

ческую прозрачность. Эти материалы весьма перспективны для количественной автордиографии.

Рассматривалось повышение оптической плотности и эффективности регистрации автордиограмм за счет метода электрохимического травления детекторов из поликарбоната и полиэтилен-терефталатных фольг, позволяющего сократить время травления детекторов. Это важно при использовании автордиографических методов в промышленных условиях для повышения производительности контроля.

Новым методом визуализации треков в полимерах было посвящено сообщение об избирательном окрашивании разрушенного следа ядерной частицы родаминовыми красителями. Для повышения эффективности регистрации рекомендуется предварительная кислотная сенсбилизация.

Ученые ГДР исследовали люминесцентную автордиографию на активируемых излучением кремниевых стеклах и ферритовых изделиях. Анализ полученных автордиограмм позволяет сделать заключение об однородности и качестве кремниевых стекол и ферритовых изделий.

В зависимости от глубины проникновения ионизирующего излучения исследуются либо поверхность, либо объем образца.

Применение автордиографического метода контроля в сельском хозяйстве показано на примере определения эффективности установок для нанесения защитных средств на посевное зерно. Исследовалась однородность фунгицидного слоя, защищающего поверхность зерна. В качестве индикатора использовался ^{99m}Tc в растворе фунгицида. Количественная оценка автордиограмм позволила определить концентрацию защитного вещества на поверхности зерна.

Специалисты всех стран подчеркнули целесообразность более тесного сотрудничества в области разработки автордиографических методов исследования и внедрения их в народное хозяйство.

Участники симпозиума отметили высокий уровень его организации и радушие хозяев — польской делегации. Материалы симпозиума планируется опубликовать в журнале «Nukleonika».

ЕГОЛИН Я. Г.

IV Международная летняя школа по радиационной защите

В работе школы, проходившей в Дубровнике (Югославия) с 21 августа по 1 сентября 1979 г., участвовали около 80 человек из 13 стран, а также представитель МАГАТЭ. Общая цель школы — оказание научной и консультативно-методической помощи развивающимся странам в решении проблемы радиационной безопасности при промышленном использовании атомной энергии. Заслушано и обсуждено 34 доклада и проведена дискуссия за круглым столом.

Большой интерес вызвали доклады А. Стюарт (Великобритания) и К. Морган (США) о современном состоянии проблемы риска заболевания раком при низких уровнях хронического облучения. (Оценки такого риска* в Публикации 26 МКРЗ основаны на анализе смертности среди переживших взрывы атомных бомб в Японии.) В первом из этих докладов дан анализ заболеваемости раком профессиональных рабочих ханфордских заводов почти за 30 лет. Общее количество умерших от всех заболеваний 4051 человек, в том числе от раковых заболеваний 837 человек (всего статистика охватывает 27 960 человек). Уровни облучения персонала в Ханфорде имеют логарифмически-нормальное распределение и лежат в пределах от фоновых величин до 49 бэр** (у двух мужчин) и до 10 бэр (у двух женщин).

Коэффициенты риска при низких дозах облучения оказались выше, чем принятые по данным Публикации 26 МКРЗ. Это различие объясняется как условиями облучения, так и различием методов статистической обработки. Число смертных случаев от раковых и нераковых заболеваний в логарифмической шкале дозовых интервалов приведен в таблице. Дозы внешнего облучения регистрировались фотодозиметрами. Средняя доза облучения лиц, умерших от рака, составила 1,95 рад, от других болезней 1,50 рад. Авторы считают достоверной тенденцию увеличения (примерно на 5%) смертности от рака с ростом дозы облучения, хотя абсолютное значение доз не велико (меньше установленных пределов).

К. Морган полностью поддержал идеи А. Стюарт и сотрудников о более высоких коэффициентах риска

при малых дозах по сравнению с принятыми в настоящее время: он считает, что коэффициенты риска должны быть увеличены в 6—8 раз. По его мнению, распространение данных, полученных при изучении животных, на человека чаще всего приводит к недооценке риска, в особенности когда речь идет о малых дозах хронического облучения. На этом основании К. Морган считает целесообразным уменьшить годовую ПДД для персонала действующих АЭС в 2 раза (до 2,5 бэр), а для персонала проектируемых АЭС — в 10 раз. В его докладе приведен также рекомендуемый в США годовой предел дозы для населения в районе размещения ядерных установок — 5 мбэр. К. Морган считает, что для персонала действующих АЭС предел коллективной дозы не должен превышать 500 чел.-бэр/ГВт (эл.)-год. Поэтому, по его мнению, не целесообразно привлекать временных рабочих к выполнению работ в «горячих» точках (при ремонте, демонтаже и т. п.), поскольку эта практика обычно приводит к увеличению

Число смертных случаев от раковых и нераковых заболеваний работников ханфордских заводов

Доза, рад *	Число зарегистрированных случаев смерти			% смертных случаев от рака
	от рака	от других болезней	всего	
Ниже 0,08	256	1071	1327	19,3
0,08—0,31	131	595	726	18,0
0,32—0,63	119	430	549	21,7
0,64—1,27	123	452	575	21,4
1,28—2,55	94	320	414	22,7
2,56—5,11	48	148	196	24,5
Выше 5,1	65	199	264	24,6
Всего	836	3215	4051	20,6

* 1 рад = 0,01 грея (Гр).

* Здесь и далее речь идет о риске злокачественных заболеваний.

** 1 бэр = 0,01 Дж/кг.

коллективной дозы. К. Морган отметил, что применение на практике коэффициентов взвешивания, рекомендуемых Публикацией 26 МКРЗ, приведет к «недопустимо большому» ПДД для отдельных органов: до 42 бэр для легких и костного мозга, 167 бэр — для костной ткани и щитовидной железы. Правда, для щитовидной железы и костной ткани МКРЗ предлагает ограничить годовую ПДД до 50 бэр, но и этот уровень (2500 бэр за весь период профессиональной работы) неоправданно высок. Докладчик считает, что даже при старых нормативах допустимые концентрации (ДК) многих радионуклидов в воде слишком велики. Например, ДК ^{239}Pu в воде, равная $2,2 \cdot 10^{-9}$ Ки/л (1 Ки = $3,700 \cdot 10^{10}$ беккереля — Бк), для отдельных лиц населения должна быть уменьшена по крайней мере в 40 раз. По его заявлению, Агентство по защите внешней среды США предполагает внести такое изменение.

Г. Вебб (Великобритания) сделал интересный доклад о модели расчета доз облучения населения за счет газоаэрозольных и жидких радиоактивных отходов. Эта модель является основой методологического руководства по оценке радиологических последствий воздействия радиоактивных отходов, которое сейчас готовит комиссия ученых ряда европейских стран. За основу модели атмосферного переноса аэрозолей принята известная теория Пасквилла с модификацией Смита. Менее подробно рассмотрена модель расчета коллективных доз.

В докладе Н. Г. Гусева и В. А. Беляева (СССР) более детально, чем в докладе Г. Вебба, изложены разработанные авторами модели расчета доз за счет газоаэрозольных радиоактивных выбросов. Приведена оригинальная модель расчета популяционных доз, дающая более точные результаты, чем модель Г. Вебба, на больших расстояниях от источника выбросов. Кроме того, камерная модель советских ученых более обобщенная: в ней можно использовать не только экспоненциальную, но и любую другую форму перехода радионуклида по звеньям пищевой цепи. В целом же эти две модели во многом дополняют друг друга. В другом докладе Н. Г. Гусева, сделанном совместно с Г. Г. Дорошенко, предлагается новый подход к обоснованию рабочих пределов выбросов радиоактивных благородных (РБГ) газов с АЭС. Показано, что распределение нормализованных выбросов РБГ подчиняется логарифмически-нормальному закону, параметры которого — среднее геометрическое значение g_0 и среднее квадратическое отклонение β — могут быть использованы для обоснования рабочих пределов $q = q_0 \beta^n$ Ки/МВт(эл.)·год. Выбор параметра n определяется, во-первых, требованием непревышения установленного предела дозы, во-вторых, оценкой баланса «стоимость — польза».

Р. Карам и Ц. Ли (США) рассмотрели вопросы безопасности гипотетического быстрого реактора мощностью 1000 МВт(эл.) с жидкометаллическим теплоносителем и металлическим горючим на ториевой основе и подчеркнули возрастающую роль актиноидов, и прежде всего ^{243}Am .

В трех совместных докладах Ж. Вуковича (Югославия) и И. В. Мелихова (СССР) были изложены теоретические основы переработки жидких радиоактивных отходов. Большое число докладов было посвящено проблеме переработки, удаления и безопасного захоронения жидких и твердых радиоактивных отходов. Так, Г. Вебб проанализировал принцип стоимость — польза при обращении с радиоактивными отходами, З. Длоухи (ЧССР) — движение радиоактивных отходов в почве, Х. Краузе (ФРГ) — методы отверждения отходов высокой удельной активности и проблему использования соляных шахт для их захоронения. И Суселье (Франция) рассказал о французском опыте подземного захоронения отходов. Доклады Дж. Хирлинга (Венгрия) посвящены специфике удаления радиоактивных отходов в относительно малых странах и отверждению жидких радиоактивных отходов. Представитель МАГАТЭ К. Шнейдер сделал обобщенные доклады о деятельности МАГАТЭ в области переработки и захоронения радиоактивных отходов. Интересный обзор рекомендаций МКРЗ по дозовым пределам и их практическому применению сделал П. Д. Маркович (Югославия).

Следует отметить высокий научный уровень и актуальность докладов, представленных в Школе, и хорошую организацию ее работы югославскими учеными. Труды Школы (Waste Disposal and other Radiation Problems in Nuclear Industry. Proc. IV Intern. Summer School on Radiation Protection, Belgrade, 1979) изданы Институтом ядерных исследований им. Б. Кидрича.

ГУСЕВ Н. Г.

Двусторонние связи Советско-итальянский семинар по парогенераторам натрия — вода

Семинар по проблемам разработки парогенераторов (концепциям и схемам, конструкциям, системам безопасности, конструкционным материалам, расчетам и экспериментам) проходил в Вычислительном центре Комиссии по атомной энергии Италии (CNEN) в Болонье и исследовательских центрах CNEN в Бразимоне и Касачче в октябре 1979 г. Было представлено 11 советских и семь итальянских докладов. В советских докладах рассматривались результаты теплокоррозионных и вибрационных испытаний парогенератора БН-600 на моделях, исследований вибрации пароперегревателей парогенератора БН-350, длительных ресурсных испытаний прямооточного парогенератора с S-образными змеевиками в составе БОР-60, итоги эксплуатации систем контроля течи на парогенераторах БН-350. Освещались также отдельные вопросы расчета и оптимизации парогенераторов натрия — вода (выбор типа и оценка перспективности парогенераторов с двухстенными трубками, расчеты теплообмена и гидродинамики).

В докладе о критериях выбора парогенератора итальянские специалисты представили экономический анализ

оптимизации парогенератора на основе критериев безопасности, экономичности, хороших эксплуатационных характеристик, транспортабельности и возможности ремонта. На основании формулы для числа отказов в год $f = 10^{-5} \cdot dN (6,8L + 47,2 M)$, где d — диаметр, N — число и L — длина труб в модуле парогенератора, M — количество сварных швов, условиям минимальной стоимости и минимизации числа отказов удовлетворяет четырехмодульный парогенератор на мощность циркуляционной петли АЭС «Суперфеникс». При проектировании в Италии используется код ASME III. Детально исследуется температурный режим элементов парогенератора в нормальных условиях, переходных и аварийных режимах, включая режимы прекращения расходов воды или натрия и режимы с повреждением парогенератора в случае взаимодействия натрия с водой. Отдельный доклад посвящен расчетным кодам по теплообмену, оценке динамической неустойчивости, расчету взаимодействия натрия с водой, оценке прочности корпуса при отсутствии конденсатора между прямотрубным пучком и корпусом. Технологические исследования направлены на отработку оптимальных условий авто-