

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ФОТОННЫХ ЛИВНЕЙ В СВИНЦОВОМ СТЕКЛЕ

Ю. М. Александров, В. Ф. Грушин, А. Н. Зиневич

В арсенале экспериментальных методов физики высоких энергий прочное место занимают черенковские ливневые спектрометры гамма-квантов и электронов (ч.л.с.)^{1,2}. В качестве радиаторов таких приборов наиболее часто используются свинцовые стекла типа тяжелых флинтгов высокой прозрачности. Конструктивные параметры и физические характеристики ч.л.с. в значительной степени определяются размерами радиаторов, оптимальный выбор которых базируется на наших представлениях о пространственном развитии электронно-фотонных ливней в веществе радиатора. Поскольку необходимых прямых экспериментальных данных подобного рода до сих пор не имелось, обычно теоретические оценки³ параметров ч.л.с. основывались на расчетах методом Монте-Карло электронно-фотонных ливней главным образом в простых материалах (свинец, медь и т.п.).

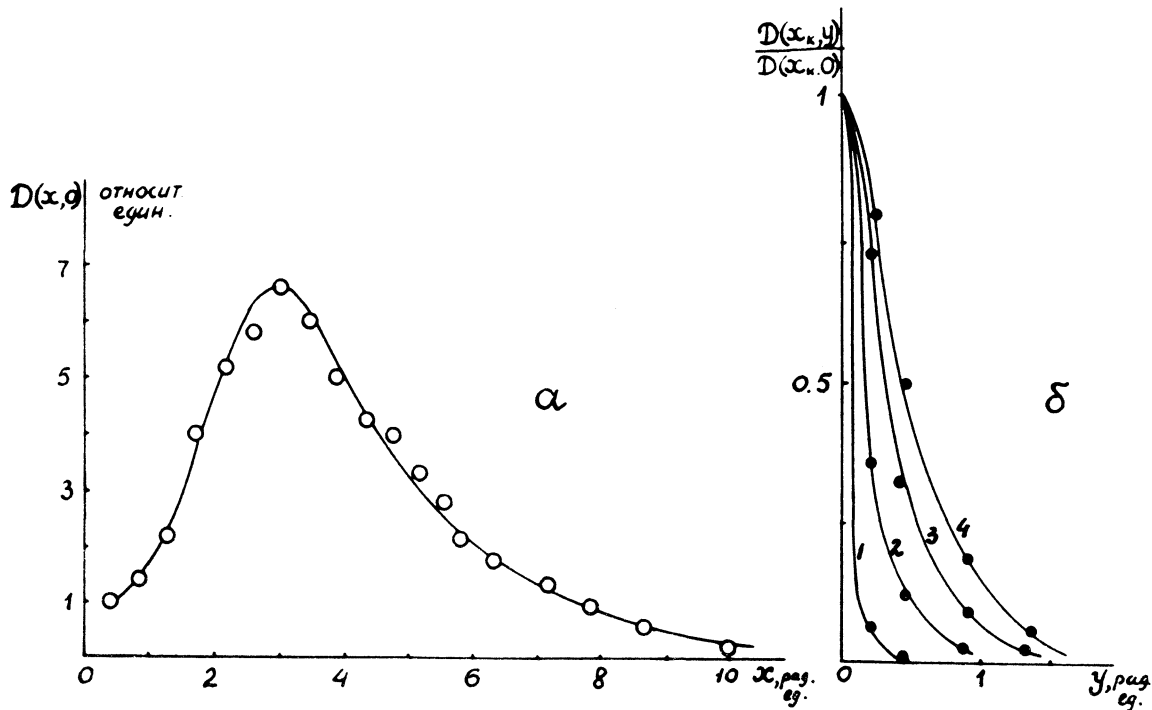
В настоящей работе с помощью чрезвычайно простой экспериментальной методики получена информация относительно основных характеристик пространственного развития ливня в свинцовом стекле. В основу идеи метода положено свойство стекол приобретать специфическую и довольно устойчивую окраску под действием ионизирующих излучений⁴. При этом количество образованных центров окраски зависит от величины поглощенной энергии (дозы).

Экспериментальная процедура состояла в следующем. В пучок первичных гамма-квантов или электронов по-

мешался блок свинцового стекла, который набирался из ряда пластин, ориентированных по направлению пучка. Размеры блока определялись величиной энергии первичных частиц, генерирующих ливень. Толщина пластин выбиралась из соображений удобства при последующем фотометрировании и составляла обычно 5–6 мм (укажем, что радиационная длина для различных свинцовых стекол заключена в пределах 1,6 – 2,5 см). Экспозиция блока в пучке электронов от стандартных линейных ускорителей при среднем токе $\sim 0,1$ – $0,5$ мка не превышала 10–20 секунд для получения неискаженного насыщением пространственного изображения коричневого цвета, дающего статистически усредненную картину развития ливня. При использовании коллимированного пучка тормозного излучения от синхротрона ФИАН 650 Мэв необходимая экспозиция была существенно большей.

С помощью микрофотометра МФ-4 для каждой пластины блока можно было снимать распределения плотности окраски как в продольном, так и поперечном направлениях развития ливня. Для каждого из исследованных стекол (ТФ-1, ТФ-5, ТФ-10, Р-19) в специальных сериях опытов с тонкими пластинами, помещаемыми перпендикулярно пучку электронов, определялись калибровочные зависимости плотности окраски от поглощенной энергии (дозы) излучения. Это позволяло преобразовывать полученные при фотометрировании ливня данные в относительные распределения плотности поглощенной энергии.

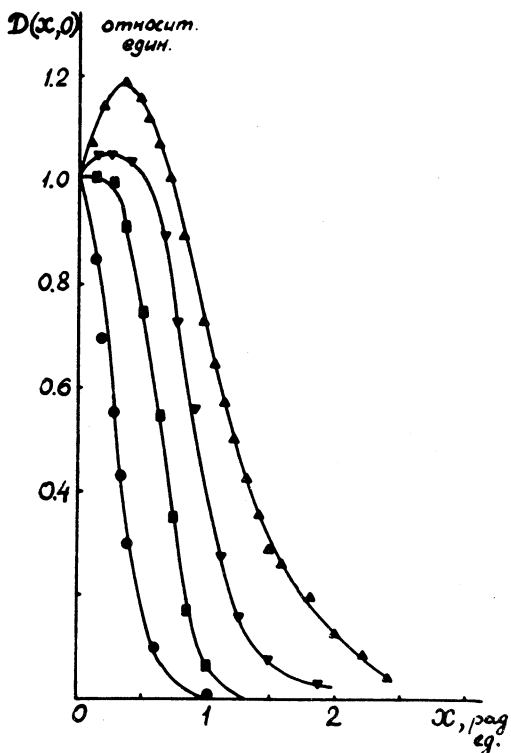
На рис. 1 приведены результаты, касающиеся развития ливня в стекле ТФ-1 от пучка электронов с энергией 500 Мэв линейного ускорителя ФТИАН УССР. Рис. 1а показывает имеющее "каскадный" характер распределение плотности поглощенной энергии $D(x,0)$ вдоль ствола ливня (ось x ; $y = 0$). На рис. 1б даны нормированные распределения той же величины в поперечном направлении (вдоль оси y) на разных глубинах x_k . Видно, что максимальная ширина попе-



Р и с. 1. Распределения плотности поглощенной энергии в ливне, вызванном электроном с энергией 500 Мэв. а) вдоль ствола ливня, б) в поперечном направлении; кривые 1,2,3,4 соответствуют глубинам x_k , равным 1; 3,5; 6 и 9,5 рад. ед.

речного распределения не превышает 4 рад. ед., а продольный размер ливня укладывается в 10-11 рад.ед.

Специальный интерес представляет наименее изученное в настоящее время поведение "ливня" при энер-



Р и с. 2. Распределения в продольном направлении плотности поглощенной энергии от первичных электронов с энергиями: 10 Мэв - ●, 17 Мэв - ■, 25 Мэв - ▼, 45 Мэв - ▲

гиях, близких к критической (для указанных свинцовых стекол она составляет $\sim 13-14$ Мэв). С этой целью блоки свинцового стекла экспонировались в пучках электронов линейных ускорителей ФИАН и Института биофизики АМН СССР. Рис. 2 показывает эксперимен-

тальные распределения вдоль направления первичного пучка электронов для энергий 10–45 Мэв. Распределения нормированы в точке "нулевой" толщины и демонстрируют динамику проявления с ростом энергии каскадного характера взаимодействия электронов с веществом. Форма спадающей части у всех представленных кривых оказывается практически одинаковой.

В заключение следует отметить, что облученные пластины могут быть использованы многократно, если проводить их термическую обработку в течение 12 часов при температуре 200°C, после чего практически полностью исчезают центры окраски и восстанавливается первоначальная прозрачность.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность Гришаеву И. А., Лазаревой Л. Е., Тулупову Б. А., Балицкому В. И., Вейнер Е. А. за предоставленные возможности проведения этой работы на линейных ускорителях, а так же Петухову В. А. за интерес к ней.

Поступила в редакцию
29 сентября 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. Дж. Джелли. Черенковское излучение и его применение. ИИЛ, Москва, 1960 г.
2. В. П. Зрелов. Излучение Вавилова–Черенкова и его применение в физике высоких энергий, т. 2. Атомиздат, 1968 г.
3. В. Ф. Грушин, Е. М. Лейкин. Труды ФИАН, 34, 187 (1966).
4. Т. В. Бюргановская и др. Действие излучений на стекла. Москва, 1958 г.