

ка  $5 \cdot 10^{12}$  *вт/см<sup>2</sup>* была получена температура 320 эв. Для мишеней из углерода и LiD максимальная энергия расширения достигала соответственно 13 и 3,5 *кэв*.

Г. В. Склизковым и др. исследовалась начальная стадия движения лазерной плазмы в режиме газодинамического разлета. Была измерена временная зависимость давления в факеле в течение лазерного импульса.

Несколько докладов было посвящено теоретическим аспектам взаимодействия мощного светового излучения с плотной плазмой. В докладе П. Ко (Принстон, США) приводились результаты теоретического исследования параметрических неустойчивостей вблизи критической частоты. В докладах П. П. Волосевича и др. и И. В. Немчинова рассматривалась начальная стадия нагрева и влияние переизлучения на нагрев плазмы. Н. Г. Басов, О. Н. Крохин, С. Д. Захаров и др. теоретически и экспериментально рассмотрели физические процессы при высокотемпературном нагреве плазмы лазерным излучением ультракороткой длительности.

На конференции были представлены также доклады об использовании лазерной плазмы для получения большого числа ионов с зарядом, превышающим 20. Следует отметить теоретические исследования О. Н. Крохина, Ю. В. Афанасьева и др. по кинетическим и гидродинамическим процессам в многократно ионизированной лазерной плазме.

Доклады Ю. П. Райзера (Москва) и А. Энгельгардта (Квебек, Канада) были посвящены нагреву газа непрерывным излучением, в том числе от CO<sub>2</sub>-лазера.

Конференция еще раз подтвердила широкие возможности применения мощных лазеров для термоядерных исследований, исследований по физике плазмы и различных физических и астрофизических приложений. Организация такой представительной конференции отражает возросший интерес теоретиков и экспериментаторов к созданию и применениям высокотемпературной лазерной плазмы.

Г. В. СКЛИЗКОВ

## Симпозиум по новым разработкам физических и биологических детекторов излучения

В ноябре 1970 г. МАГАТЭ провело в Вене симпозиум по новым разработкам физических и биологических детекторов ионизирующих излучений. В работе симпозиума приняли участие около 160 специалистов из 28 стран и четырех международных организаций.

Последние годы ознаменовались рядом достижений в области научных исследований и практических разработок детекторов ионизирующих излучений, предназначенных для радиационной дозиметрии. На смену традиционным ионизационным камерам и фотодозиметрам пришел новый вид «твердотельных» детекторов. Это прежде всего полупроводниковые и люминесцентные детекторы.

На Венском симпозиуме значительное число докладов было посвящено люминесцентным методам. Среди них обзорные и программные доклады (Ф. Аттикс, США; Т. Джонс и др. Англия), результаты о новых составах люминофоров (Г. Вебб и др., США; Г. Портал и др., Франция; Т. Хашизуме и др., Япония), а также доклады по усовершенствованию существующих детекторов и технике регистрации их показаний (Д. Уран, Югославия; Л. Беттер-Иенсен, Дания, и др.). В докладах почти не рассматривался механизм люминесценции, а основное внимание уделялось дозиметрическим свойствам детекторов.

Особое место заняли вопросы применения термолюминесцентных детекторов (ТЛД) для определения эквивалентной дозы смешанного  $\gamma$  —  $n$ -излучения. Одна из интересных идей (Ф. Аттикс, США) состоит в использовании смеси различных ТЛД с таким отношением изотопов Li<sup>6</sup>/Li<sup>7</sup>, чтобы показания дозиметра были пропорциональны эквивалентной дозе при одновременном облучении  $\gamma$ -квантами и тепловыми нейтронами. Такой дозиметр мало чувствителен к нейтронам более высоких энергий, но на поверхности тела человека он сможет регистрировать тепловые нейтроны, возникающие в результате взаимодействия первичных нейтронов с биологической тканью. Зависимость альбедо от энергии нейтронов, падающих на тело, оказывается такой, что показания дозиметра при облучении его  $\gamma$ -излучением и отраженными тепловыми нейтрона-

ми пропорциональны эквивалентной дозе смешанного излучения в диапазоне энергий первичных нейтронов от тепловых до 10 *кэв*. Для более высоких энергий нейтронов предложено (В. В. Кузьмин, И. П. Мысев, А. Д. Соколов, СССР) использовать ТЛД с люминофором, обладающим повышенной чувствительностью к тяжелым заряженным частицам. Водородсодержащее вещество, в котором диспергирован люминофор, используется в качестве чувствительного элемента дозиметра для измерения эквивалентной дозы нейтронов в интервале энергий 10 *кэв* — 10 *Мэв*.

Экзоэлектронный дозиметрам было посвящено три доклада. Хотя экзоэлектронная эмиссия известна давно, первые публикации по дозиметрическому применению этого явления появились сравнительно недавно. Из-за сложности регистрации экзоэлектронов низких энергий, недостаточной воспроизводимости показаний и других нежелательных факторов экзоэлектронные дозиметры пока не нашли практического применения. При обсуждении этих вопросов (при некотором пессимизме относительно перспектив применения экзоэлектронных дозиметров) интересен был доклад А. И. Бескорского и др. (СССР), в котором предложен вариант экзодозиметра на основе сернистого кальция, активированного марганцем, для практического использования.

Американские ученые К. Беккер и др. представили работу, в которой рассмотрено повышение чувствительности эмиттера из окиси бериллия путем термической обработки его поверхности и внедрения атомов платины, палладия и золота. Они получили обнадеживающие результаты: дозы менее 1 *мр* измеряются с воспроизводимостью 2—5%.

По полупроводниковым детекторам наиболее интересными были сообщения о применении детекторов с внутренним усилением. Американские ученые применили подобный детектор для измерения плутония *in vivo*. А. Пейре — Лавин и др. (Франция), использовали кремниевые детекторы, работающие в каскадном режиме, для спектрометрии мягкого рентгеновского излучения. Дозиметрические характеристики кремниевых диффу-

зионно-дрейфовых детекторов  $\gamma$ -излучения и спектрометрические характеристики германиевых детекторов с радиационными дефектами были рассмотрены в двух советских докладах (Е. Л. Столярова и др.).

В обзорном докладе В. И. Иванова (СССР) представлены работы советских ученых по применению в дозиметрии таких явлений, как вращение плоскости поляризации света в оптически активных растворах (С. В. Стародубев, В. В. Генералова и др., СССР, специфическое температурное распределение в калориметрическом теле при облучении смешанным  $\gamma$  —  $n$ -излучением (Б. А. Брисман и В. Л. Савина, СССР), возникновение разности потенциалов при облучении пространственно разделенных электродов в вакууме (Н. Д. Розенблюм, М. Г. Миттельман и др., СССР).

В докладах Р. Хоземанна и др. (ФРГ) и В. И. Иванова и др. (СССР) рассмотрено дозиметрическое применение детекторов прямой зарядки (ДПЗ), известных в литературе под названием «радиационные элементы». Эти детекторы не получили широкого практического применения из-за кажущейся неконкурентоспособности по сравнению с другими методами. В советском докладе обсуждены новые закономерности ДПЗ, открывающие более широкие возможности для их применения (например, в качестве пороговых детекторов фотонного излучения).

От Советского Союза были также представлены доклады по тканезквивалентному сферическому пропорциональному счетчику (И. М. Дмитриевский, Ю. Д. Лысак, В. В. Фролов), измерению спектров быстрых нейтронов пороговыми детекторами (Е. А. Крамер-Агеев и др.), по ионизационным камерам с жидким диэлектриком (В. И. Иванов, Е. Д. Клещенко, В. В. Фролов), сравнению и анализу параметров клинических спектрометров излучений человека (Г. А. Федоров, И. Е. Константинов и др.).

Несколько докладов было посвящено трековым детекторам, основанным на возникновении следов повреждения при прохождении заряженных частиц через некоторые изоляторы. Такие детекторы могут использоваться в нейтронной дозиметрии при аварийных ситуациях. Регистрируемые следы повреждений

возникают лишь при облучении частицами с достаточно высокими значениями линейных потерь энергии, что делает их практически нечувствительными к фотонному излучению. Громоздкость процедуры обсчета треков ограничивает применение трековых детекторов в дозиметрической практике. В некоторых докладах демонстрировалась возможность применения для счета треков специальной аппаратуры, повышающей оперативность получения дозиметрической информации.

Одно из заседаний симпозиума было посвящено методам калибровки дозиметрических детекторов, уточнению коэффициентов пересчета, подбору материала стенок детектора, дозиметрическим характеристикам приборов и сравнению результатов измерений. Определенный интерес вызвал доклад Ю. О. Костылевой и И. О. Мысева (СССР), в котором подробно рассмотрены условия обеспечения электронного равновесия при калибровке в пучке фотонов тонкостенных детекторов, предназначенных для измерения экспозиционной дозы. Авторы в первом приближении рассчитали необходимые условия точных измерений.

Несколько докладов было посвящено биологическим детекторам излучения. Наибольшее внимание было уделено хромосомным абберациям, частота которых зависит от дозы, качества излучения и биологических особенностей организма. Большинство авторов указало на возможность оценки дозы по анализу хромосомных нарушений в лимфоцитах периферической крови человека. В качестве стандартного дозиметра в таких случаях выступает выращенная и облученная *in vitro* культура клеток. Пока еще рано говорить о наличии законченной точной методики измерения доз по биологическим эффектам, однако ученые из Болгарии (С. Тодоров и Д. Теслев) и Югославии (М. Трайкович и др.) привели конкретные примеры использования биологической дозиметрии при аварийном и хроническом облучении.

Симпозиум был хорошо организован, не был перегружен докладами, что позволило выделить значительное время для полезных дискуссий.

В. И. ИВАНОВ