

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОЙ ОСОБЕННОСТИ УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВЕТА В РАССЕИВАЮЩЕЙ СРЕДЕ С ПОГЛОЩЕНИЕМ

В. Г. Гавриленко, С. С. Петров

Вопрос об угловом распределении света в мутных средах рассматривается во многих работах, в том числе в монографиях [1-3]. В работе Долина [4] в малоугловом приближении построено «автомодельное» решение, описывающее переход к глубинному режиму излучения в мутной среде, и рассчитаны параметры глубинного режима [1-3]. Из формул, приведенных в [1, 4], вытекает, что при наличии регулярного поглощения угловой спектр света в рассеивающей среде становится уже, чем в его отсутствие. Это подтверждается многими лабораторными и натурными экспериментами, результаты которых описаны в [1, 3]. Однако в работах [5, 6] в малоугловом приближении показано, что возможна и другая ситуация, когда регулярное поглощение приводит не к сужению, а к аномальному расширению углового спектра поля. Необходимым условием для этого является достаточно сильная асимметрия, вызванная, например, наклонным падением света на границу мутной среды.

В настоящем сообщении описаны результаты лабораторного эксперимента, проводившегося с целью качественного подтверждения выводов, полученных в [3].

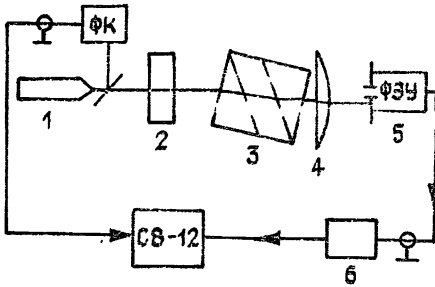


Рис. 1.

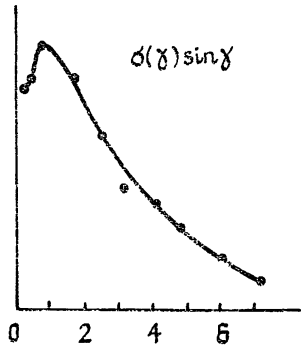


Рис. 2.

На рис. 1 приведена принципиальная схема установки. Импульсное излучение когерентного источника 1 с длиной волны $\lambda=1,06$ мкм (энергия в импульсе 1 Дж, длительность импульса $\tau=30$ нс, частота повторения 0,5 Гц, поперечное сечение пучка 10×15 мм) проходило через кювету 3 с водой. Длина пути нерассеянного излучения в воде $z=4,5$ см. С целью моделирования достаточно малоуглового рассеяния случайные неоднородности создавались добавлением процеженного отвара овсяных хлопьев (рассеивателя).

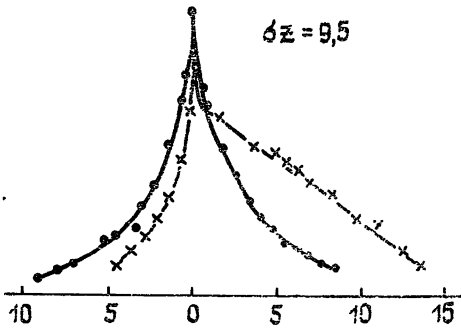


Рис. 3.

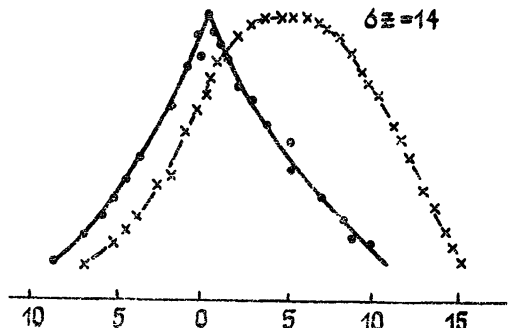


Рис. 4.

На рис. 2 построен график зависимости $\sigma(\gamma) \sin \gamma$, где $\sigma(\gamma)$ — индикатриса рассеяния [1] овсяного отвара в области малых углов рассеяния. Интегрированием этой зависимости можно убедиться в том, что около 70% энергии рассеивается на углы, меньшие $6,5^\circ$. В качестве поглотителя использовался краситель нигрозин. Поскольку для наблюдения предсказанных в [5] эффектов необходимо осуществить преломление света в воде под достаточно большим углом, с целью уменьшения потерь на отражение передняя и задняя стенки кюветы выполнены из стеклянных призм с основанием в виде прямоугольного треугольника. Далее излучение попадало на линзу 4 с фокусным расстоянием 11 см, в фокальной плоскости которой сканирующее приемное уст-

ройство 5 с узким апертурным отверстием (0,15 мм с плоскости чертежа и 1 мм в перпендикулярной плоскости) прописывало распределение интенсивности света. В

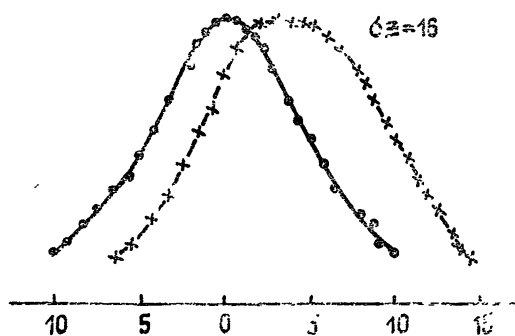


Рис. 5.

качестве регистратора света использовался ФЭУ-62. С фотоумножителя электрический сигнал, усиленный широкополосным усилителем 6, подавался на запоминающий осциллограф С8-12, запускавшийся от синхронизирующего импульса с фотопреобразователя ФК-19. В опытах измерялась амплитуда сигнала на осциллографе, пропорциональная распределению интенсивности света в плоскости чертежа (рис. 1). При каждом положении входного отверстия ФЭУ проводилось усреднение по десяти импульсам. Далее это распределение интенсивности пересчитывалось в угловой спектр света на выходе из мутной среды.

Результаты экспериментов отражены на рис. 3—5. На этих рисунках по горизонтали отложено значение угла, отсчитанное от направления нерассеянных лучей; сплошные кривые соответствуют угловому распределению интенсивности в воде с рассеивателем (без поглотителя), пунктирные — в поглощающей среде при той же концентрации рассеивателя (в первом случае излучение предварительно сильно ослаблялось во вспомогательной кювете 2 для обеспечения линейного режима работы ФЭУ). Во всех опытах концентрация отвара обеспечивала многократное рассеяние; на рис. 3—5 указано значение параметра σz , где σ — показатель рассеяния [4]. Количество поглотителя выбиралось каждый раз таким, чтобы установка работала на пределе чувствительности; в опыте, отраженном на рис. 4, поглотителя несколько меньше, чем на рис. 3, в опыте рис. 5 — его еще меньше. Эти вариации, однако, невелики: значения параметра κz во всех случаях лежат в пределах $22,5 < \kappa z < 24$ (затухание около 100 дБ), где κ — показатель поглощения [4]. Отчетливо видно, что на рис. 4, 5 угловое распределение поля из-за поглощения не только смещается в сторону нормали к поверхности воды, но и расширяется; на рис. 4 это уширение на уровне 0,5 составляет 1,5 раза, на рис. 5 — 1,2 раза. В опыте, соответствующем рис. 3, еще присутствует прямой (нерассеянный) свет, ширина углового спектра которого около $0,4^\circ$. Однако и здесь наряду с изменением формы углового спектра из-за поглощения прослеживается тенденция к его расширению.

Таким образом, результаты эксперимента качественно подтверждают существование эффекта расширения углового спектра излучения в мутной среде из-за регулярного поглощения. Количественное сопоставление с формулами работы [5] провести не удается из-за недостаточно быстрого спада индикатрисы для овсяного отвара, приводящего к расходимости интегралов в формулах малоугловой теории.

В заключение авторы выражают благодарность Н. С. Степанову и Л. С. Долину за полезное обсуждение работы, а также С. В. Гапонову за предоставление возможности проведения экспериментов на уникальном оборудовании и Д. Г. Волгунову, В. А. Односцеву и С. Н. Менсову за помощь при конструировании экспериментальной установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оптика океана — М.: Наука, 1983, т. 1.
2. Иванов А. П. Физические основы гидрооптики — Минск: Наука и техника, 1975.
3. Ерлов Н.: Оптика моря — Л.: Гидрометеонадат, 1980.
4. Долин Л. С. — ДАН СССР, 1981, 260, № 6, с. 1344; — Изв. АН СССР Сер. ФАО, 1983, 19, № 4, с. 400.
5. Гавриленко В. Г., Петров С. С. — Изв. вузов — Радиофизика, 1985, 28, № 11, с. 1408.
6. Гавриленко В. Г., Петров С. С. Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции по взаимодействию электромагнитных излучений с плазмой. — Ташкент, 1985, с. 21.

Горьковский государственный университет

Поступила в редакцию
13 мая 1986 г.