

в облученной клетке, возможных механизмах химической защиты от действия излучения. Несомненное практическое значение радиационной генетики микроорганизмов подтверждается успешными работами по радиационной селекции микроорганизмов, например продуцентов антибиотиков.

В докладе Я. Л. Глембоцкого и С. И. Ярмоненко нашли отражение современные представления о генетических и цитогенетических последствиях хронического облучения малыми дозами ионизирующих излучений. Как известно, основные сведения о механизмах радиационного повреждения соматических и зародышевых клеток, которыми мы располагаем, получены на дрозофиле. Установлено, что фракционированное облучение малыми дозами разных видов излучений по своей генетической эффективности (в отношении точечных мутаций) представляет большую опасность — дает даже большую частоту мутаций на 1 рад, чем острое облучение массированными дозами. Было также показано, что эффекты фракционированного облучения столь малыми дозами кумулируются. Данные, полученные на дрозофиле, позволяют предполагать беспороговость радиомутагенного эффекта, независимость относительной величины этого эффекта (в расчете на 1 рад) от дозы и ее мощности.

Проблема увеличения мутационного давления в связи с повышением радиационного фона была рассмотрена в докладе Н. В. Тимофеева-Ресовского и др. «Судьба мутаций в популяциях». По мнению авторов, основными направлениями работ в области генетических эффектов хронического облучения являются исследование начальных механизмов эволюционного процесса и видообразования (изучение микроволуционных процессов); изучение последствий облучения популяций и биоценозов в результате радиоактивного загрязнения биосферы; адаптационных механизмов кинетики генетического ответа, возникающих в связи с этим загрязнением; влияния повышенного фона.

И. Н. Верховская и др. обобщили опыт комплексного исследования биогеоценозов в районах с повышенным

фоном естественной радиации. В результате пока еще немногочисленных исследований в таких районах удалось четко установить факт возникновения генетически вредных последствий на уровне отдельного организма и в популяции в целом.

В докладе Э. Н. Ваулиной и др. рассматривались вопросы биологического действия высокоэнергетических тяжелых ядер, входящих в состав первичного космического излучения.

Вторая часть совещания была посвящена исследованиям генетического действия ионизирующих излучений на растения. В докладе С. А. Валева «Проблема радиочувствительности растений» было отмечено, что в настоящее время имеется уже достаточно сведений о реакции разных групп растений на облучение, но еще не изучены причины различной радиочувствительности растений к разным видам излучений. В свете современных данных о процессах радиационного поражения нельзя объяснять причины различной чувствительности только формальными связями между такими признаками, как величина ядра, хромосом, и радиочувствительностью. Последняя зависит от процессов ответной реакции на облучение, наследственно обусловленных определенным типом обмена веществ, в частности от процессов пострадиационного восстановления. Радиочувствительность может изменяться в пределах нормы реакции этого признака под влиянием изменений условий внешней среды, отражающихся на обмене веществ.

В докладах В. В. Хвостовой о методических вопросах использования излучений в селекционной работе, а также других исследователей, рассматривающих достижения в области радиоселекции отдельных сельскохозяйственных культур, было сообщено, что в Советском Союзе выведено восемь сортов таких культур, как фасоль, соя, кормовой люпин, томаты, картофель, хлопчатник, и десятки радиомутантных форм, обладающих хозяйственно-ценными признаками. Отмечен широкий размах работ по мутационной селекции растений.

С. А. ВАЛЕВА

VI Межинститутская конференция по вопросам радиационной иммунологии и микробиологии

В Москве в Институте эпидемиологии и микробиологии им. Н. Ф. Гамалея АМН СССР 14—18 марта 1967 г. проходила конференция по вопросам лучевой стерилизации и влиянию ионизирующих излучений на микроорганизмы, на некоторые инфекции и иммуногенез. В работе конференции, на которой было зачитано и обсуждено 105 докладов, приняли участие более 200 человек, представителей различных институтов из 12 городов Советского Союза.

М. А. Тумаян в обзорном докладе «Современное состояние проблемы лучевой стерилизации» показала преимущества лучевой стерилизации по сравнению с обычными методами (тепловым, химическим и др.). В связи с широким распространением радиостерилизации медицинского инструментария и перевязочных средств МАГАТЭ выработало рекомендации и правила, соблюдение которых, по мнению докладчика, будет гарантировать высокую степень стерильной обработки объектов, контроль их вредности и безопасности работающего персонала.

В ряде докладов отмечалось, что в настоящее время особое внимание уделяется использованию ионизиру-

ющих излучений для приготовления нового вида бактериологических препаратов — радиоакции и радиоантигенов.

Ф. Р. Виноград-Финкель и др. в докладе «Опыт применения радиационной стерилизации пластмассовых изделий, предназначенных для заготовки, хранения и переливания крови», отметили, что существующий тепловой метод стерилизации пластиковых мешков с консервантом при 120° С и повышенном давлении в автоклаве имеет недостатки — происходит разрыв большого числа мешков. При использовании холодной стерилизации (облучение быстрыми электронами при дозах 2,5—5 Mrad) авторы получили обнадеживающие результаты и наметили пути дальнейшего применения этого метода.

Интересное сообщение об использовании ионизирующих излучений для стерилизации лиофилизированной костной ткани было сделано Е. Н. Саутиным. Облучение костной ткани γ -квантами или быстрыми электронами (доза 4 Mrad) позволило получить во всех случаях стерильный материал. В то же время на основе биохимического изучения активности ферментов кост-

помощи электронной счетной машины проводились расчеты дефектной структуры металлов с объемно-центрированной кубической решеткой для ячейки, содержащей около 5000 атомов. Было показано, что энергетически более выгодна гантельная конфигурация смещенных атомов; были получены также другие важные характеристики дефектной структуры.

Ведутся работы по изучению ядерного горючего, особенно окисного и карбидного. Исследуется возникновение и развитие газовой пористости в UO_2 . При помощи электронного микроскопа изучают начальные стадии развития газовой пористости, одновременно ведутся теоретические расчеты набухания таблеток из UO_2 при наличии в них градиента температуры. Исследуется действие облучения на двойной карбид урана и плутония (U, Pu) C. Показано, что теплопроводность этого карбида довольно высока ($\sim 0,15 \text{ вт/см} \times \times \text{град}$), а выделение газов — осколков деления — при температуре в центре таблетки 850°C остается незначительным даже при облучении до выгорания 10%.

Изучается действие облучения на радиационный рост (С. Бакли) и набухание (Р. Беллами) металлического урана. Бакли получил новые данные о температурной зависимости радиационного роста урана, а также о зависимости скорости роста от состояния металла. Он показал, что у кристаллов с совершенной структурой скорость роста на начальных стадиях облучения мала, в то время как у образцов деформированного поликристаллического урана она велика. Им установлено также, что при температурах выше 375°C коэффициент радиационного роста зависит от интенсивности нейтронного потока в реакторе. Полученные данные требуют серьезного пересмотра выдвинутых ранее теорий радиационного роста.

Б. Хадсон в последних работах показал, что число газовых пузырьков в облученном нормированном уране (с нормированным содержанием алюминия и железа) примерно на два порядка превосходит число включений интерметаллидов. Причем оказалось, что эти пузырьки имеют небольшие размеры и не связаны с включениями. Это заставило английских ученых пересмотреть свою точку зрения на причины уменьшения набухания в нормированном уране, поскольку старая гипотеза об удержании газовых пузырьков включениями не получила экспериментального подтверждения. Беллами продолжает исследование условий возникновения разрушающего набухания (распухание второго рода). Полученные результаты показывают, что на развитие процесса набухания существенное влияние оказывают напряжения, возникающие в поликристаллическом уране из-за радиационного роста зерен.

При посещении Даунри делегация ознакомилась с реактором на быстрых нейтронах DFR, горячими лабораториями и реактором для испытания материалов. Здесь проводятся в основном прикладные исследования, связанные с конструированием твэлов и других узлов реакторов. Гостям сообщили об опыте эксплуатации в реакторе DFR сердечников из сплава урана с молибденом в оболочке из ниобия. Вначале использовался сплав урана с 9 вес. % молибдена, затем сплав с 7 вес. % молибдена. Выгорание в сердечниках из сплава 7 вес. % молибдена несколько превысило 2%. Было изучено набухание горючего в процессе эксплуатации при разных температурах. Однако, по мнению английских ученых, керамическое горючее обладает гораздо лучшими характеристиками, поэтому предполагается, что в дальнейшем металлическое горючее в реакторе DFR применяться не будет.

В Даунри ведутся интенсивные исследования действия облучения на твэлы с горючим из двуокиси урана с 15% PuO_2 в оболочке из нержавеющей стали 316. Применяют засыпные твэлы и элементы с таблетками. Исследуется изменение размеров и формы твэлов и сердечника, изучаются выделение продуктов деления из горючего, распределение пор, изменение микроструктуры, перераспределение продуктов деления как по длине твэла, так и по его сечению. Ведется также изучение горючего из (U, Pu) C, но, по-видимому, эти работы получили меньшее развитие. Из-за высокой теплопроводности карбида перепад температуры по сердечнику невелик ($\sim 200^\circ \text{C}$), поэтому в карбидах не наблюдалось развития пористости и перераспределения продуктов деления. Выделение газов — осколков деления — было также незначительным.

В Калчете делегация ознакомилась с результатами изучения влияния водорода на склонность к охрупчиванию труб из циркалоя-2, а также влияния облучения на ударную вязкость и на механические свойства и структуру сталей. В Англии исследуются в основном стали, содержащие 17% хрома и 13% никеля, не стабилизированные ниобием (316 и 316L) и стабилизированные ниобием (FV-548), а также стабилизированная ниобием сталь с 20% хрома и 25% никеля и нимоник (16% хрома, 43% никеля, титан, алюминий). В последних работах получены дополнительные доказательства установленного ранее эффекта уменьшения пластичности облученных аустенитных сталей и никелевых сплавов при испытании при повышенных температурах. Степень уменьшения пластичности зависит от количества нейтронов B^{10} в сталях; особенно большое снижение пластичности наблюдается у прочных высоконикелевых сплавов. По мнению английских ученых, эти эффекты связаны с возникновением в сталях под облучением атомов гелия. Гелий образуется в результате ядерных (n, α)-реакций (B^{10} с тепловыми нейтронами и основных компонентов стали с быстрыми нейтронами). С помощью электронных микроскопов исследовано возникновение и развитие гелиевых пузырьков при высокотемпературном облучении и последующих отжигах или испытаниях при высоких температурах. Крупные поры, развивающиеся по границам зерен при высокотемпературных испытаниях, приводят к понижению прочности границ и разрушению по границам зерен. Для уменьшения эффекта высокотемпературного охрупчивания предлагается несколько путей: измельчение зерна, создание в матрице мелкодисперсных выделений для задержки газовых пузырьков, создание граничных выделений, например $M_{23}(C, V)_6$, для затруднения пластической деформации по границам зерен. Однако проблему устранения высокотемпературного охрупчивания аустенитных сталей и сплавов на основе никеля нельзя считать решенной. Следует подчеркнуть, что членам делегации были сообщены данные, полученные в результате испытаний после облучения. Сообщений о результатах внутриканальных испытаний сделано не было.

В Кембриджском университете изучаются радиационные дефекты с помощью ионных микроскопов-проекторов. Разработана промышленная модель микроскопа-проектора. Значительное внимание уделяется исследованию природы образования видимых треков осколков деления в тонких пленках различных материалов. Под руководством В. Кослетта группой промышленных фирм создан новый электронный микроскоп с ускоряющим напряжением 750 000 в. Это позволяет увеличить толщину исследуемых на просвет объектов

до нескольких микрон и открывает для экспериментаторов совершенно новые возможности. В Англии придают большое значение этой работе; второй такой микроскоп в ближайшем будущем будет установлен в Харуэлле.

В университете Рединга советские ученые ознакомились с работами, выполненными на линейном ускорителе электронов на 0,3—2 Мэв. Работы отличаются оригинальностью постановки и простотой экспериментального решения. Исследуются, в частности, анизотропия пороговой энергии смещения атомов железа (Ломер), влияние электронного облучения на внутреннее трение в меди, золоте и молибдене. В лаборатории изучаются также начальные стадии зарождения агрега-

тов дефектов методом рассеяния медленных нейтронов.

На предприятии фирмы «Викерс-Армстронг» в Свидоне гостям были показаны цеха, в которых производится сборка линейных ускорителей электронов, изготавливаются экспериментальные материалovedческие каналы для облучения в реакторах.

Во время поездки по научным центрам Англии делегация всюду встречала дружелюбный прием, советские ученые имели много полезных и интересных встреч с ведущими учеными Англии.

Ю. Н. СОКУРСКИЙ

Урановая промышленность капиталистических стран в 1966 г.

Положение урановой промышленности капиталистических стран в 1966 г. значительно улучшилось по сравнению с предыдущим годом. Это нашло выражение в стабилизации добычи урановой руды, расширении поисковых и геологоразведочных работ, менее значительно, чем предполагалось, сокращении производства урановых концентратов, подготовке к эксплуатации новых месторождений, расширению мощностей ряда действующих рудников и заводов по производству урановых концентратов, восстановлении некоторых закрытых ранее предприятий.

Выход урановой промышленности из застойного состояния, в котором она находилась в 1960—1965 гг., связан с большим прогрессом в развитии ядерной энергетики. В капиталистических странах на конец 1966 г. работало 48 атомных электростанций общей мощностью 7,9 млн. *квт*, велось строительство или были подписаны контракты на строительство 63 АЭС общей мощностью 37,0 млн. *квт*. Кроме того, были объявлены торги или находились на различных стадиях проектирования 67 АЭС общей мощностью 37,9 млн. *квт*. Только в 1966 г. в капиталистических странах были заключены договоры на строительство 26 АЭС общей мощностью свыше 20 млн. *квт*. Для их первоначальной загрузки горючим и эксплуатации за весь расчетный период (30 лет) потребуется 80—90 тыс. *т* U_3O_8 .

Согласно оценке президента канадской урановой компании «Эльдorado майнинг энд рифайнинг», потребление урана АЭС возрастет с 11 тыс. *т* U_3O_8 в 1970 г. до 32—34 тыс. *т* U_3O_8 в 1975 г. и 68—77 тыс. *т* U_3O_8 в 1980 г. [1].

Поскольку промышленных запасов урана (в настоящее время в эту категорию включают руды, добыча и переработка которых рентабельна при рыночной цене уранового концентрата 14—22 *долл/кг* U_3O_8) хватит на 15—20 лет, стали более реальными опасения относительно возможного дефицита урановых концентратов на мировом рынке и значительного роста цен на него в случае, если своевременно не будут расширены поисковые работы, разведка и подготовка к эксплуатации новых урановых месторождений. Опасаясь этого, потребители уранового сырья начали широкую закупку урановых концентратов; с этой целью заключаются долгосрочные соглашения с фирмами-производителями.

За 1966 г. нет официальных сведений по запасам уранового сырья ни по одной стране, кроме США. (Сокращение объема информации по запасам при одновременном росте интереса к ним связано с коммерческими соображениями.) Однако можно предположить, что прирост разведанных запасов урана в 1966 г. был

более значительным по сравнению с предыдущими годами. Кроме того, в 1965—1966 гг. в ряде капиталистических стран произошло значительное расширение поисковых и геологоразведочных работ на уран. Однако об открытии новых крупных месторождений урановых руд не сообщалось.

Как известно, за годы «урановой лихорадки» разведанные запасы урана в США возросли с 2 тыс. *т* U_3O_8 в 1948 г. до 200 тыс. *т* U_3O_8 в 1958 г. Затем разведывательные работы были приостановлены. Известные в настоящее время промышленные запасы урана в этой стране можно рассматривать как «рабочий запас». Общепринято, что возобновление разведки обеспечит существенный прирост запасов [2].

Настоящие фирмы США наметили израсходовать в ближайшие 3,5 года (с июля 1966 г. по декабрь 1969 г.) на поиски и разведку урановых месторождений 25,3 млн. *долл.* и выполнить буровые работы объемом 5334 тыс. *м*. Согласно сведениям, полученным от американских фирм в 1965 г., на эти цели предполагалось израсходовать 10,4 млн. *долл.* (за период с июля 1965 г. по декабрь 1968 г.). Масштабы буровых работ уже в 1967—1969 гг. сравниваются с масштабами, достигнутыми в 50-е годы [3].

Около 30 фирм активно включились в разведку урана, причем в отличие от прошлых лет в основном преобладают крупные фирмы («Юнион карбайд», «Атлас корпорейшн», «Юнион пасифик» и др.). Крупнейшая фирма по производству урановых концентратов «Керр-Макдзи ойл индастриз корпорейшн» в 1966 г. израсходовала на поиски и разведку урановых месторождений в три раза больше, чем в 1965 г. Сообщалось об открытии перспективных месторождений урана в центральной части шт. Вайоминг, а также в шт. Юта (район Моаба) и Колорадо [4].

Прирост запасов в США в 1966 г. в целом составил 5,3 тыс. *т* U_3O_8 , в 1965 г. — 3,3 тыс. *т* U_3O_8 [5].

В конце 1966 г. было подписано соглашение между канадской фирмой «Рио Алгом майнз» и японским концерном «Мицубиси» о совместной разведке в течение трех лет перспективных участков площадью 5,6 тыс. *га* в районе Ширли-Бэсин (шт. Вайоминг, США). приобретенных фирмой «Рио Алгом майнз» в 1966 г. В случае положительных результатов разведки будет создана специальная совместная фирма для разработки урана. Концерн «Мицубиси» будет иметь право на реализацию не более 50% продукции в Японии, «Рио Алгом майнз» — на 50% как минимум для реализации на мировом рынке [5].

Комиссия по атомной энергии (КАЭ) США считает, что в ближайшие 15 лет в США должны быть открыты