

## ГЕНЕРАЦИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМОЙ НА УСТАНОВКЕ „ДЕЛЬФИН”.

*А.Е.Данилов, Ю.А.Михайлов, Ф.А.Николаев, Г.В.Склизков,  
В.В.Сорокин, О.И.Стуков, С.И.Федотсов, В.В.Фролов  
С.И.Чеботарев, А.В.Шелобалин*

С помощью пороговых черенковских счетчиков обнаружен и исследован энергетический выход электронного излучения из лазерной плазмы на установке „Дельфин” в зависимости от пороговой энергии регистрации электронов в диапазоне от 200 до 400 КэВ.

Исследование собственного излучения лазерной плазмы, как известно <sup>1</sup>, имеет большое значение в проблеме лазерного термоядерного синтеза (ЛТС). С увеличением мощности установок ЛТС растет энергия собственного излучения, качественно и количественно изменяется его состав. Эти изменения могут быть связаны с увеличением роли ранее слабопроявлявшихся процессов. К таким процессам можно отнести генерацию теоретически предсказываемых релятивистских электронов <sup>2</sup>.

В настоящей работе были обнаружены и исследованы выходы релятивистских электронов с энергией в несколько сотен КэВ, генерируемых лазерной плазмой на установке „Дельфин” описанной в <sup>3</sup>. Исследования проводились с помощью пороговых черенковских счетчиков.

Применение этих счетчиков было обусловлено их нечувствительностью ко всем типам излучений лазерной плазмы, кроме электронного.

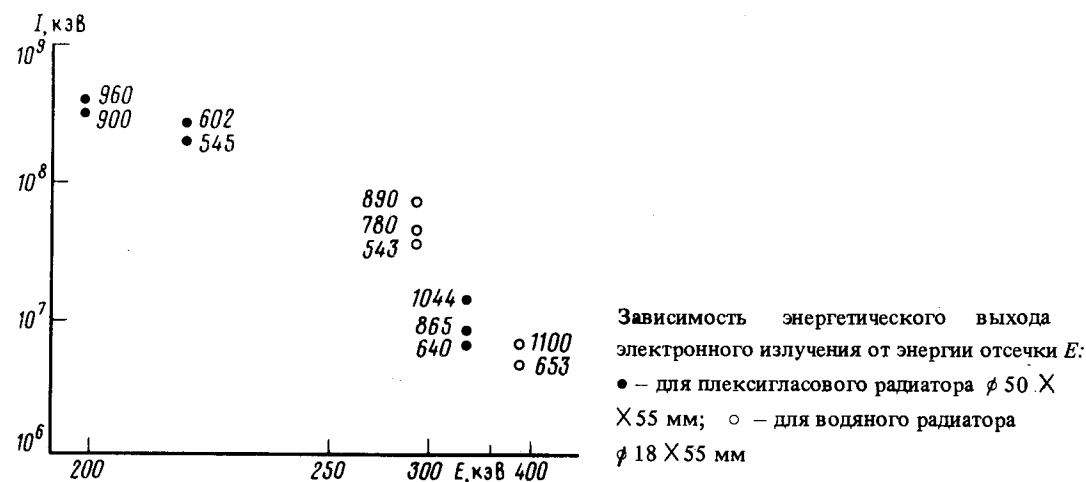


Схема эксперимента была следующей. Радиатор черенковского счетчика устанавливался в окне мишенной камеры на расстоянии 30 см от мишени. Окно закрывалось алюминиевой фольгой (фильтром), которая не пропускала свет, мягкое рентгеновское излучение и ионы. Электронное излучение лазерной плазмы, пройдя фильтр, проникало в радиатор, вызывая в нем свечение Вавилова — Черенкова. Это свечение регистрировалось фотоэлектронным умножителем, сигнал которого измерялся скоростным осциллографом С7-10Б. Синхронный запуск развертки этого осциллографа осуществлялся импульсом с коаксиального фотоэлемента, который регистрировал световую вспышку лазерной плазмы. Пороговая энергия электронов  $E$  или энергия отсечки черенковского счетчика, задавалась, как показателем преломления материала радиатора, так и толщиной алюминиевого фильтра. Энергетический выход электронов  $I$  (полная энергия излучения электронов с энергией  $E_e \geq E$ ) определялся по амплитуде сигнала с черенковского счетчика. Одновременно с измерением электронных выходов проводились и измерения выходов рентгеновского излучения из лазерной плазмы сцинтилляционным счетчиком, фильтр на входе которого был той же толщины, что и у черенковского счетчика. В некоторых случаях измеренный сцинтилляционным счетчиком энергетический выход превышал выход электронов в  $10^4$  раз. При таком превышении не исключалась возможность регистрации плексигласовым счетчиком рентгеновского излучения за счет люминесценции. Однако, необходимо отметить, что в некоторых экспериментах при тех же самых выходах рентгеновского излучения сигнал с черенковского счетчика с плексигласовым радиатором не наблюдался. Для получения более надежных результатов был использован водяной радиатор, выход сцинтилляций которого в  $170$  раз <sup>4</sup> ниже, чем у плексигласового.

В измерениях электронного выхода черенковские счетчики могут регистрировать и  $\gamma$ -излучение, за счет конверсии в радиаторе фото- и комптон-электронов, с энергией, превышающей порог регистрации этих черенковских счетчиков. Для оценки вклада  $\gamma$ -квантов сравнивались измеренные черенковскими счетчиками энергетические выходы для различных толщин радиаторов и фильтров. В результате измерений с толщинами алюминиевых фильтров от 0,02 мм до 0,2 мм, а также толщинами плексигласовых радиаторов 2 мм и 55 мм было установлено, что вклад  $\gamma$ -квантов не превышал 1 %.

Выходы электронного излучения лазерной плазмы были измерены при облучении сферических оболочечных высокоаспектных  $R/\Delta R > 10^2$  (где  $R$  — радиус, а  $\Delta R$  — толщина оболочки) мишей диаметром от 0,35 мм до 0,45 мм греющими импульсами лазерного излучения длительностью  $\sim 2$  нс с энергиями от 500 Дж до 1100 Дж при плотности потока до  $10^{14}$  Вт/см<sup>2</sup>. Доля поглощенной энергии лазерного излучения в мишени при этом колебалась в пределах от

35 % до 45 % . Результаты измерений приведены на рис.1. С ростом энергии отсечки, которая менялась от 200 КэВ до 390 КэВ, наблюдался значительный спад выхода. Разброс значений выходов электронов для определенной энергии отсечки можно объяснить различием параметров каждой лазерной вспышки, например, энергии импульсов лазерного излучения, значения которых в джоулях приведены рядом с экспериментальными точками (см. рис.1.) . Абсолютные значения энергетических выходов здесь приведены в предположении пространственной изотропии, на что указывает совпадение энергетических выходов, измеренных одновременно под разными направлениями ( $\sim \pi/2$ ) двумя плексигласовыми счетчиками, и является естественным при достаточно высокой симметрии сферического облучения, характерной для настоящего эксперимента. Оценка эффективной температуры плазмы для этих электронов дает величину более 40 кэВ, что значительно превышает температуру соответствующую надтепловой электронной компоненте.

В заключение необходимо отметить, что наблюдаемое электронное излучение представляет интерес для диагностики лазерной плазмы. Оно может нести малоискаженную информацию о состоянии плазмы непосредственно в области рождения этих электронов, что связано с высокой проникающей способностью электронов такой энергии.

#### Литература

1. Афанасьев Ю.В., Басов Н.Г., Гамалий Е.Г., Розанов В.Б., Самарский А.А., Феокистов Л.П. Труды ФИАН СССР, 1982, 134, 3.
2. Бункин Ф.В., Казаков А.Е. ДАН, СССР, 1970, 193, №6.
3. Басов Н.Г., Данилов А.Е., Круглов Б.В., Михайлов Ю.А., Склизов Г.В., Федотов С.И. Квантовая электроника, 1982, 9, 385.
4. Зрелов П.П. Излучение Вавилова – Черенкова и его применение в физике высоких энергий. Атомиздат 1968, II, 63.