

КОНФЕРЕНЦИЯ С

**ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ
И ОКЕАНА ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЖИРОВЫХ ЧАСТИЦ В МОЛОЧНОЙ СУСПЕНЗИИ НА ПРОПУСКАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Климашевская А.О., Брюханова В.В., Ни Е.В., Москаленко В.Д.

Национальный Исследовательский Томский Государственный Университет

Ленина 36, 634050, г. Томск, Россия

e-mail: annaklim98@mail.ru, leo@mail.tsu.ru, wolf.ni@yandex.ru, irreproachable17@bk.ru.

Ключевые слова: лазерное зондирование, суспензия, поляризационные измерения.

Распространение оптического излучения в плотных средах сопровождается многократным рассеянием света, учет которого может существенно сказаться на точности определения геометрических, оптических и микрофизических характеристик исследуемой среды. Известно, что многократное рассеяние приводит к ослаблению излучения, а также к деполяризации. Исчерпывающую информацию о рассеивающих свойствах среды несет матрица рассеяния света (МРС), состоящая из 16 независимых элементов. Определение элементов МРС среды положено в основу метода поляризационного лазерного зондирования. Для его реализации в приемном и передающем каналах лидара размещаются поляризационные элементы, позволяющие получить 16 сочетаний зондирующего и регистрируемого излучения. В докладе рассматривается зависимость ослабления и деполяризации лазерного излучения от концентрации жировых частиц в молочной суспензии.

Исследования пространственно-временной изменчивости атмосферного аэрозоля весьма актуальны для совершенствования моделей оптических и микрофизических свойств, которые необходимы при радиационных расчетах, и оценки эффективности систем, работающих через атмосферу в оптическом диапазоне. В настоящее время накоплен огромный объем информации об оптических и микрофизических свойствах атмосферного аэрозоля, об основных процессах его образования и трансформации. Однако актуальность углубленного исследования многообразия состояний аэрозоля продолжает возрастать.

В мутных средах при распространении оптического излучения неизбежно происходит его ослабление вследствие поглощения и рассеяния. При значительных оптических толщах помимо ослабления наблюдается также деполяризация излучения, вызванная многократным рассеянием на аэрозольных частицах. По этой причине исследование таких аэрозольных образований, как облака и туманы осложняется необходимостью учета вклада многократного рассеяния в лидарный сигнал. Решением данной задачи занимаются ученые всего мира уже более 50 лет. Данные исследования представляют собой сложность как в плане математического описания и разработки методики восстановления оптических и микрофизических свойств исследуемой среды, так и в плане создания приборной базы для практической реализации.

Информацию о рассеивающих свойствах среды несет матрица рассеяния света (MPC) или матрица Мюллера. Ее размер составляет 4×4 , она состоит из независимых элементов. Определение этих элементов положено в основу метода поляризационного лазерного зондирования. Этот метод обладает дистанционностью, оперативностью, высоким пространственным разрешением и не вносит изменения в исследуемую среду. При использовании этого метода в приемном и передающем каналах лидара размещаются поляризационные элементы, позволяющие получить 16 сочетаний зондирующего и регистрируемого излучения.

В настоящее время на кафедре оптико-электронных систем и дистанционного зондирования НИ ТГУ разрабатывается лидар многократного рассеяния. Для отработки методики восстановления оптических и микрофизических характеристик аэрозольных образований с помощью этого прибора создан поляриметрический стенд (рис. 1) [1].

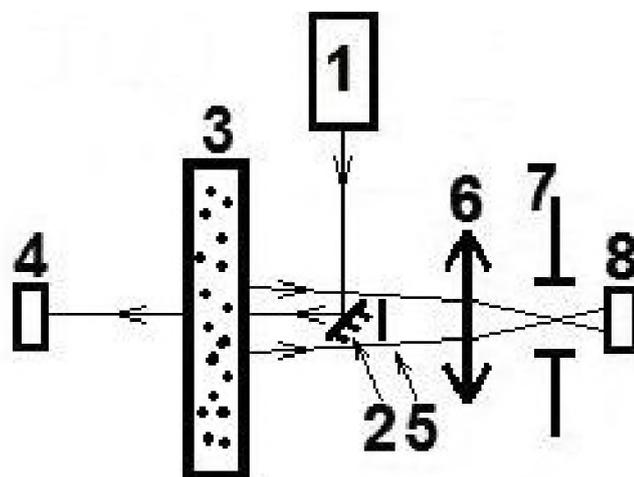


Рисунок 1 – Схема эксперимента по исследованию зависимости интенсивности многократно рассеянного назад излучения от коэффициента ослабления исследуемой среды

Пучок лазерного излучения от источника 1 направлялся на зеркало 2, отразившись от которого проходил через кювету 3 и попадал на фотодиод 4. Таким образом регистрировалось излучение, прошедшее через среду в прямом направлении и рассеянное ей под углами, малыми относительно направления падения на кювету. Излучение, рассеянное средой в обратном направлении, распространялось в сторону линзы 6. При этом излучение, однократно рассеянное «назад» под малыми углами, блокировалось экраном 5, жестко закрепленным на единой опоре с зеркалом 2. Многократно рассеянное «сзади» излучение проходило мимо экрана 5 и попадало на линзу 6, в фокусе которой была установлена диафрагма 7, после чего его интенсивность измерялась фотодиодом 8. При этом использовалась диафрагма 7 с таким диаметром отверстия, чтобы на фотодиод 8 попадаю

только многократно рассеянное «назад» излучение, а суммарный поток однократно и многократно рассеянного «назад» излучения блокировался диафрагмой. Таким образом, одновременно измерялась интенсивность излучения, прошедшего исследуемую среду в прямом направлении и рассеянного ей «вперед», а также интенсивность излучения, многократно рассеянного средой «назад». Диаметр отверстия диафрагмы Γ составлял 5 мм, экрана – 18 мм.

В качестве исследуемой среды использовались суспензии жировых частиц молока (рис.2 а, б). Размеры частиц определялись по микрофотографиям, полученным с помощью микроскопа.

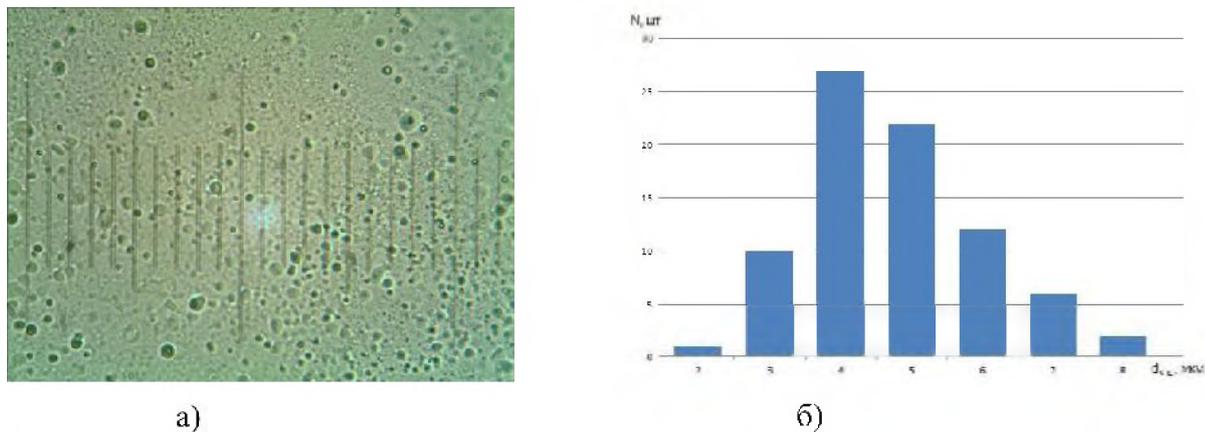


Рисунок 2 - Микрофотография (а) и распределение жировых частиц по размерам (б) в растворе.

Результаты измерений силы фототока при изменении концентрации жировых частиц представлены на рисунке 3.

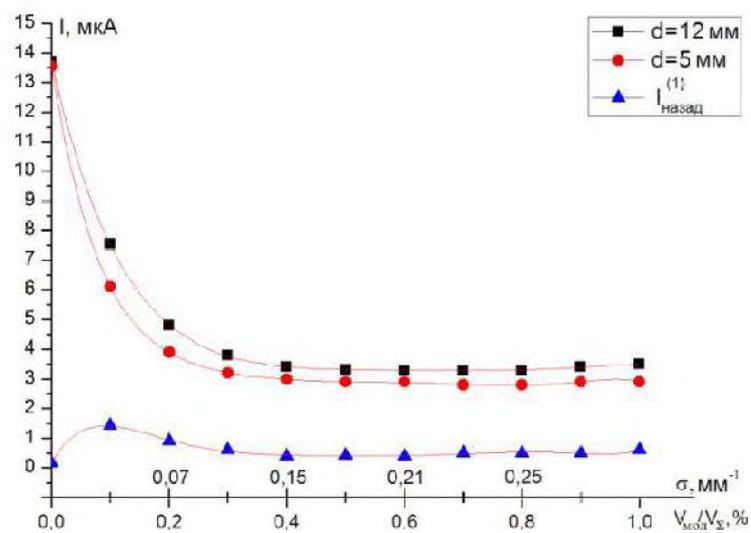


Рисунок 3 – Зависимость интенсивности многократно рассеянного «назад» излучения от коэффициента обратного рассеяния исследуемой среды.

При добавлении молока в кювету сигнал от фотодиода 8 при установленной диафрагме 7 меньше, чем сигнал, зарегистрированный без диафрагмы. Это объясняется тем, что без установленной диафрагмы 7 фотодиод 8 регистрирует и однократно-, и многократно рассеянное «назад» излучение. Дальнейшее увеличение объемной доли молока в суспензии приводило к насыщению сигнала от фотодиода. Анализ полученных зависимостей позволил определить диапазон объемной доли молока в суспензии.

В продолжение этой работы нами была проведена серия экспериментов по исследованию ослабления и деполяризации лазерного излучения при прохождении через слой суспензии жировых частиц молока различной концентрации. Доклад посвящен анализу полученных данных.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (Грант № 16-05-00710).

Литература

1. Nee E.V., Bryukhanova V.V., Bryukhanov I.D. Development of optical analyzer for determining the dimensions and concentration of aerosol particles //Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 2017. Vol. 10466. P. 104664N-1-104664N-5.