

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА И МЕТОДА МАЛЫХ УГЛОВ РАССЕЙНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОПТИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ (КЛАСТЕРОВ) В БИДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЕ ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Букатый В.И. (v.bukaty@mail.ru), Нестерюк П.И. (p.nesteryuk@mail.ru)

Институт водных и экологических проблем СО РАН

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментов по определению функции распределения по размерам оптических неоднородностей (кластеров) в бидистиллированной воде методом малых углов рассеяния. После действия магнитного поля с магнитной индукцией 1,5 Тл обнаружено изменение размеров частиц.

Ключевые слова: кластер, вода.

Как известно, жидкая вода обладает аномальными свойствами, что большинство ученых связывает с наличием водородных связей между молекулами и особенностью её структуры. Так, например, в работе [1] структура воды рассматривается в виде молекулярных кластеров (ассоциатов, агрегатов) с характерными размерами $\sim 10^{-9}$ м и временем жизни $10^{-11} - 10^{-12}$ с. Однако, в экспериментах [2-4] оптическими методами в очищенной воде обнаружены оптические неоднородности (иногда их называют кластерами) значительно большего размера $\sim (10^{-6} - 10^{-4})$ м и временем жизни несколько секунд. В то же время полученные в [2-4] данные по размерам кластеров заметно отличаются друг от друга, а сведения об их фазовом составе прямо противоположны. Целью нашей работы является создание измерительно-вычислительного комплекса по контролю функции распределения оптических неоднородностей (кластеров) по размерам в бидистиллированной воде на основе теоретического метода малых углов рассеяния [5].

В основе метода лежит экспериментальное определение светового потока $I(\beta)$, рассеянного частицами с функцией распределения их по размерам $f(r)$ от угла рассеяния β . Тогда, следуя [5], можно записать

$$I(\beta) = \frac{I_0}{\beta^2} \int_0^{\infty} f(r) r^2 J_1^2(\rho\beta) dr, \quad (1)$$

где I_0 – интенсивность параллельного пучка света, падающего на частицы (в данном случае, кластеры); J_1 – функция Бесселя первого порядка; $\rho = \frac{2\pi r}{\lambda}$; r – радиус. Примени-

тельно к нашему случаю, когда свет распространяется в воде при наличии частиц (кластеров) $\lambda = \lambda_0 / n$, где λ_0 – длина волны в вакууме, а n – показатель преломления жидкой воды, в которой находятся кластеры.

Окончательно, путем обращения интегрального уравнения (1) в соответствии с работой [5], запишем

$$f(r) = -\frac{C}{r^2} \int_0^\infty F(\rho\beta)\varphi(\beta)d\beta, \quad (2)$$

где $F(\rho, \beta) = \rho\beta I_1(\rho\beta)N_1(\rho\beta)$; $N_1(\rho\beta)$ – функция Неймана первого порядка; $\varphi(\beta) = \frac{d}{d\beta} [I(\beta)\beta^3]$; C – нормировочная постоянная.

Нами был создан измерительно-вычислительный комплекс для определения рассеянного светового потока $I(\beta)$ (рис.1). Источником излучения (1) служил He-Ne-лазер ($\lambda = 632,8\text{нм}$). Регистрация $I(\beta)$ производилась с помощью фотодиодной линейки ФУК1Л1 (7), сигнал с которой поступал на ЭВМ и обрабатывался с помощью специальной программы, разработанной в среде Lab View. Временное разрешение лабораторного комплекса не превышало 0,1с. Измерения рассеянного света производились в фокальной плоскости приемной линзы (5) с фокусным расстоянием $F=32$ см. Для предотвращения попадания прямого пучка на фотодиодную линейку он экранировался темным непрозрачным экраном (6) размером 2,1 мм, что обеспечивало регистрацию рассеянного света под углами, начиная с минимального угла рассеяния $\beta = 14'$. Максимальный угол рассеяния β , регистрируемый с помощью лабораторного комплекса, составлял 5° . Погрешность измерений не превышает 10 %.

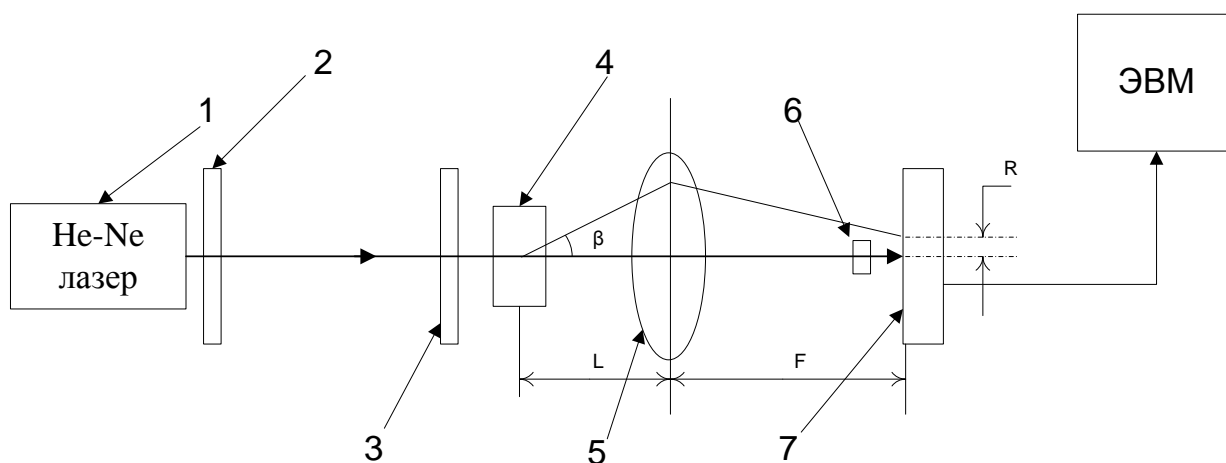


Рис.1. Принципиальная схема измерительно-вычислительного комплекса.

Объектом исследования служила бидистиллированная вода, которая размещалась в кювете (4) длиной 30 мм.

Типичная экспериментальная зависимость рассеянного светового потока $I(\beta)$ от угла рассеяния приведена на рисунке 2, на котором сплошной линией представлена аппроксимирующая функция.

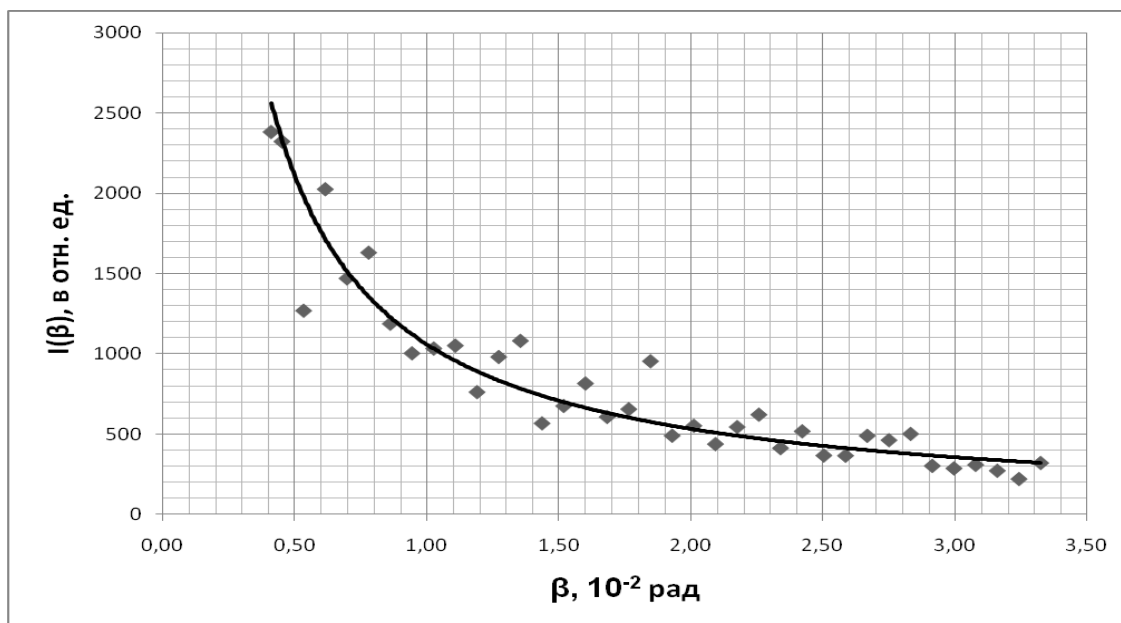


Рис.2. Угловое распределение рассеянного светового потока

Типичные функции распределения для двух случаев приведены на рисунке 3. В первом случае измерения проводились с дважды дистиллированной водой без воздействия (кривая 1) на неё внешнего постоянного магнитного поля (ПМП), во втором случае – после воздействия на неё в течение 30 минут ПМП с магнитной индукцией 1,5 Тл (кривая 2). Видно, что после воздействия число частиц малых размеров заметно уменьшилось. Причины этого изменения могут быть обусловлены влиянием ПМП непосредственно на воду (свойства и структуру) и действием на ионы в воде [6]. Таким образом, измерения функции распределения частиц показали наличие в воде без воздействия постоянного магнитного поля спектра размеров оптических неоднородностей (кластеров) в диапазоне (1,5-6,0) мкм, при этом среднеарифметический радиус составил 2,3 мкм, среднеквадратичный – 2,5 мкм. Для случая воздействия постоянного магнитного поля среднеарифметический радиус составил 2,5 мкм, а среднеквадратичный – 2,8 мкм.

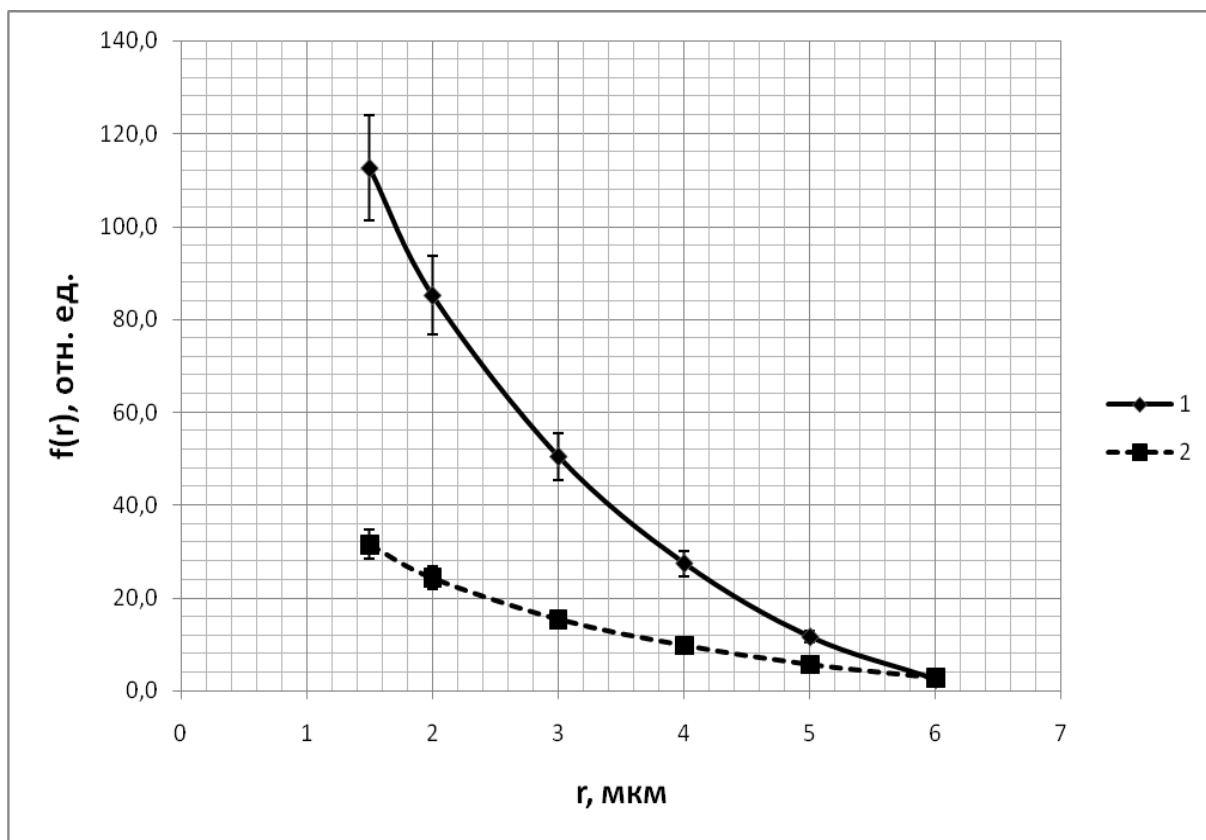


Рис.3. Функции распределения частиц по размерам

Многие исследователи полагают, что данные изменения могут быть вызваны: десорбцией примесей с поверхности сосуда или растворением материала сосуда, повышением растворимости атмосферных газов (в особенности, CO_2) в исследуемой среде, изменением структуры молекул воды и т.д. Проведенный нами анализ физических факторов приводит нас к утверждению, что наиболее вероятной причиной проявления вышеуказанного эффекта является изменение структуры воды, связанное с наличием и динамикой обнаруженных нами кластеров микронного размера.

Список литературы

1. Маленков Г.Г. Структура и динамика жидкой воды // Журнал структурной химии. Т.47. 2006. -С. 5-35.
1. 2.Смирнов А.Н., Лапшин В.Б., Балышев А.В. и др. Структура воды: гигантские гетерофазные кластеры воды // Химия и технология воды. Т. 27. № 2. 2005. -С. 111-136.
2. Коваленко В.Ф., Левченко П.Г., Шутов С.В. Кластерная природа светорассеяния воды //Биомедицинская радиоэлектроника. № 5. 2008. –С. 36-45.

3. Бункин Н.Ф., Суязов Н.В., Ципенюк Д.Ю. Малоугловое рассеяние лазерного излучения на стабильных образованиях микронного масштаба в дважды дистиллированной воде // Квантовая электроника. Т. 35. № 2. 2005. – С. 180-184.
4. Байвель Л.П., Лагунов А.С. Измерение и контроль дисперсности частиц методом светорассеяния под малыми углами // М.: Энергия, 1977. -86 с.
5. Мокроусов Г.М., Горленко Н.П. Физико-химические процессы в магнитном поле // Томск. 1988. – 128 с.