

Введение

Все живые системы любого уровня организации (от клеточного до организменного) в большей степени состоят из воды. Поэтому исследование структурных свойств воды, изменения свойств под действием различных физических факторов, представляет собой актуальную задачу. Вода в жидком состоянии обладает сложной структурой и имеет много особенностей, механизмы проявления которых до сих пор до конца не выяснены. Из-за наличия в воде водородных связей, она способна к самоорганизации. К настоящему времени было проведено большое количество исследований, в ходе которых было выдвинуто различные теории о структуре воды. Предположение о том, что наличие водородных связей между молекулами воды приводит к возникновению устойчивых молекулярных образований (так называемых водных кластеров или комплексов) является сейчас общепринятой точкой зрения. Простейшими примерами такого кластера могут служить димер, тример (и т.д.) воды.

На сегодняшний день проблема организации и строения воды приобрела особую актуальность, например, для медицины, так как активность лекарственных препаратов будет зависеть от того, в какой структурной форме находится вода и как внешние факторы влияют на ее свойство.

Целью данной работы является исследовать водные кластеры и экспериментально, с помощью метода лазерного спекл-анализа контрастности, изучить размер и динамику единичных водных кластеров.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить метода лазерного спекл-анализа контрастности;
- изучить особенности кластерных структур в воде;
- найти водные кластеры в дистиллированной воде с помощью метода спекл микроскопии и изучить их свойства и динамику;
- анализировать и обработать результаты и построить диаграммы по полученным экспериментально данным.

Теоретическая база исследований сформирована публикациями и работами, посвященными темам исследования водных кластеров и лазерного спекл анализа

Структура и объем работы: по своей структуре работа состоит из введения, 3-х глав, заключения и списка используемых источников. Работа изложена на 35-ти страницах машинописного текста, содержит 20 рисунков и список литературы из 42-х наименований.

Основное содержание работы:

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы и решаемых задач, а также формулируются цель и задачи исследования.

В первой главе рассматриваются спекл структуры и их свойства. В начале 1960-х годов учёными и первыми пользователями лазеров было замечено, что когда лазерный свет падает на матовую поверхность, такую как бумага или неполированный металл, то виден высококонтрастный зернистый рисунок, на котором трудно сфокусироваться. Сначала эффект был назван «зернистость», но вскоре название спекл стало более популярным.

Когерентный свет, рассеянный из группы, случайным образом распределенных частиц, создает характерную случайную интерференционную картину. Если оптическая система используется для изображения поля рассеивающих частиц, и если отдельные частицы слишком малы для решения системы изображения, то наблюдаемое изображение состоит из спекл узоров. Интенсивность, наблюдаемая в любой точке такого изображения, не является определённой и может быть описана только статистически. Свойство «полностью развитой» (идеальной) спекл-структуры состоит в том, что стандартное отклонение пространственных вариаций интенсивности равно средней интенсивности.

Для неспецифических спекл-структур отношение стандартного отклонения к средней интенсивности может быть использовано как мера контрастности рисунка:

$$\text{Спекл-контраст: } K = \sigma_y / \langle I \rangle. \quad (1)$$

Во второй главе рассматривается кластерная модель строения воды, свойства воды, а также влияние переменного поля на водную среду.

Молекула воды состоит из двух атомов водорода, электроны которых образуют пары с электронами атома кислорода. Эти электронные пары образуют полярные ковалентные связи между атомами водорода и кислорода, а две другие электронные пары не образуют никаких связей и остаются свободными.

Согласно модели «мерцающих» кластеров, в пределах воды кластеры могут произвольно организовываться и расформировываться за счет совместного разрыва между молекулами, образующими кластеры, водородных связей. Кроме того, было отмечено, что время жизни этих «мерцающих» кластеров весьма невелико – оно колеблется в диапазоне от 10^{-11} до 10^{-9} с. Вследствие столь небольшого времени жизни кластеров вода, по сути, не имеет постоянной структуры – кластеры постоянно образуются и разрушаются.

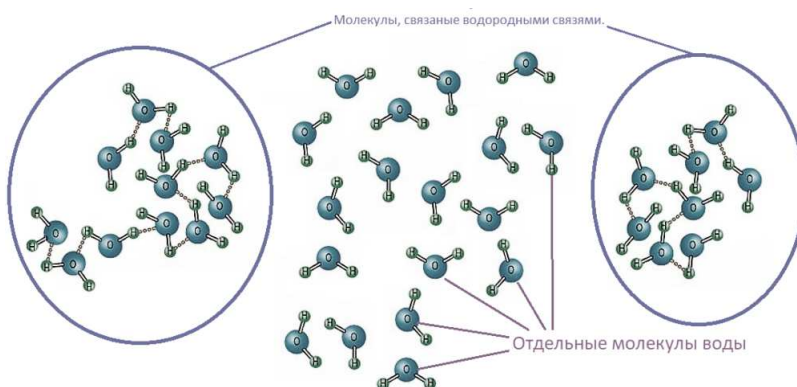


Рисунок 1. Модель воды кластерного типа

В третьей главе представлено непосредственно исследование динамики единичных водных кластеров и их размеров.

В настоящей работе было исследовано наличие структурных образований в дистиллированной воде, их средний размер. Для выявления структур, которые отличаются только показателем преломления от всей воды или иной жидкости в объеме, применялся метод, основанный на анализе динамических спекл-структур. С помощью метода лазерного спекл-анализа можно определить наличие микрообъектов и проводить измерения с достаточно высокой точностью. Движение от рассеивающих частиц, таких как водные кластеры в дистиллированной воде, в освещенной среде лазерным светом красного цвета приводит к пространственным и временным изменениям спекл-картины. Метод также может использоваться для относительного измерения скорости появления и движения кластеров в исследуемой плоскости.

Для этого исследования были проведены серии экспериментов на установке, изображённой на рисунке 2. Экспериментальная установка включала в себя: газовый лазер атомарного типа - ЛГН-113 #49 90.02 предназначенный для использования в качестве источника когерентного монохроматического излучения в красной и ближней инфракрасной областях спектра, бинокулярный микроскоп БИОЛАМ М с увеличением 6х и кварцевая кювета с длиной оптического пути 4 см наполненная дистиллированной водой.

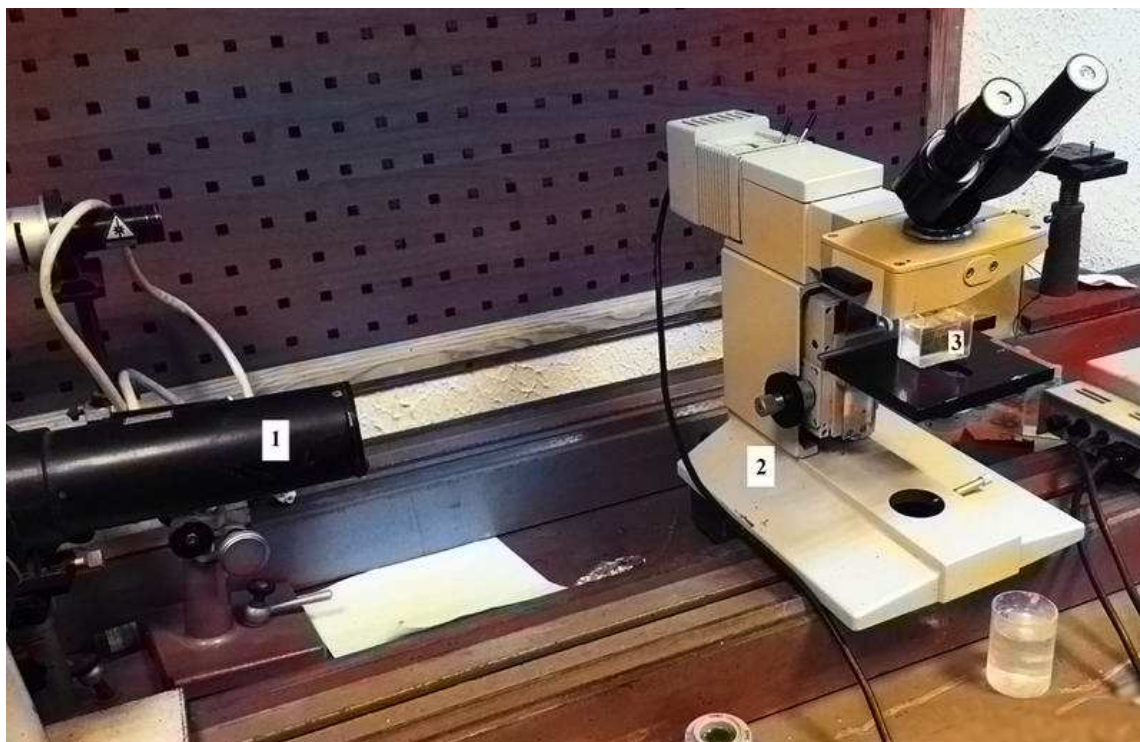


Рисунок 2. Общий вид экспериментальной установки. 1 - лазер ЛГН-113 #49 90.02, 2 - бинокулярный микроскоп БИОЛАМ М, 3 - кювета с дистиллированной водой.

Перед началом эксперимента была произведена юстировка микроскопа. Было найдено оптимальное расстояние от исследуемого объекта до объектива, на котором максимально чётко можно было увидеть поверхность объекта для юстировки при освещении его белым светом (рисунок 3а). Далее, была произведена юстировка лазера и вместо белого света на объект был направлен лазерный пучок с длиной волны 630нм, диаметром лазерного пучка около 0,5 мм и мощностью 15мВт на расстоянии ~30 см. Объект стал виден в красном лазерном излучении (рисунок 3б).

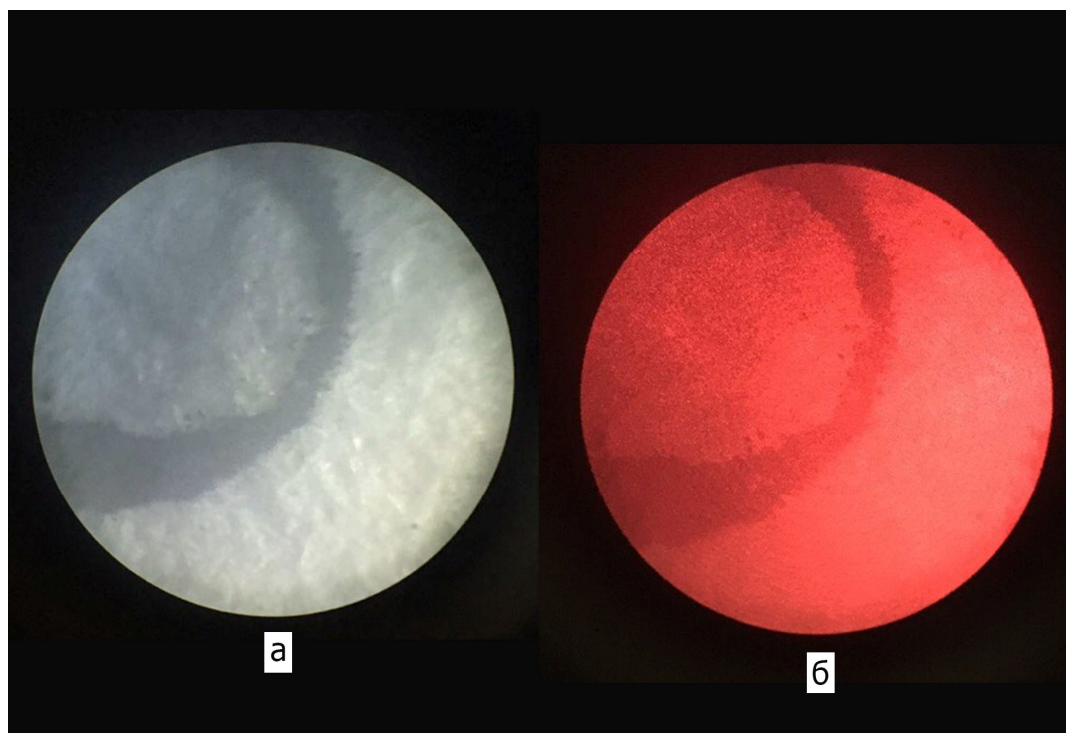


Рисунок 3. Изображение объекта для юстировки на оптимальном расстоянии до объектива при освещении его белым светом(а) и лазерным излучением(б).

После юстировки для исследования была использована кварцевая кювета, наполненная дистиллированной водой. Далее кювета с исследуемой жидкостью была снята при освещении белым светом (рисунок 4). Освещение белым светом не дало результата и водные кластеры не были видны.

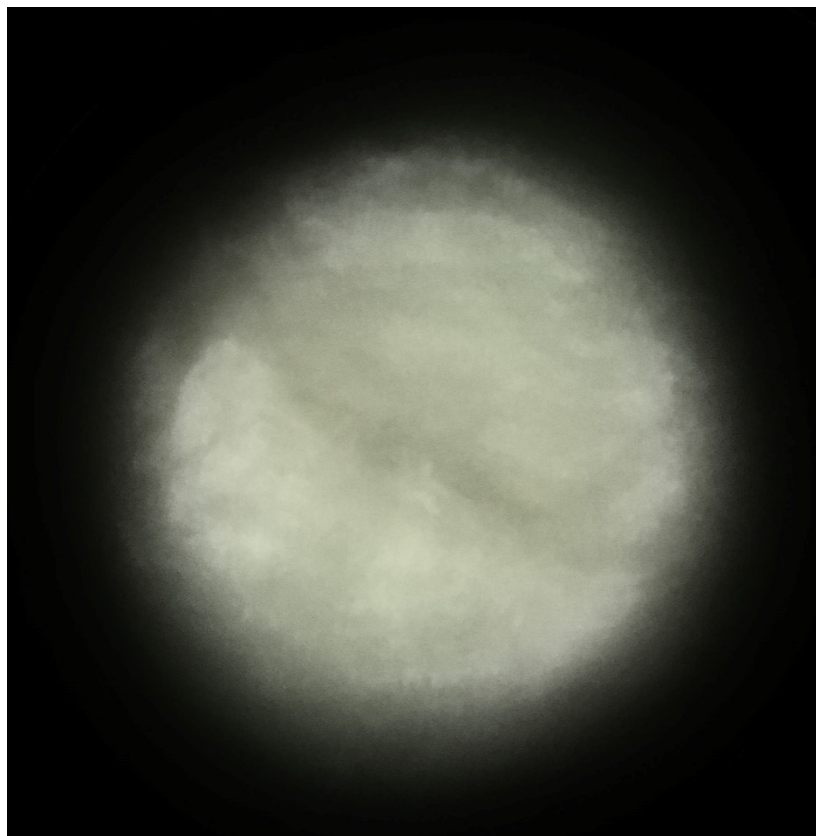


Рисунок 4. Освещение кюветы с дистиллированной водой белым светом.

При освещении кюветы лазерным светом водные кластеры были видны невооружённым глазом (рисунок 5а). Так же кластеры удалось обнаружить при помощи микроскопа (рисунок 5б). На полученных изображениях были запечатлены находящиеся в воде кластеры, на которых рассеивался лазерный пучок. Такое рассеивание сопровождалось мерцанием зарегистрированных динамических спеклов. Это говорит о том, что внутренняя пространственная структура кластеров претерпевает временные изменения.

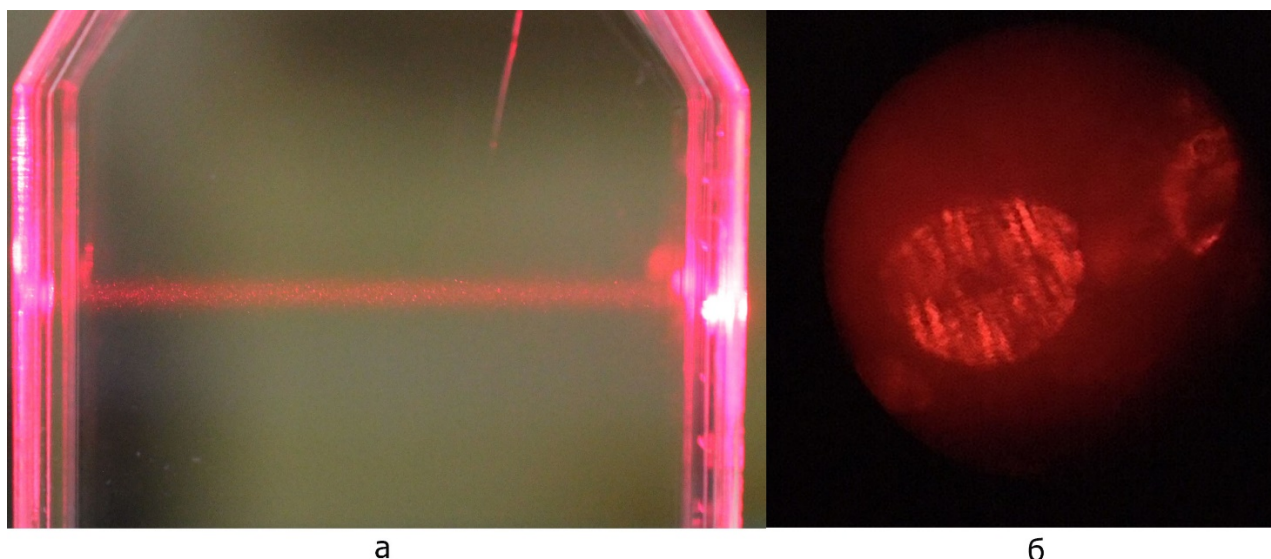


Рисунок 5. Спекл структуры, рассеянные водными кластерами. (а) невооружённым глазом. (б) при увеличении микроскопом.

За время наблюдения за единичными кластерными структурами было зарегистрировано 11 кластеров. В ходе дальнейшего исследования были получены их размеры и траектории движения относительно лазерного пучка. Размеры колебались от $\sim 80\text{мкм}$ до $\sim 160\text{мкм}$. Объектам было присуще движение по направлению распространения лазерного пучка, вверх и вниз относительно лазерного луча и движение в сторону толщи воды.

На основе полученных данных при помощи программы Microsoft Office Excel была построена диаграмма зависимости количества кластерных структур от их размеров. Результат представлен на рисунке 6. По оси Y размеры, по оси X количество кластерных структур.

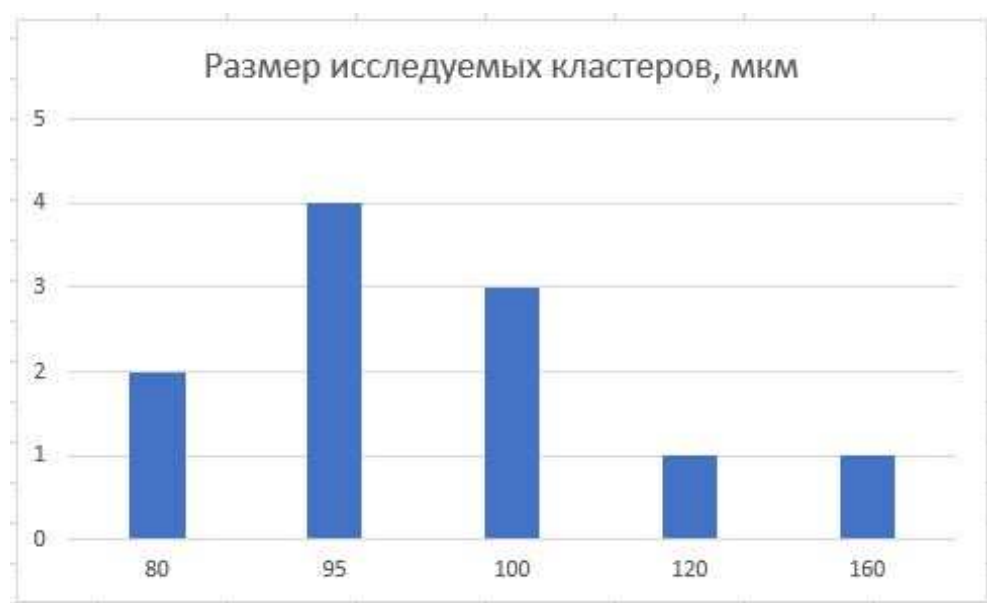


Рисунок 6. График общего количества кластерных структур и их размеров после обработки.

Для более точного подсчёта кластерных структур и их размеров была собрана установка позволяющая исследовать образцы прозрачных веществ, с возможностью выделять тонкий слой образца в объеме. Кювету с водой фиксировали в штативе. Использовалась кварцевая кювета, с длиной оптического пути 4 см. Сквозь кювету проходил луч красного лазерного диода с диаметром лазерного пучка около 1 мм на расстоянии ~100 мм. Процесс прохождения лазерного пучка через кювету регистрировался с помощью фотокамеры Canon EOS 1100D с установленным объективом Sigma DG MACRO 50-105mm f/3.5-5.6. Схема установки представлена на рисунке 7.

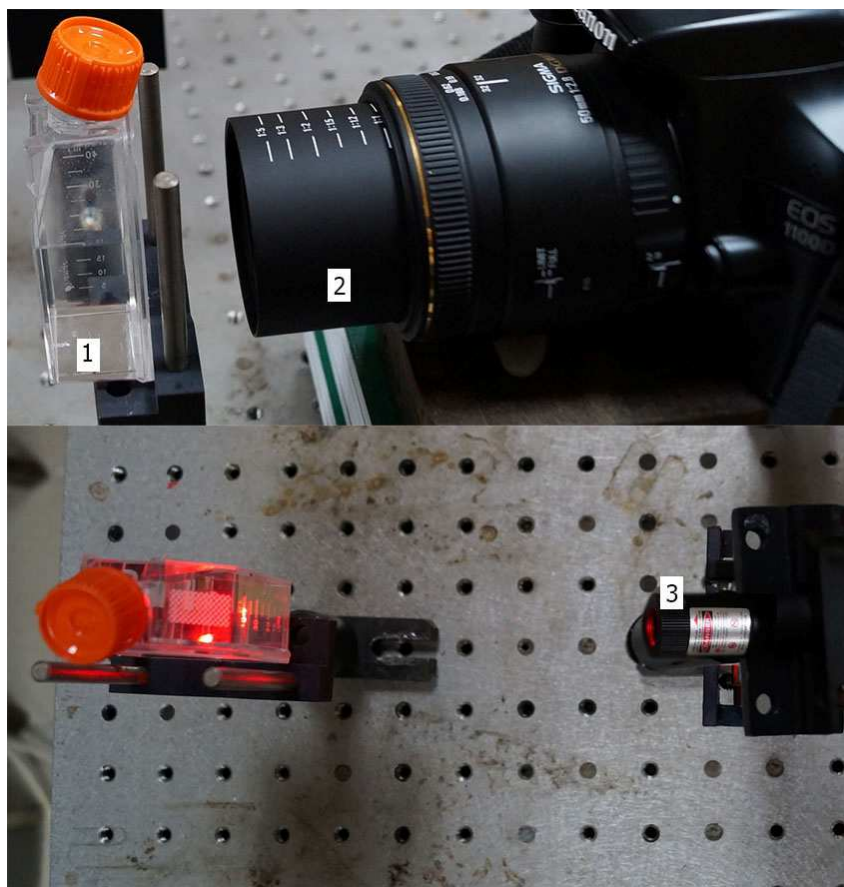


Рисунок 7. Общий вид экспериментальной установки. 1 - кювета с дистиллированной водой, 2 – фотокамера, 3 – лазер.

Полученные кадры были конвертированы в формат BMP для работы в программе «ImageAn». Программа «ImageAn» служит для контроля размеров микро- и нанометровых структур. Как и ранее, на кадрах были запечатлены находящиеся в воде кластеры, на которых рассеивался лазерный пучок. Рассеивание так же сопровождалось мерцанием спеклов. Ниже, на рисунках 8, 9 и 10 представлены изображения, полученные при съёмке на фотокамеру, обработанные в программе «ImageAn» и результаты анализа изображения, так же обработанного в программе «ImageAn».

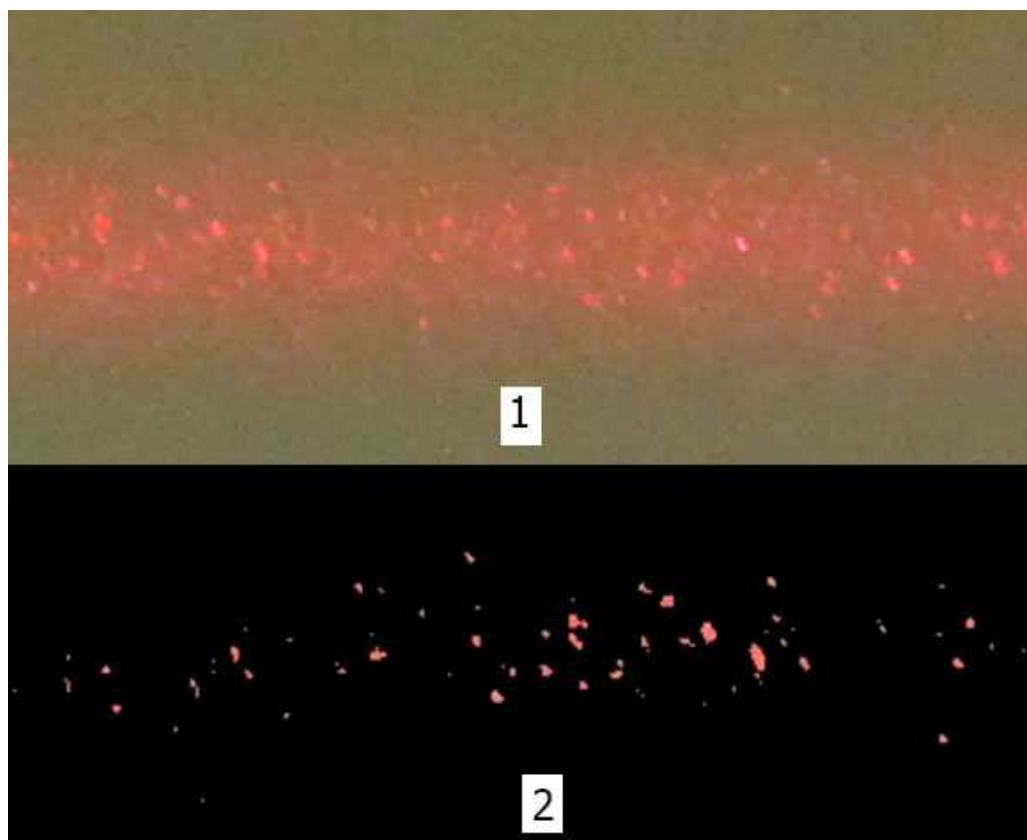


Рисунок 8. Изображения, полученные при съёмке на фотокамеру (1), изображения, обработанные в программе «ImageAn» (2).

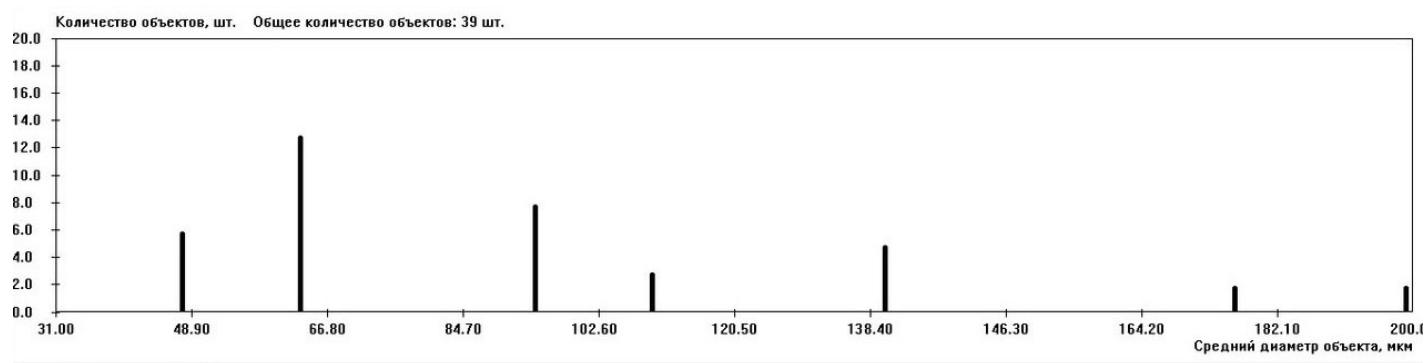


Рисунок 9. График общего количества кластерных структур и их размеров, после обработки в программе «ImageAn».

Результаты анализа изображения.

Суммарная статистика по всем изображениям.

Объектов размером 47.61	мкм	6 шт.
Объектов размером 63.19	мкм	13 шт.
Объектов размером 94.10	мкм	8 шт.
Объектов размером 109.51	мкм	3 шт.
Объектов размером 140.29	мкм	5 шт.
Объектов размером 176.42	мкм	2 шт.
Объектов размером 199.03	мкм	2 шт.

Общее количество объектов на обработанных изображениях 39 шт.

Средний размер объектов 94.38 мкм

Рисунок 10. Результаты анализа изображения, обработанные в программе «ImageAn».

Заключение

В ходе выпускной квалификационной работы были выполнены следующие задачи: был изучен метод лазерного спекл-анализа контрастности и особенности кластерных структур в воде, были найдены водные кластеры в дистиллированной воде с помощью метода спекл микроскопии и изучены их свойства и динамика, полученные экспериментально результаты были анализированы и обработаны, по полученным данным были построены диаграммы, позволяющие сделать вывод о размерах и динамике как единичных водных кластеров, так и исследуемой группы водных кластеров. Из результатов был сделан вывод, что размеры кластерных структур в дистиллированной воде колеблются в пределах от ~47мкм до ~199мкм, средний размер объекта составил ~94мкм. Динамика движения происходит по направлению распространения лазерного пучка, вверх и вниз относительно лазерного луча и в сторону толщи воды в обоих случаях проведения эксперимента.

Проблема организации и строения воды имеет большую значимость. На сегодняшний день она приобрела особую актуальность в совершенно разных сферах, в том числе таких актуальных для исследования как медицина, так как активность лекарственных препаратов будет зависеть от того, в какой структурной форме находится вода и как внешние факторы влияют на ее свойство.