

Е. Г. ПОПОВ, А. А. ПРОВАЛОВ, М. А. ЦИКУЛИН
САМОЭКРАНИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛ
ОТ МОЩНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(Представлено академиком М. А. Садовским 18 III 1970)

При облучении твердого тела интенсивным световым потоком поверхностный слой вещества нагревается и испаряется. Если пары слабо поглощают излучение, то оно проникает во все более глубокие слои вещества и испаряет их, — вглубь вещества продвигается волна испарения ⁽¹⁾. Но даже слабо поглощая излучение, например из-за термической ионизации, пары начинают разогреваться. Расчетным путем удалось показать ⁽²⁾, что при большой интенсивности излучения разогрев паров и связанный с ним рост поглощения приводят к образованию у поверхности высоконагретого непрозрачного слоя.

Таким образом, независимо от начальной прозрачности паров, следует ожидать возникновения слоя, экранирующего падающее излучение. Однако экранирование поверхности тела еще не означает, что испарение обязательно прекратится. Излучают сами нагретые пары. Интенсивность и спектральный состав этого излучения определяются не столько мощностью первичного излучения, сколько оптическими свойствами испаренного вещества. Так, сфокусированным лучом лазера можно нагреть пары снаружи до очень высокой температуры, но при этом из-за непрозрачности паров поверхности тела достигнет лишь излучение сравнительно холодных внутренних слоев. Кстати, в сильных ударных волнах аналогичное явление уже известно ⁽³⁾. Газ перед фронтом волны прогревается излучением ударно нагретого газа и теряет прозрачность. Излучение ударно нагретого газа, а также сильно нагретого слоя перед фронтом оказывается как бы запертым, и в холодный прозрачный газ проникает лишь свет удаленных от фронта умеренно горячих слоев.

Описанные выше представления об экранировании поверхности тел, несмотря на сходство с уже известным эффектом экранировки сильных ударных волн в газах, нуждаются в экспериментальном подтверждении. Тщательный теоретический анализ в данном случае затруднен отсутствием надежных сведений о фотопоглощении нагретых паров.

В наших экспериментах мишени из различных материалов облучались взрывным источником света. Последний представлял собой заряд взрывчатого вещества с кумулятивными выемками, помещенный в трубу, содержащую аргон при атмосферном давлении. Излучателем служила мощная

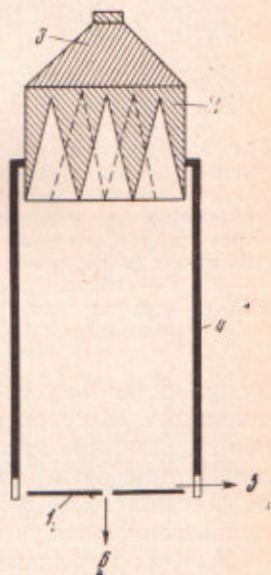


Рис. 1. Схема эксперимента. 1 — мишень с отверстием в центре диаметром 1 мм; 2 — заряд с кумулятивными выемками весом 500 г, отлитый из ТГ 40/60; 3 — взрывная линза; 4 — алюминиевая труба с зеркальными стенками диаметром 84 мм; 5, 6 — фотохронограф СФР-2 или спектрофотохронограф СП-111

ударная волна, образующаяся в трубе при взрыве заряда. Ударная волна затухала по мере приближения к мишени, и яркостная температура фронта волны, измеренная за синим светофильтром, падала с 33 000 до 30 000° К. Исходя из этих значений температуры и предположив черноту излучения фронта⁽¹⁾, плотность лучистого потока на мишени оценивается $\sim 3 \cdot 10^6$ Вт/см² *.

Ранее авторы⁽²⁾, применив взрывной источник излучения, наблюдали образование над мишенью светящейся области, которая интерпретировалась как пары вещества мишени. В настоящей работе удалось подтвердить

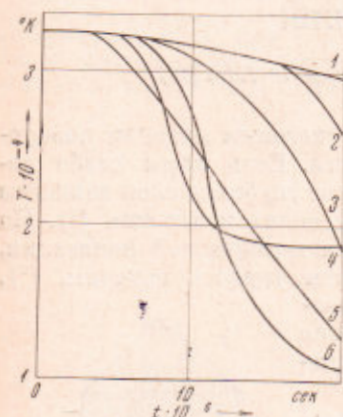


Рис. 3. Яркостная температура ударной волны в синем свете ($\lambda_{\text{сф}} = 432$ мк, $\Delta\lambda = 51$ мк), измеренная без мишени (1) и через отверстия в мишенях из различных материалов: 2 — S, 3 — Pb, 4 — асботекстолит, 5 — KCl, 6 — графит; для Fe и Al совпадает с 1

правильность такой интерпретации. При помощи спектрофотохронографа (5 на рис. 1) были зарегистрированы линии излучения, принадлежащие материалу мишени. Температура испаренного вещества, измеренная по интенсивностям центров насыщенных линий, достигала 10 000—15 000° К. Наружный слой расширяющихся паров наиболее яркий (рис. 2) и излучает сплошным спектром, — температура здесь, по-видимому, выше. Пары при таких температурах могут заметно поглощать падающее излучение.

Но прямым доказательством экранирования служат результаты регистрации излучения, доходящего до поверхности мишени. Через небольшое отверстие в мишени с помощью фотохронографа (6 на рис. 1) измерялась яркостная температура ударной волны в синем свете. Обнаружено быстрое снижение яркости (см. рис. 3). Еще более наглядно экранирование проявлялось при наполнении трубы ксеноном. Излучение в этих экспериментах регистрировалось спектрофотохронографом (6 на рис. 1). Яркость снижалась сначала в отдельных линиях, а затем и по всему наблюдаемому спектру (см. рис. 4). Например, для мишеней из KCl яркостная температура уменьшалась с 50 000 до 6000° К. Обратим внимание на различие кажущегося значения 6000° К и значения 30 000° К, измеренного к концу работы источника в отсутствие мишени. Такое различие соответствует тому, что сомкнувшиеся над отверстием пары ослабляли падающее излучение в ~ 100 раз.

Авторы выражают признательность А. Д. Кравченко за помощь в экспериментах, И. В. Немчинову за полезные обсуждения.

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта
Академии наук СССР
Москва

Поступило
18 III 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Ю. В. Афанасьев, О. Н. Крохин, ЖЭТФ, 52, в. 4, 966 (1967). ² Г. Г. Витенская, И. В. Немчинов, ДАН, 186, 1048 (1969). ³ Я. Б. Зельдович, Ю. П. Райзер, Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений, М., 1966. ⁴ Ю. А. Зацепин, Е. Г. Попов, М. А. Цикулин, ЖЭТФ, 54, в. 1, 112 (1968). ⁵ И. Ф. Жариков, И. В. Немчинов, М. А. Цикулин, Прикл. мех. и техн. физ., № 1, 31 (1967).

* При оценках учитывается непрозрачность Ag для квантов $h\nu > 15,7$ эв.

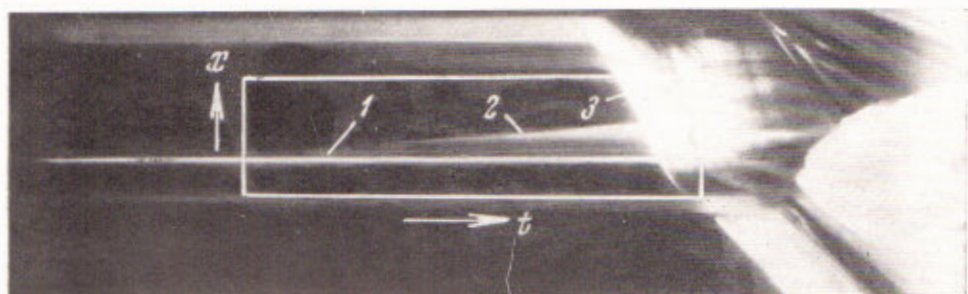


Рис. 2. Фотохронограмма разлета паров мишени, спрессованной из порошка HgCl .
1 — поверхность мишени; 2 — граница разлетающихся паров (скорость границы $400 \div 600$ м/сек, высота подъема 7 мм); 3 — фронт ударной волны



Рис. 4. Спектрофотохронограмма яркости ударной волны через отверстие в мишени, спрессованной из порошка KCl ($\lambda = 400 \div 600$ мμ, прочерчена реперная линия $\lambda = 435,8$ мμ от ртутной лампы)