ, М. Д. МИЛЛИОНЩИКОВ (главный редактор),
И. И. НОВИКОВ, В. С. ФУРСОВ, В. Б. ШЕВЧЕНКО,
К. Э. ЭРЛИС, М. В. ЯКУТОВИЧ

147612

МАРТ

ТОМ 14

1963

ВЫП. 3



В докладе Г. В. Сухова, П. Я. Вертебного, Г. В. Балакина, Н. И. Марупиной и С. А. Мирза-Заде было сообщено о результатах применения новых вариантов активационного анализа некоторых высококичистых веществ и редких металлов. Авторами была проведена комплексная разработка методов определения редких и обычных элементов радиоактивационным методом. Была рассмотрена в общем виде задача разложения суммарной кривой распада смеси радиоактивных изотопов. Разработанный вероятностный анализ был применен для определения примесей в высококичистом графите, титане, кремнии и других веществах. Полученные результаты были подвергнуты метрологической обработке с целью оценки истинности, точности и чувствительности произведенных измерений.

После окончания заседаний для участников совещания было организовано посещение Института ядерной физики АН Узбекской ССР.

Затем были обсуждены и уточнены тематические планы на 1963 г. институтов АН СССР, республиканских академий наук и научных учреждений других ведомств, работающих в области радиоактивационного анализа, и принято решение совещания. Намечено издать труды совещания.

Совещание в Ташкенте показало растущий интерес к радиоактивационному анализу со стороны специалистов самых различных областей науки и производства, а также несомненный рост количества и уровня проводимых научных работ.

В. М. Пацкевич

Симпозиум по молекулярным механизмам биологического действия ионизирующей радиации

В июле 1962 г. в Брно (ЧССР) проходил Международный симпозиум по биологическим последствиям действия ионизирующего излучения на молекулярном уровне, организованный МАГАТЭ и Академией наук ЧССР. В нем участвовало 85 человек от 21 страны. Было представлено 39 докладов, полные тексты которых будут опубликованы в трудах симпозиума.

Доклады симпозиума охватывали очень много вопросов: первичные физические и химические эффекты; действие излучений на белки, нуклеиновые кислоты и другие биологически важные макромолекулы, а также на биосинтез этих веществ; действие излучений на субмикроскопические структуры, на бактериофаги; механизмы действия защитных веществ.

Доклад Раута и Хатчинсона (США) посвящен прямому исследованию потерь энергии электронов при их первичных взаимодействиях с веществом в твердой фазе. Авторы, применяя очень тонкие пленки, показали, что для веществ с малым значением среднего атомного номера в единичном акте взаимодействия преимущественно поглощается количество энергии, равное 25—30 эв. При этом лишь очень малое число электронов теряет в единичном акте взаимодействия энергию в интервале 0—12 эв; средняя потеря энергии на одно взаимодействие составляет около 60 эв.

Несколько докладов посвящено применению метода электронного парамагнитного резонанса к исследованию радикалов, образующихся в биологических полимерах и более сложных системах при воздействии ионизирующих излучений, и к процессам внутри- и межмолекулярного переноса энергии и заряда. Мюллер (ФРГ) привел новые данные о значениях величин выхода радикалов при облучении белков и аминокислот и отметил, что по мере улучшения техники эксперимента (лучшая сушка образцов, исключение микроволнового насыщения) эти значения возрастают; по его данным, выходы для белков и аминокислот близки друг к другу. Дюшен и Дешире (Бельгия) обнаружили, что выход радикалов при облучении отдельных азотистых основа-

ний примерно на порядок выше, чем при облучении высокополимерной дезоксирибонуклеиновой кислоты, и отметили, что это, в известной мере, коррелирует с радиочувствительностью этих соединений. Усатый и Лазуркин (СССР) привели количественные данные о кинетике накопления радикалов в белках. В работе показано, что облучение наряду с образованием радикалов приводит к исчезновению уже имеющихся, высказаны соображения о механизме этого явления и, в частности, о том, что в этом процессе важную роль играет миграция заряда или энергии возбуждения в молекулах полимера. Обсуждению вопросов меж- и внутримолекулярного переноса энергии и различных механизмов радиационной защиты был посвящен доклад Липского и Мерклина (США) «Радиационная химия жидких органических смесей». В нем сделаны интересные оценки расстояний, на которых может сказываться защитное действие вводимых для этой цели веществ.

Значительное количество докладов посвящено действию излучений на важнейшие биополимеры (белки и нуклеиновые кислоты) и их комплексы, а также на системы, связанные с их синтезом. Чилийские исследователи Контрерас, Эспино, Мери, Ольбаум и Тоха привели в своем докладе доказательство того, что при γ -облучении водных растворов рибомононуклеотидов происходит образование фосфодиэфтерных связей; степень полимеризации полученных продуктов достигает ~10. Блейк и Филлипс (Великобритания) доложили предварительные результаты рентгеноструктурного анализа монокристалла мюглобина, подвергнутого интенсивному рентгеновскому облучению. С ростом дозы наблюдается аморфизация, причем на каждый поглощенный квант K_{α} -излучения меди приходится около 100 разупорядоченных молекул. Сколс и Вейсс (Великобритания) в работе о действии ионизирующих излучений на ДНК и нуклеопротеиды в растворе установили, что вплоть до дозы $2 \cdot 10^5$ рад белок в нуклеопротеиде тимуса телят обеспечивает почти полную защиту азотистых оснований и сахаров от атаки со стороны радикалов, образующихся в воде. Доклад Драсила (ЧССР) посвящен разде-

лению (по характеру защитного действия различных веществ и низких температур) прямого и непрямого эффекта при радиационном поражении клеток асцитного рака Эрлиха и костного мозга при облучении *in vitro*.

В докладе Беляевой (СССР) приведены количественные результаты измерения состава водорастворимых белков цитоплазмы клеток печени кроликов и ее микроморфологических компонентов, а также белков сыворотки и крови через различные периоды (от 2 до 72 ч) после общего γ -облучения дозой 800 *p*. Через 2 ч обнаружено исчезновение одной из фракций белков сыворотки крови (β_2 -глобулина), а через 24 ч — снижение содержания альбуминов и увеличение количества глобулинов. Доклад Амираговой, Савича и Шальнова (СССР) был посвящен вопросу о влиянии неорганических перекисей на радиационно-химические превращения пуринов и пиримидинов в водных растворах.

В работе Лейзера (Великобритания) изучено воздействие рентгеновского облучения на флавопротеиновую глюкоксидазу (нотатин) и на рибофлавин; его результаты в известной мере доказывают обратное действие облучения на дыхательные ферменты. Доклад Леду (Бельгия) посвящен действию рентгеновского излучения на транслокацию меченых нуклеиновых кислот и протеинов в прорастающем ячмене. Червини и Белли (Италия) привели данные о действии рентгеновского и γ -облучения на β -индолуксусную кислоту, играющую важную роль в росте и жизнедеятельности *p* стений. Работа Гью и Хансена (Великобритания) посвящена исследованию кислородного эффекта при облучении водных растворов β -лактоглобулина. Среди прочих изменений они обнаружили при отсутствии кислорода рост вязкости растворов при всех дозах; в атмосфере кислорода облучение дозами свыше 2 *Mrad* вызывало падение вязкости, видимо, за счет преобладающей деструкции белковых молекул.

Механизму радиационной инактивации дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) и ферментов были посвящены доклады Хатчинсона, Аугенстэйна и Аугенстэйна и Мейсона (США). В докладе Хатчинсона «Два вида воздействия ионизирующего излучения на ДНК» развивается идея о том, что при действии излучения на бактериальную трансформирующую ДНК возможны два различных механизма инактивации. Молекулярный вес мишеней при облучении частицами с большой плотностью ионизации оказывается порядка 10^3 , а при рентгеновском облучении — порядка $2 \cdot 10^5$. В первом случае, по гипотезе автора, происходит разрыв двойной спирали; биспиральные куски с молекулярным весом 10^6 теряют способность проникать в бактериальную клетку. Во втором случае повреждается участок одной нити ДНК, несущий соответствующую генетическую информацию. В отличие от первого второй механизм допускает в некоторых условиях обратимость; он чувствителен к присутствию кислорода и условиям инкубации после облучения. Первый механизм должен характеризоваться большей эффективностью и отсутствием кислородного эффекта. Сопоставление опытных данных с этими особенностями обоих механизмов в известной степени подтверждает гипотезу автора.

В докладе Аугенстэйна и Мейсона о природе температурного эффекта при радиационной инак-

тивации ферментов поднят вопрос о роли малых «субионизационных» возбуждений, способных производить инактивацию фермента. В другом докладе Аугенстэйна, исходя из данных по лучевой инактивации трипсина и рибонуклеазы, предлагает два возможных механизма инактивации за счет разрушения третичной структуры молекулы фермента.

Работа Черкасовой и Фомиченко (СССР) посвящена влиянию рентгеновского облучения на содержание белков в различных отделах центральной нервной системы и в печени. Исследования были проведены на белых крысах при разовой дозе облучения 40 *p* и общей дозе 760 *p*. Обнаруженные значительные и продолжительные изменения в содержании белков подтверждают и дополняют опубликованные ранее положения о радиочувствительности центральной нервной системы. Еще более резко выражены расстройства в белковом обмене печени.

Дробник (ЧССР) изложил материал о сравнительном исследовании летального эффекта трансмутаций P^{32} и ультрафиолетового β -облучения (на дрожжах). Бенеш и Сошка (ЧССР) исследовали роль предшественников ДНК в клетках костного мозга, селезенки и других тканей в синтезе ДНК после облучения. Авторы показали, что добавление производных пиримидинов приводит к увеличению синтеза ДНК в ретикулярных клетках; никакого значительного влияния пуриновых соединений обнаружено не было. Карифел, Палечек и Шлотов (ЧССР) показали, что введение изологических, гомологических и гетерологических ДНК повышает митотическую активность костного мозга облученных мышей, способствуя таким образом регенерации костного мозга после облучения.

Петрова (ЧССР) сообщила о двух механизмах радиобиологической реакции при α -облучении *algae* *зупнепа*. Одна из этих реакций имеет место при прямом попадании α -частицы в ядро ($LD_{50} \sim 2000 \text{ рад}$), вторая — связана с косвенным действием излучения (LD_{50} от 1200 до 1500 *krad*). В работе Скалки, Матяшевой и Сошки (ЧССР) показано, что в тканях облученных животных значительно возрастает уровень свободных дезоксирибонуклеотидов, причем эффект линейно зависит от дозы в диапазоне 30—300 *p*.

Кроме докладов, посвященных действию излучения на белки, нуклеиновые кислоты и на системы ферментов и ингибиторов, ответственных за основные процессы биосинтеза, в двух докладах было рассмотрено действие излучения на свойства клеточных оболочек. Квинтилиани, Стром, Бьянки и Боккачи (Италия) в опытах *in vitro* показали нарушение проницаемости мембраны эритроцитов кролика при рентгеновском облучении. Предварительная инкубация эритроцитов с монодоксусной кислотой усиливала радиационный эффект в два раза. Бринкман (Нидерланды) в докладе «Изучение мембраны эритроцитов при рентгеновском облучении» привел данные количественного исследования образования сферической формы интактных отмывших эритроцитов в результате облучения. Он показал, что сферичность получается вследствие устранения с поверхности клетки препятствующего этому агента.

Четыре доклада посвящены действию излучений на бактериофаги. Доклады и их обсуждение продемонстрировали сравнительную простоту и исключительное удобство системы фаг — бактерия для ре-

шения вопросов о первичных механизмах действия излучений. В работе Градечной, Арбера и Келленбергер (ЧССР) исследовалась инактивация и различные виды реактивации лямбда-фагов при облучении. Облучая фаг в присутствии защитных веществ (например, цистеина), авторы исключили прямое действие, сохранив тем самым его функции адсорбции и инъекции. При этом им удалось изучить действие излучения на молекулу ДНК фага. В докладе Фрадкина, Гольдфарба и Винедкого (СССР) приводится материал, относящийся к механизму действия радиации на покоящийся фаг, а также к индукции интактного фага в облученных бактериях. В работе делается вывод о ведущей роли повреждения генетических структур в первичном биохимическом эффекте действия радиации. Работа Блока, Ван-дер-Слюса и Кохана (Нидерланды) «Действие ионизирующего излучения на биологическую активность ДНК из бактериофага» интересна тем, что в ней параллельно прослежены некоторые химические и биологические изменения, вызванные в однонитчатой ДНК фага ФХ-174 облучением. Харм (ФРГ) рассмотрел процессы инактивации и реактивации фагов, подвергнув все виды реактивации детальной классификации в связи с их механизмом.

На последнем заседании симпозиума были заслушаны доклады по механизмам защитного действия. В докладе Ван-ден-Бренка и Джемисона (Австралия) показано, что умеренная гипоксия, вызванная у крыс вдыханием воздуха с пониженным

содержанием кислорода, сама по себе недостаточна для оказания защитного действия, способствует радиозащитному действию некоторых соединений. В работе рассматривается возможный механизм этого явления. Доклад Килибарда и Дайса (Великобритания) был посвящен исследованию защитного действия цистеина, введенного после облучения. Изучались изменения в периферической крови крыс, облучавшихся в охлажденном состоянии (0—5°С). Общий вывод авторов заключается в том, что защитные химические соединения могут в определенных условиях обеспечить защиту против ионизирующей радиации при введении после облучения, но защитный эффект очень невелик. Бекаревич, Петрович, Янкович, Каназир и Иовички (Югославия) изучали защитное действие нативной ДНК печени необлученных крыс, вводившейся крысам после облучения летальной дозой. Наблюдавшееся защитное действие авторы, на основании изучения метаболизма нуклеиновых кислот в печени и кишечнике облученных крыс, подвергнутых лечению, связывают с тем, что нативная ДНК печени вызывает нормализацию метаболической активности эндогенных нуклеиновых кислот в печени и кишечнике.

Оценивая значение симпозиума в целом, следует отметить, что большинство представленных докладов вызвало оживленное обсуждение на самом симпозиуме и в беседах после заседаний, проходивших в дружественной и деловой обстановке.

Ю. С. Лазуркин

Ядерные исследования в Норвегии

В октябре 1962 г. группа советских специалистов в составе И. Д. Морохова (глава делегации), М. Д. Миллионщикова, В. А. Малых, Ю. В. Архангельского и Г. В. Волкова посетила Норвегию, где ознакомилась с состоянием научных исследований в области использования атомной энергии. Делегация осмотрела Институт атомной энергии, побывала в Институте Кристиана Микелсена и Центральном институте промышленных исследований, ознакомилась с деятельностью Исследовательского совета технических и естественных наук, посетила физические и химические факультеты университетов в Осло и Бергене и Высшую техническую школу в Тронхейме.

Основным норвежским центром ядерных исследований является Институт атомной энергии, расположенный в Кьелдере и Халлене.

Низкая стоимость гидроэлектроэнергии в Норвегии, составляющей $\frac{2}{3}$ ее энергобаланса, и неиспользованные гидроресурсы исключают необходимость строительства атомных электростанций по крайней мере до 1975 г. Поэтому главной целью Института является применение атомной энергии на морском транспорте. Оценки возможности применения ядерных реакторов на судах делаются с 1955 г. К 1958 г. был определен тип реакторов для судов — это водо-водяные реакторы под давлением и кипящие.

Институт участвует в работе группы «REDER I ATOM», сформированной 19 судостроительными и судовладельческими компаниями для изучения

проблем строительства атомного торгового судна. В начале 1958 г. в Институте организован судовой отдел.

Сейчас ведутся технические и экономические оценки применения кипящих реакторов. В 1959 г. был предложен проект прототипа судовой установки, размещенной в сферическом понтоне, для изучения работы реактора в условиях качки.

Работа объединения «REDER I ATOM» продолжена до 1963 г., когда ожидается окончательный доклад о сооружении атомного танкера водоизмещением 65 тыс. т с кипящим реактором и прямым циклом для основных турбин и двухконтурной схемой для вспомогательных потребителей пара. Изучаются также предложения о создании в рамках Евратома атомного океанографического судна и сухогрузного судна водоизмещением 15—20 тыс. т с кипящим реактором, но по двухконтурной схеме. Институт атомной энергии участвует также в работах Норвежского комитета по безопасности атомных судов.

Физический отдел Института атомной энергии располагает реактором NORA (см. табл.) для физических исследований активных зон водо-водяных и кипящих реакторов, на обычной и тяжелой воде, в том числе вопросы регулирования методом сдвига спектра нейтронов и моделирующей машиной PESE, которая используется для решения дифференциальных уравнений, задач по динамике кипящих реакторов и для моделирования регулирующих систем.