

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.  
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра медицинской физики

**Тема: Визуализация структурных образований в дистиллированной воде  
лазерным излучением различных длин волн  
АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 462 группы

направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»  
код и наименование направления

факультета нано- и биомедицинских технологий  
наименование факультета

Воеводина Александра Сергеевича  
фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

д.ф.-м.н., профессор  
должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_ подпись, дата

С.С. Ульянов  
инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., профессор  
должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_ подпись, дата

А.В. Скрипаль  
инициалы, фамилия

Саратов 2019

## Введение

Вода наиболее распространенная субстанция на нашей планете и обязательный попутчик нашей жизни, поэтому космические зонды ищут на других небесных телах в первую очередь признаки наличия воды. Её физико-химические свойства согласно сопоставлению, с другими жидкостями, возможно, самые необычные, ведь вода – это, своего рода, строительный материал, который применяется в целях формирования всего живого на нашей планете, и среды, в которой происходят все эти жизненно важные процессы. А кроме того, вода – это вещество, которое «удаляет» из организма разнообразные вредоносные для него вещества. В зависимости от химического и фазового состояний, воздействие воды на разнообразные организмы может быть не только лишь положительным, но и отрицательным. Аномальные особенности воды были обнаружены учёными в следствии сложных и продолжительных исследований. В 1891 году широко известный физик Рентген, проанализировал популярные к тому времени экспериментальные данные, предложил модель, в которой вода предполагает собою соединение двух структур, обладающих различными плотностями. За прошедшее время было открыто 16 кристаллических форм льда (в среднем по одной за каждые 8 лет), таким образом, то что концепция, предложенная Рентгеном, уже давно прекратила выглядеть неправдоподобной. И на этом вода не перестает показывать нам свои необычные свойства и способности.

Эти особенности привычны и естественны в нашей жизни, что мы даже никак не подозреваем об их присутствии. Таким образом, мне представилась возможность исследовать структурные образования в водной среде называемыми – кластеры воды. Поэтому тема моей выпускной квалификационной работы представляется актуальным. Вода имеет множество свойств, как уже было сказано выше и все эти необычные свойства воды указывают нам на то, что атомы молекул воды крепко связаны друг с другом посредством водородных связей.

Существование этих самых водородных взаимосвязей среди молекул воды приводит к возникновению устойчивых молекулярных образований (в частности именуемых водными кластерами или комплексами) считается в настоящее время общепризнанной точкой зрения. Простыми примерами такого кластера могут служить димер, тример воды.

Требовалось разобраться, что же такое кластер и каков его состав и строение. Возможно ли, что это никакие не водные структуры, а всего лишь пузырьки воздуха, с которыми легко можно спутать водные кластеры. Существует суждение о том, что в водной среде одно и то же время присутствуют кластерные образования с широким диапазоном значений среднего диаметра. Фиксируемый средний диаметр объектов непосредственно пропорционален длине волны используемого для обнаружения этих структур лазерного излучения. Использование при измерении более коротковолнового лазера дает возможность обнаружить структуры с наименьшим диаметров, в следствии увеличивается общее количество регистрируемых структур.

#### **Актуальность темы:**

Актуальность этой работы несет довольно большую значимость поскольку существует вопрос в организации и строения воды для понимания функционирования живых организмов в целом. В настоящее время эта проблема приобрела особую актуальность, например, для медицины в частности, потому что активность лекарственных препаратов может зависеть от того, в какой структурной форме находится вода и как внешние факторы влияют на ее свойства.

Над этими вопросами я провел исследования в лаборатории моей кафедры и предоставил всю собранную мной информацию в этой работе.

### **Цели и задачи работы:**

Целью данной работы представляется обнаружение особенностей проявления наблюдавшихся в воде структур, визуализированных при прохождении через воду излучения гелий-неонового лазера ЛГН-205 (632,8 нанометров «красный цвет»), и при использовании в качестве зондирующего излучения лазера меньшей длины волны (LR-014, 532 нанометров «зеленый цвет»).

Можно было ожидать в данном случае увеличения разрешающей способности метода, а, следовательно, и увеличения объема получаемой при измерениях данных.

Поставлены следующие задачи:

- 1) анализ теории о структурных образованиях воды и освещение предположения о обнаружении кластеров с помощью выявленного метода;
- 2) освещение кюветы с водой лазерами разных длин волн в одной и той же плоскости, для того чтобы подсветить кластерные структуры в воде и систематизировать полученные данные;
- 3) фиксация в одной и той же плоскости лазерные пучки, для выявления состоятельности теории об особенностях проявления водных кластеров, при освещении последних в одной плоскости источниками излучения различной длины волны;
- 4) анализ, обработка результатов и построение диаграмм по полученным данным;

Теоретическая база исследований сформирована публикациями и работами, посвященными темам исследования структурных водных образований, именуемых водными кластерами, а также зависимость их детектирования с помощью лазерного излучения различных длин волн.

Структура и объем работы: по своей структуре работа состоит из введения, определений, обозначений и сокращений, 2-х глав, заключения и списка используемых источников. Работа изложена на 37-ми страницах машинописного текста, содержит 19 рисунков и список литературы из 32 наименований.

### Основное содержание работы:

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

В первой главе рассматривается кластерная модель строения воды, свойства воды, а также основные физические и химические характеристики воды, количество молекул в одном кластере.

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 кластерной модели воды, в пределах воды кластеры могут произвольно организовываться и расформировываться за счет совместного разрыва между молекулами, образующими кластеры, водородных связей. Время жизни кластеров имеет разный промежуток, от  $10^{-9}$  до нескольких секунд, поэтому такой отрезок небольшого времени, по сути, обосновывает непостоянные структуры – кластеры постоянно образуются и разрушаются.

Молекулы воды, их ассоциаты, в число которых могут входить бабстонные кластеры, непрерывно совершают колебательные движения, которым соответствуют определенные значения энергии этого колебательного движения. Существует суждение о том, что в водной среде одно и тоже время присутствуют кластерные образования с широким диапазоном значений среднего диаметра. Фиксируемый средний диаметр объектов непосредственно пропорционален длине волны используемого для обнаружения этих структур лазерного излучения. Использование при измерении более коротковолнового лазера дает возможность обнаружить структуры с наименьшим диаметров, в следствии увеличивается общее количество регистрируемых структур.

Во второй главе было проведено исследование о связи проявления структурных образований в воде, называемых водными кластерами, с длинами волн двух источников лазерного излучения, которые использовались для освещения кюветы с дистиллированной водой для выявления этих структурных образований.

Эксперимент проходил в лаборатории кафедры и для выполнения работы были составлены определенные требования:

- 1) Это чистота. Требование к практически стерильному оборудованию в особенности емкости, поскольку недопустимо попадание в исследуемая жидкость инородных тел (пыли, грязи и различные мелкие частицы). Поскольку это может внести помехи в исследования кластеров и помешать точно детектировать их размеры и количество.
- 2) Это вода. Подходит использование дистиллированной или би-дистиллированной воды, то есть вода высокой очистки, также чтобы структурная форма воды была неизменна внешними воздействиями для того, чтобы не было помех в исследовании.
- 4) Это темнота. В полной темноте с помощью цифрового фотоаппарата Canon EOS 1100D с установленным объективом Sigma DG MACRO 50-105mm f/3.5-5.6 сфокусироваться и заснять кластеры. Размеры которых варьируются от 200 мкм – гигантские кластеры до 5-10 мкм.

Для того чтобы можно было увидеть наблюдаемые водные структуры я визуализировал их с помощью прохождения через дистиллированную воду и кювету излучения лазера (ЛГН-205, 632,8 нм «красный цвет»), и лазера меньшей длины волны (LR-014, 532 нм «зеленый цвет»).

Была совершена юстировка лазеров с помощью светоделительного кубика, то есть такое решение требовалось для геометрической настройки лазерных пучков так, чтобы их точки входы и выхода из кюветы совпадали.

На рисунке изображена экспериментальная установка цифровыми с обозначениями



Рисунок 1. Экспериментальная установка

- 1 LR-014, 532 нм «зеленый цвет» с диаметром пучка 1 мм и мощностью 100 мВт;
- 2 ЛГН-205, 632,8 нм «красный цвет» и с диаметров пучка 1мм и мощностью 5 мВт;
- 3 Светоделительный кубик, для геометрической настройки лазерных пучков так, чтобы их точки входы и выхода из кюветы совпадали;
- 4 Кювета с дистиллированной водой;

Фотокамера Canon EOS 1100D с установленным объективом Sigma DG MACRO 50-105mm f/3.5-5.6

На кадрах были запечатлены структуры, находящиеся в дистиллированной воде. При прохождении двух лучей лазерного диода красного и зеленого цвета через толщу воды, они рассеивался на объектах. Такое рассеивание сопровождалось мерцанием света и это говорит о том, что

большая часть структур находилась в динамике. Кроме всего прочего, объектам было присуще движение в пространстве перпендикулярно лазерному пучку, полученный кадр представлен ниже.

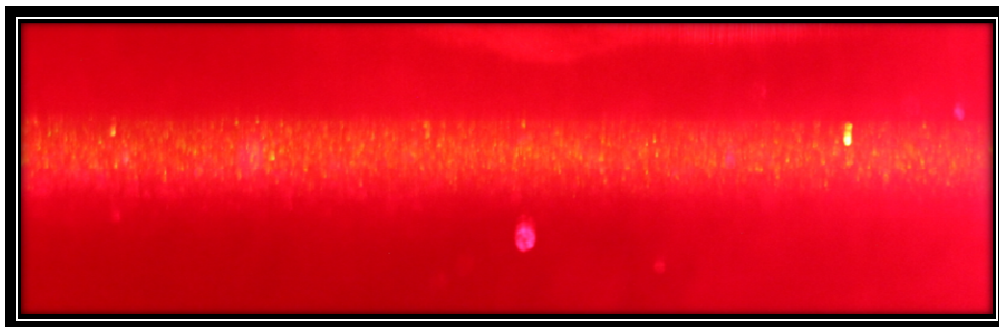


Рисунок 15. Необработанный кадр полученный при свечении на кювету сразу двумя лазерами разных длин волн.

Далее потребовалось произвести зачистку кадра с помощью разработанной программой ImageAn, результат обработки приведен ниже. Были заданы эталонные размеры о 10-20 мкм минимальный размер и произведена обработка участка размеров 1 сантиметр.

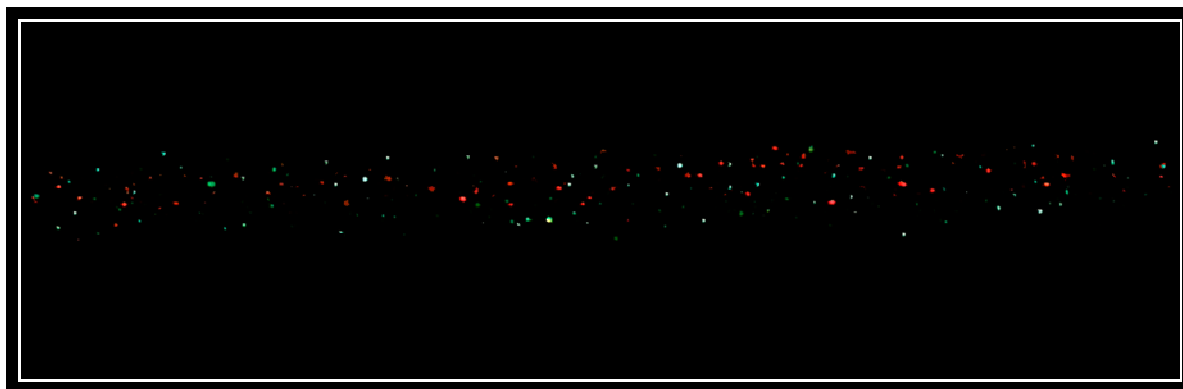


Рисунок 16. Подсветка кластеров сразу двумя лазерами

Также были получены фотографии лазерных пучков красного и зеленого цвета по отдельности в одной и той же плоскости и представлены ниже.



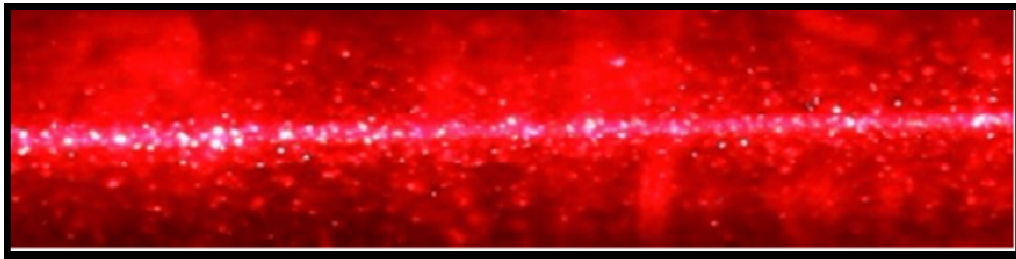


Рисунок 17. Фото пучка красного лазера

Фотография - ЛГН-205, 632,8 нм «красный цвет» и с диаметров пучка 1мм и мощностью 5 мВт.

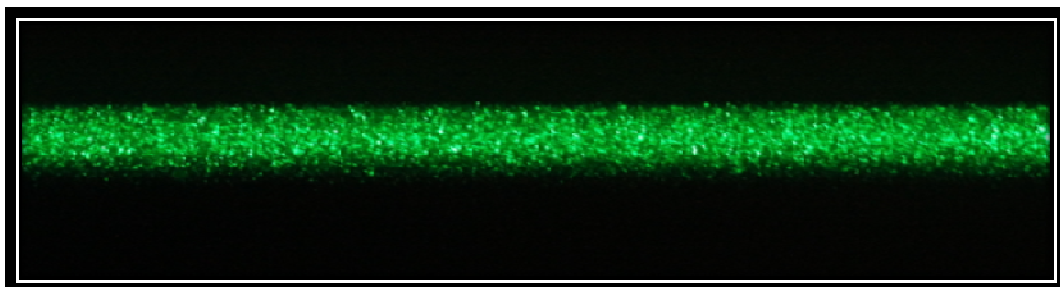


Рисунок 18. Фото пучка зеленого лазера

Фотография - LR-014, 532 нм «зеленый цвет» с диаметром пучка 1 мм и мощностью 100 мВт.

Далее показаны уже полученные изображения после обработки с помощью программы ImageAn, фотографии были переведены в формат bmp и отфильтрованы от помех и графически подсвечены обнаруженные программой водные структуры

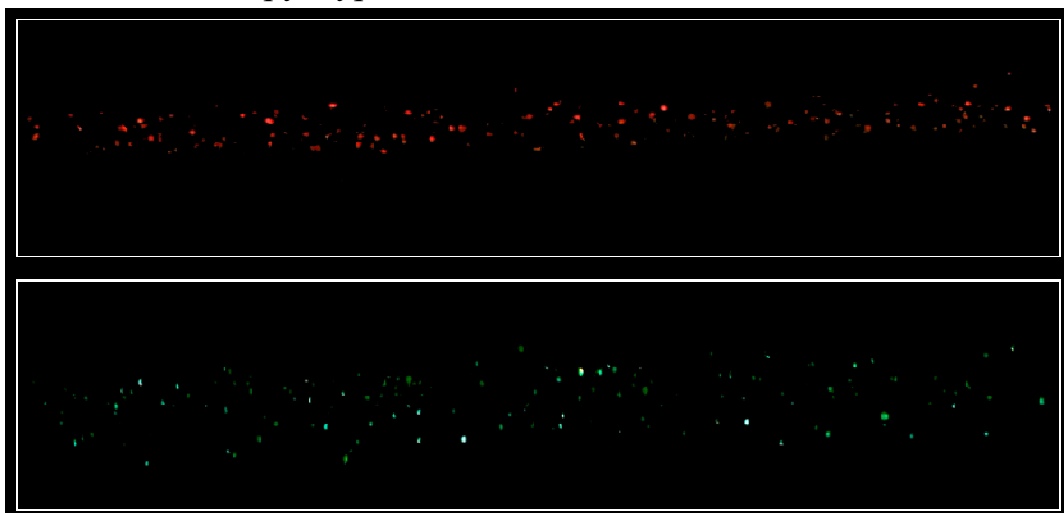


Рисунок 16. Пучки лазеров по отдельности

Теперь графики и результаты, полученные подсчитанные программой для красного лазера на участке длиной 1 сантиметр:

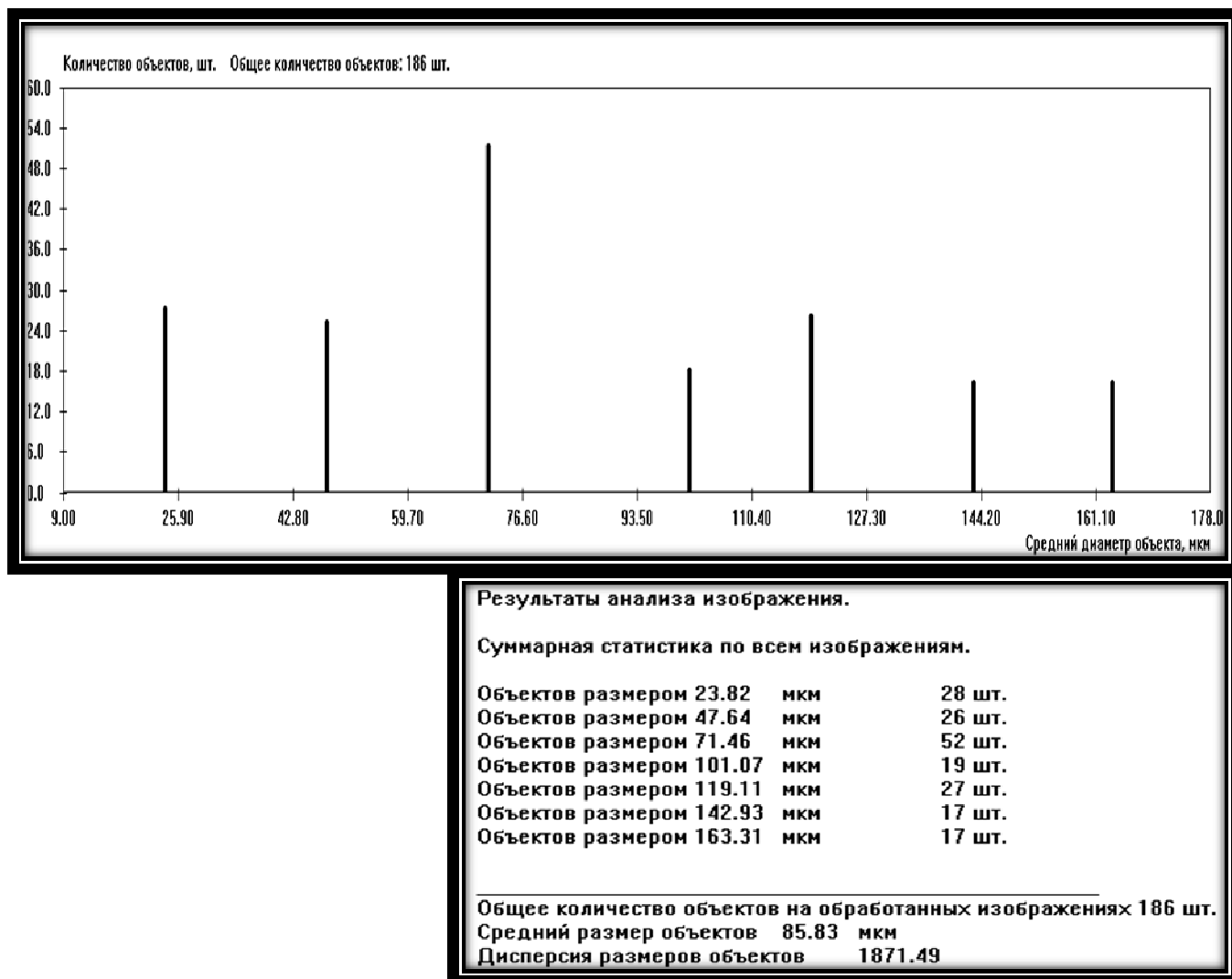


Рисунок 17. Результаты ЛГН-205, 632,8 нм «красный цвет» и с диаметров пучка 1мм и мощностью 5 мВт

В ходе обработки полученных изображений было выяснено, что количество и размер наблюдаемых объектов, для каждой длины волны лазера, различны. Так при освещении только лазером ЛГН-205 средний диаметр кластера составлял 85,83 мкм. При этом количество структур в рассматриваемой плоскости кюветы составляло около 186 шт.

Графики и результаты, полученные подсчитанные программой для пучка зеленого лазера на участке длиной 1 сантиметр:

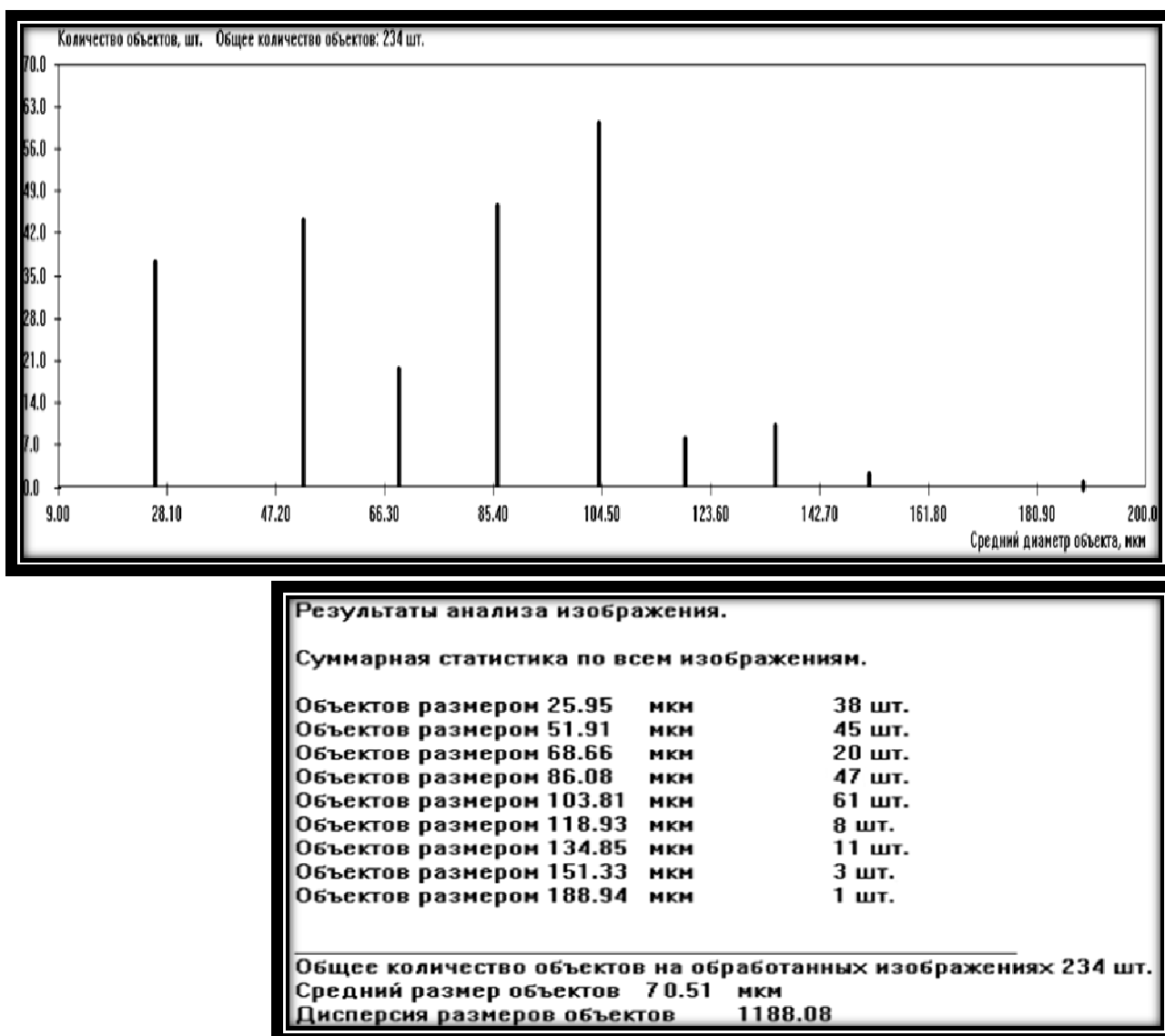


Рисунок 18. Результаты LR-014, 532 нм «зеленый цвет» с диаметром пучка 1 мм и мощностью 100 мВт.

При освещении воды лазером LR-014, средний диаметр кластеров составлял 70,51 мкм, что на 17,8% меньше среднего диаметра структур, наблюдаемых для лазера ЛГН-205.

При этом их общее количество составляло 234 кластера, что на 20,5% больше, чем при использовании излучения ЛГН-205. Таким образом, число визуализированных кластеров возросло при использовании лазерного излучения с меньшей длиной волны.

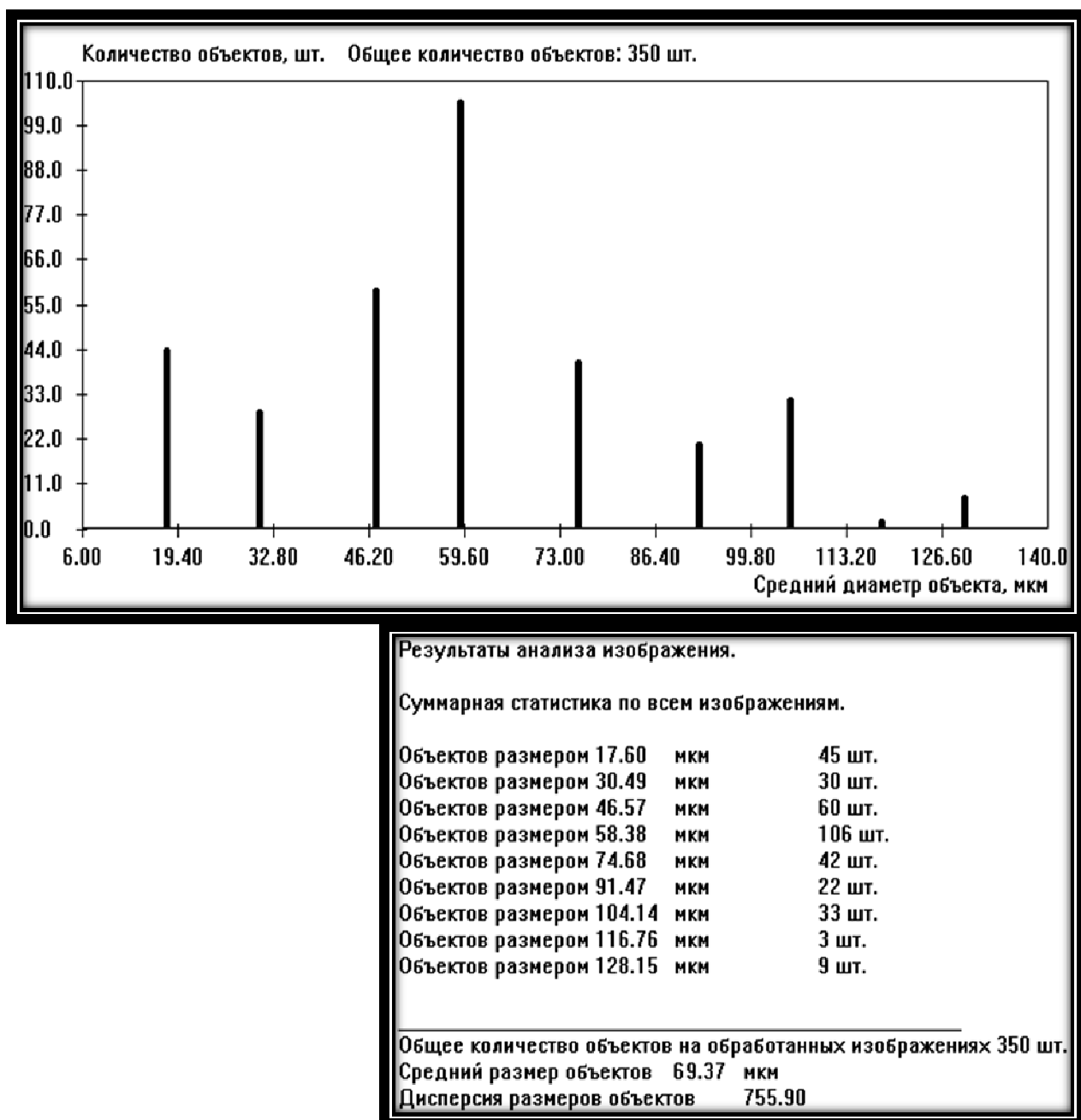


Рисунок 19. Результаты наблюдаемых структур в режиме одновременного освещения двумя типами лазеров.

Ещё также рассматривался режим одновременного прохождения двух видов лазерного излучения сквозь кювету с дистиллированной водой. Выше представлена гистограмма распределения количества структур в зависимости от диаметра объекта. После обработки изображений количество объектов равнялось 350 шт., со средним диаметром, равным 69,37 мкм.

Был произведен расчёт коэффициента пропорциональности:

- $D_k$  – средний диаметр структур при регистрации лазером ЛГН-205,
- $D_3$  – средний диаметр структур при регистрации лазером LR-014,
- $\lambda_k, \lambda_3$  – длины волн лазерного излучения, соответственно, можно получить коэффициент пропорциональности:

$$\frac{D_k}{D_3} = \frac{\lambda_k}{\lambda_3} \approx 1.2$$

Коэффициент пропорциональности у них получился одинаковым поэтому полученный результат позволяет заключить, что регистрируемый средний диаметр объектов прямо пропорционален длине волны используемого для обнаружения структур лазерного излучения.

## Заключение

После успешного проведения эксперимента и обработки полученных материалов результаты экспериментов прояснили следующее: что в водной среде одновременно существуют кластерные образования с широким спектром значений среднего диаметра и составил ~70 микрометров, чтобы этот размер был более нагляден хочу привести факт о том, что толщина человеческого волоса от 40 до 120 микрометров. Следующее что я заключил, это использование при измерении более коротковолнового лазера позволяет выявить структуры с меньшим диаметром, в результате возрастает общее число регистрируемых структур, соответственно этому ведет к повышению информативности метода исследования водных структур.

В доказательство этому приведены полученные данные по экспериментам с двумя лазерами разных длин волн:

- зеленым лазером длина волны которого является 532 нанометра было выявлено 234 водных структуры на участке длиной 1 сантиметр, что на 20,5 % больше чем результаты;

- полученные с помощью красного лазера, длина волны которого является 632 нанометра и им было выявлено 186 водных структур на участке длиной 1 сантиметр;

Проблема организации воды несет довольно большую значимость в исследованиях и науке в целом, поскольку существует вопрос в организации и строения воды для понимания функционирования живых организмов в целом. В настоящее время эта проблема приобрела особую актуальность, например, для медицины в частности, потому что активность лекарственных препаратов может зависеть от того, в какой структурной форме находится вода и как внешние факторы влияют на ее свойства.

Пройдя преддипломную практику, мы выполнили поставленные перед собой задачи, а именно: выполнили практическую часть выпускной работы, обсудили полученные результаты и описали эксперимент.