

Симпозиум по радиологической защите и технике безопасности при добыче и обработке ядерных материалов

В Вене в августе 1963 г. был проведен симпозиум по радиологической защите и безопасности при добыче и обработке ядерных материалов, организованный МАГАТЭ совместно с Международной организацией труда и Всемирной организацией здравоохранения. В работе симпозиума приняли участие специалисты по радиационной безопасности и гигиене труда, радиационной медицине и токсикологии — всего 125 человек от 25 стран.

На симпозиуме было прочитано 66 докладов, посвященных охране здоровья персонала урановых рудников и перерабатывающих заводов (21 доклад), предельно допустимым концентрациям и методам дозиметрического контроля (23 доклада), токсикологии (9 докладов), удалению отходов производства (4 доклада) и медицинским наблюдениям за персоналом (12 докладов).

В докладе Д. Холлидея (США) было подчеркнуто, что у шахтеров урановых рудников дозы внутреннего облучения значительно выше, чем у рабочих любой другой отрасли ядерно-энергетической промышленности. В нескольких сообщениях также была отмечена повышенная опасность работы в урановых рудниках, где наряду с наличием γ -излучения, загрязненностью воздуха ураном, радоном и их дочерними продуктами, возможным попаданием урана внутрь организма за счет загрязнения спецодежды и кожных покровов имеются еще и такие вредные факторы, как силикозоопасная пыль, окись углерода и другие продукты горения применяемых в рудниках взрывчатых веществ, а также неблагоприятные температура и влажность воздуха.

В докладах Д. Холлидея и Г. Доули, Г. Кузнецова (США), Ф. Дюамеля и др., Д. Мешали и Ж. Ираделя, Ж. Мирабеля и Ф. Биллера (Франция) основное внимание было уделено проблеме дозиметрического контроля радона и его дочерних продуктов, представляющих наибольшую радиационную опасность.

В США, Канаде, Испании, Южно-Африканской Республике, Мексике загрязненность воздуха в урановых рудниках радоном и продуктами его распада оценивается по концентрации продуктов распада радона. Для этого большие количества воздуха прокачивают через фильтр и измеряют активность осадка после определенной выдержки. В качестве предельно допустимой концентрации (ПДК) принята величина, равная $1,3 \cdot 10^5$ Мэ/л суммарной энергии α -частиц короткоживущих продуктов распада радона (RaA , RaB , RaC). В 1962 г. результаты измерений только около 30% проб воздуха обследованных урановых рудников США были меньше указанной величины, а примерно в 30% проб обнаружено $1 - 2,9$ ПДК, в 35% — $3 - 10$ ПДК, в 5% — больше 10 ПДК. В докладах от других стран также отмечалось, что еще значительные количества измерений загрязненности рудничного воздуха радоном и продуктами его распада показывают превышение ПДК. По сведениям, представленным в нескольких докладах, во Франции и ряде других стран для воздуха урановых рудников принят ПДК радона в равновесии с дочерними продуктами, равная $2 \cdot 10^{-10}$ кюри/л. Концентрацию радона определяют с помощью электрометра. Измеряют также концентрацию продуктов распада радона, но эти результаты используют главным образом для оценки эффективности вентиляции. Во Франции на каждом урановом руднике имеется специальная служба безопасности, которая осуществляет

дозиметрический контроль, ведет учет внешнего и внутреннего (определенается среднемесячная загрязненность воздуха на рабочем месте) облучения шахтеров, разрабатывает рекомендации и предписывает проведение различных мероприятий, обеспечивающих соблюдение радиационной безопасности. Аналогичные службы имеются на урановых рудниках и заводах в других странах.

В докладах К. Смита (Канада) и М. Авиля и Ж. Ираделя (Франция) рассмотрены практические способы борьбы с загрязненностью воздуха в урановых рудниках. Самое значение имеет правильно рассчитанная и хорошо отрегулированная принудительная общешахтная вентиляция. Наряду с ней во многих случаях применяется местное проветривание отдельных забоев с помощью вентиляторов и магистральных вентиляционных воздуховодов. Р. Гаррис и Р. Бейлс (США) предложили метод и формулу для определения количества чистого вентиляционного воздуха, необходимого для снижения концентрации продуктов распада радона в рудничном воздухе до желаемых величин.

В нескольких докладах указано, что на французских и канадских урановых рудниках большое внимание уделяется мероприятиям, направленным на уменьшение количества радона, выделяющегося в рудничную атмосферу: внедряются наиболее рациональные с этой точки зрения способы разработки месторождений (с минимальной площадью эманирующих поверхностей), применяются тщательная изоляция отработанных пространств, выведение шахтных вод и т. п. На французских рудниках противопылевые респираторы выдаются шахтерам только при работе в условиях повышенного загрязнения воздуха продуктами распада радона и пылью. Французские специалисты считают, что рабочие обычно неохотно пользуются респираторами, и поэтому необходимо обеспечивать в рудниках такое снижение загрязненности воздуха, чтобы это было необходимо применять респираторы. В других странах шахтеры обязаны постоянно иметь при себе респиратор и использовать его. Во многих странах для снижения запыленности рудничной атмосферы широко применяют такие способы, как мокрое бурение, орошение отбитой руды, гидрозавесы и т. п. На французских рудниках такими мерами обеспечивается снижение запыленности воздуха силикозоопасной пылью до $1 \text{ мг}/\text{м}^3$ и ниже. Несмотря на это, Ж. Шамо (Франция) отметил, что опасность заболевания силикозом для шахтеров урановых рудников остается еще весьма значительной.

В докладе Д. Карайновича и др. (Югославия) приведены результаты обследования состояния здоровья большой группы шахтеров урановых рудников. Кроме других заболеваний у 2,3% обследованных шахтеров выявлен силикоз и у 18,9% — пневмокониоз. При обсуждении вопросов медицинского наблюдения за состоянием здоровья персонала урановых рудников и перерабатывающих заводов единодушным было мнение о необходимости регулярного (1—2 раза в год) всестороннего медицинского обследования. Р. Белла и Дж. Галлилей (США) сообщили об интересной попытке оценить дозу внутреннего облучения радоном и его дочерними продуктами по скорости выведения Po^{210} из организма.

В докладах, посвященных токсикологии, основное внимание было уделено изучению особенностей поведения и биологического действия радона, его дочерних продуктов и урана. Большой интерес вызвал доклад В. С. Кушевой (СССР), в котором экспериментами на крысях показано существенное влияние радона с его дочерними продуктами на течение силикотического процесса. При обсуждении докладов всеми был отмечен недостаточный объем проводившихся до настоящего времени в различных странах токсикологических исследований, особенно по проблемам комбинированного воздействия радиационных и нерадиационных факторов.

В нескольких докладах были подвергнуты обсуждению результаты изучения радиационной обстановки

на территориях, прилегающих к предприятиям урановой промышленности, а также условия безопасного хранения пульп и хвостов после переработки урановых руд. Опасность могут представлять радий и уран, если не исключено попадание их из пульпохранилищ и хвостохранилищ в используемые водоемы. По утверждениям докладчиков путем постоянного контроля за сбросами, а также осуществлением инженерных мероприятий по локализации хранилищ и очистке сбросов во всех странах обеспечивается радиационная безопасность населения, проживающего в районе расположения урановых рудников и заводов.

М. Башкиров, Н. Чесноков

Симпозиум по биологическому действию нейтронов

В октябре 1963 г. в Брукхейвенской национальной лаборатории (США) проходил организованный МАГАТЭ Международный симпозиум по биологическому действию нейтронов. В работе симпозиума приняли участие 150 ученых из 18 стран, в том числе из Великобритании, Индии, Италии, Канады, СССР, США, Франции, ФРГ, Чехословакии, Швеции и Японии. Всего было заслушано и обсуждено 52 доклада, в том числе три обзорных. Они были посвящены дозиметрии нейтронов и протонов высоких энергий (как известно, биологическое действие быстрых нейтронов обусловлено преимущественно образованием протонов отдачи в ткани), клеточным и генетическим эффектам, относительной биологической эффективности (ОБЭ) этих видов излучения, а также анализу ранних и поздних реакций организма на лучевое воздействие. В обзорных докладах были проанализированы итоги разносторонних научных исследований по биологическому действию нейтронов и протонов высоких энергий на животных (Ю. И. Москалев, СССР), по применению нейтронного облучения в сельском хозяйстве и прикладной генетике (А. Гопал-Ленгер и М. Суоминатан, Индия), по использованию быстрых и медленных нейтронов, а также тяжелых частиц в радиотерапии (Дж. Фаулдер, Великобритания).

Практически в каждом докладе большое внимание было уделено описанию техники облучения биологических объектов и характеристике источников облучения, наиболее распространенными из которых в настоящее время являются ядерные реакторы, циклотроны и ускорители Ван де Графа. Специальными мерами удается создавать относительно «чистые» пучки данного вида излучения. Например, на реакторе ВЕРО (Великобритания, Харузелл) мощностью 6 Мвт размещение конвертора из U_{235} и свинцового фильтра в потоке тепловых нейтронов из тепловой колонны позволило получить мощность дозы нейтронов деления около 2500 рад/ч при мощности дозы сопровождающего γ -излучения 300 рад/ч. Свинцово-кадмневый фильтр создавал мощность дозы γ -излучения в месте размещения животных, равную 1850 рад/ч при практически полном отсутствии нейтронов. В Аргонской национальной лаборатории (США) для получения монозергетических нейтронов при облучении мышей использовали ускоритель Ван де Графа на 3,5 Мэв, работающий на реакции $Li^7(p, n)Be^7$ с максимальным током ускоренных протонов $180 \text{ мкA} \pm 0,1\%$. Изменение энергии ускоренных протонов в диапазоне 1882–3500 кэв получали монохроматические нейтроны в диапазоне 25–1815 кэв при мощности дозы от 0,05 до 3 рад/сек

в объеме около 0,1 л с примесью γ -излучения менее 0,5% по дозе. Опыты с протонами высоких энергий проводятся в Орсе (Франция) на синхроциклотроне (протоны с энергиями 157 Мэв) и на синхроциклотроне ЦЕРНа (протоны с энергиями 600 Мэв). Кроме того, используется линейный ускоритель для облучения электронами с энергией 950 Мэв.

В докладах В. И. Афанасьева и др. (СССР), К. А. Тобайса и др. (США) были приведены данные экспериментальных и теоретических исследований по созданию дозных полей протонов высоких энергий. В обоих случаях для расширения пучка и создания равномерного и достаточно большого (по сравнению с размерами облучаемого животного) дозного поля обосновано использование поглотителей. В работе советских ученых, выполненной на синхроциклотроне ОИЯИ, в качестве поглощающих материалов применены свинец и полистилен, в работе американских исследователей предложены наборы свинцовых, медных, алюминиевых и графитовых поглотителей, создающих равномерное поле облучения диаметром 30 см.

В методическом отношении интересна работа Д. Хайтауэра и Х. Шварца (США), в которой предложен экспериментальный метод определения глубинного распределения нейтронов по активности Na^{24} в срезах замороженного трупа подопытного животного.

Доклады Х. Шефера (США) и В. Снайдера (США) содержали вычисления распределения глубинных доз по спектру линейной плотности потерь энергии (ЛПЭ). В первом из них распределение дозы по ЛПЭ рассчитано для протонов солнечных вспышек (главного радиационно опасного фактора околоземного пространства) на различных глубинах тканеэквивалентного фантома. Х. Шефер получил любопытный результат: протоны солнечной вспышки и рентгеновское излучение с пиковым напряжением 220 кэв, принимаемое в радиobiологии за стандартное, дают приблизительно одинаковое распределение поглощенной дозы по ЛПЭ. В. Снайдер методом Монте-Карло рассчитал распределение поглощенных доз в тканеэквивалентных фантомах цилиндрической формы, имитирующих мышь, крысу, морскую свинку, собаку и человека, для монозергетических нейтронов в диапазоне энергий до 20 Мэв и для спектра деления.

Основное количество докладов, обсужденных на симпозиуме, содержало результаты измерений ОБЭ нейтронов и протонов в зависимости от дозы, ритма воздействия, энергии излучения и вида животных. П. Бонз-Мари (Франция), изучая ОБЭ протонов (157–592 Мэв) и электронов (150–950 Мэв) в сопоставлении с рентге-