

# МЕХАНИЗМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АНОМАЛИЙ СВЕТОРАССЕЯНИЯ В ПРИВОДНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЯХ

В.В. Борисенко<sup>1</sup>, В.В. Лоскутников<sup>1</sup>, В.А. Сверчков<sup>1</sup>, И.И.  
Савельев<sup>1</sup>, С.Б. Каледин<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> *Московский государственный институт электроники и математики;* <sup>2</sup> *Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана.*

E-mail: i.saveliev@gmail.com

Work examines the mechanisms of the formation of the anomalies of light diffusion in the near-water layer of the atmosphere, caused by the hydrodynamic disturbances of two types: by underwater heat source and by water jet. Are carried out experiments on the measurement of humidity above surface water in the dependence on the time of the action of source and its intensity. Are made the estimations of the light diffusion of molecular vapor and typical by aqueous aerosols. It is shown that the dominant role in an increase in the light diffusion plays aqueous the aerosol

Исследование процессов, происходящих в толще воды, является важной фундаментальной и прикладной задачей. Источники гидродинамических возмущений в водной толще могут генерировать аномалии как на водной поверхности, так и в приводном слое атмосферы. Данный факт позволяет использовать для регистрации подводных гидродинамических возмущений дистанционные методы[1]. В последнее время для регистрации гидродинамических источников по поверхностным проявлениям используются лазерные методы, как обладающие высоким пространственным разрешением и чувствительностью[2].

Проведённые ранее лабораторные и натурные эксперименты показали, что существует возможность регистрации гидродинамических возмущений, происходящих в приповерхностном слое воды, с помощью лазерного луча, проходящего над поверхностью воды (была установлена качественная зависимость величины светорассеяния лазерного излучения над поверхностью воды и величиной гидродинамических возмущений)[3].

Для установления достоверной количественной зависимости между величиной аэрозольного светорассеяния лазерного луча, проходящего над поверхностью воды и величиной и типом гидродинамического возмущения под водой необходимо изучить процесс образования аэрозоля над поверхностью воды.

В настоящей работе теоретически и экспериментально рассмотрен процесс образования аэрозоля под воздействием подводного источника тепла и подводной струи.

В случае подводного источника тепла использовалась следующая модель. Нагретая подводным источником тепла вода конвективно поднимается на поверхность и увеличивает количество пара и аэрозоля над

поверхностью воды. Соответственно, пропорционально увеличивается влажность, и регистрируя её, можно определить увеличение аэрозоля.

В случае с подводной струёй направленное движение струи приводит в движение и поверхностные слои воды, за счёт чего увеличивается испарение с поверхности, скорость образования аэрозоля и, соответственно, влажность над водой. Так что и в этом случае, регистрируя влажность, мы можем определить увеличение количества аэрозоля.

Были проведены эксперименты с нагревом жидкости и с созданием подводной струи в бассейне. Фиксировались изменения со временем значений температуры воды в различных точках бассейна и влажность в различных точках и на различной высоте над бассейном. По полученным результатам был проведён расчет массы выделившегося аэрозоля над поверхностью бассейна под воздействием различных гидродинамических источников.

Для эксперимента по исследованию потока жидкости при испарении со свободной поверхности под действием подводного источника тепла и эксперимента с подводной струей использовалось следующее оборудование:

- Бассейн стеклянный 40x20x25 см;
- Кипятильник электрический ( $P = 0,5$  кВт);
- Водяной насос ( $P = 8$  Вт)
- Экран в виде крышки бассейна для крепежа термопар;
- 2 термопары;
- Электронный мультиметр (с возможностью определения влажности и температуры по сигналу термопары)
- Электронный мультиметр (с возможностью определения температуры по сигналу термопары и вывода данных на компьютер)
- Градусник спиртовой.

Бассейн заполнялся водой до высоты 18 см.

В эксперименте с подводным источником тепла в центре занятого водой объёма располагался тепловой источник – кипятильник.

Производились измерения температуры в разных точках бассейна:

- 5 точек на дне бассейна
- 5 точек посередине водного слоя
- 5 точек в приповерхностном слое + 1 недвижимая точка, жестко закрепленная в центре над нагревателем.
- Градусник измерял температуру у дна

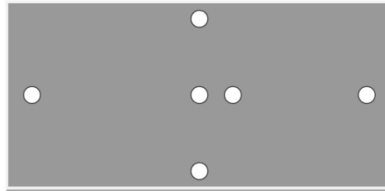


Рис 1. Бассейн - вид сверху. Расположение точек измерения температуры в случае теплового источника.

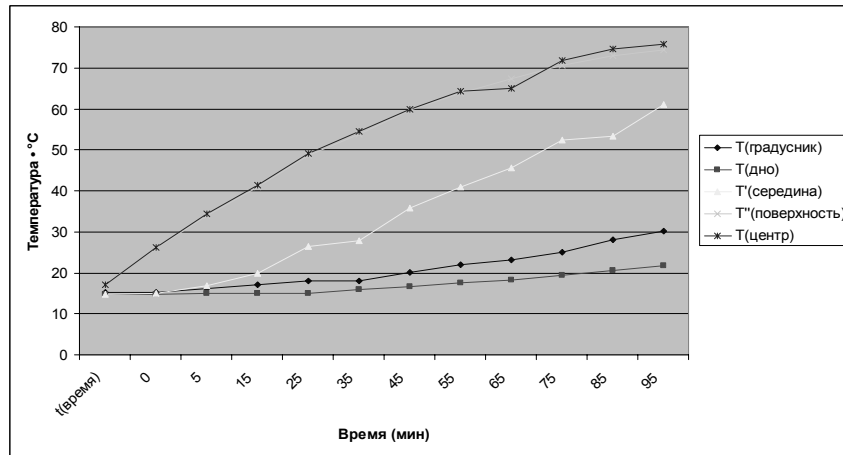


Рис 2. Результаты замера температуры от времени работы теплового источника.

В эксперименте по регистрации изменения влажности и температуры воды над бассейном под действием подводной струи использовалась аналогичная установка, только вместо источника тепла в воду помещался водяной насос .

Перед началом эксперимента была замерена влажность в помещении:

$$W_{\text{помещения}} = 28,6\%$$

Насос устанавливался сбоку около левой стенки бассейна в воду, для образования подводной струи вблизи поверхности воды.

Также была замерена влажность над бассейном при не включенном насосе:

$$W_{\text{н}} = 29,2\%$$

В точке 4 находится жестко закрепленная термопара, подключенная к компьютеру для определения температуры.

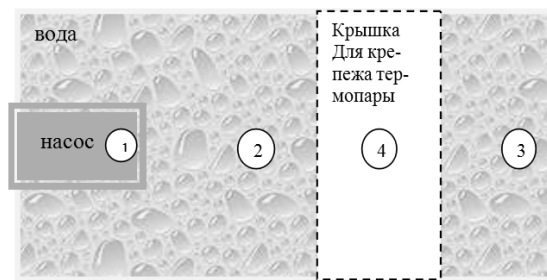


Рис 3. Бассейн - вид сверху. Расположение точек измерения температуры в случае подводной струи.

В точке 1 измерения проводились над насосом

В точках 2,3 измерения проводились над подводной струей

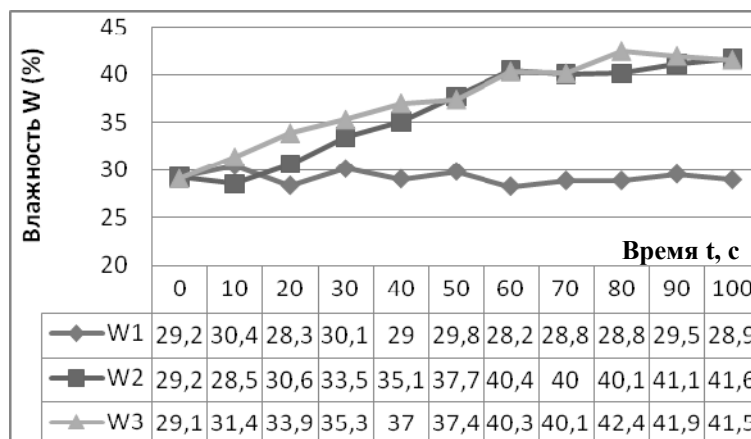


Рис 4. Результаты замера влажности в трёх точках по времени. Эксперимент с подводной струей.

Значения температуры, полученные в центре приповерхностного слоя и подсчитанные с помощью дополнительной программы к мультиметру РС-LINK, дали следующую температуры поверхности воды от времени (по шкале абсцисс отложено время, по оси ординат температура):

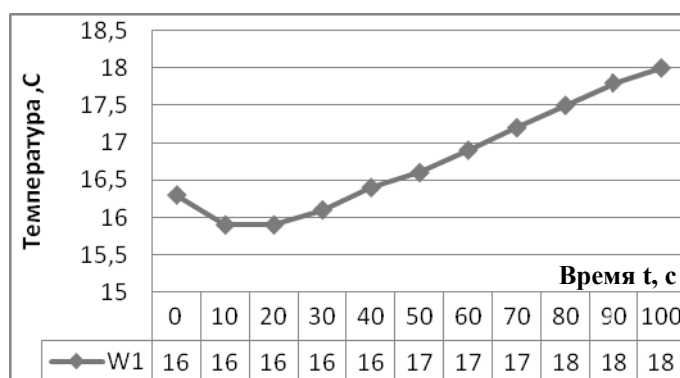


Рис 5. Зависимость температуры поверхности воды от времени в эксперименте с подводной струей.

Особенностью этой зависимости является понижение температуры поверхности в начале эксперимента, обусловленное испарением под действием механического движения струи. Затем происходит нагрев воды в целом за счёт теплообмена с окружающим воздухом, температура которого выше.

По рассчитанным значениям масс выделившегося аэрозоля был рассчитан коэффициент аэрозольного светорассеяния, который даёт количественную зависимость между рассеянным на аэрозоли лазерным излучением и количеством аэрозоля. Проведя данный расчёт, стало возможным более точно установить необходимую чувствительность фотоприёмника рассеянного лазерного от характеристик используемого лазера. До этого фотоприёмник подбирался эмпирическим путём.

Масса образовавшегося аэрозоля рассчитывалась по формуле:

$$m_a = \frac{P_n(T)}{RT} * V * M * (W - W_0 \frac{P_n(T)}{P_n(T_0)}), \text{ где}$$

$m_a$  - масса выделившегося аэрозоля

$V$  - объем в одном кубическом метре ( $m^3$ )

$P_n(T)$  - давление насыщенных паров для заданной температуры (Па)

$M$  - молярная масса воздуха = 0,018 (кг/моль)

$W_0$  – начальная влажность (при температуре воды  $T_0$ ) = 29 (%)

$T_0$  – начальная температура воды = 16,3 ( $^{\circ}C$ )

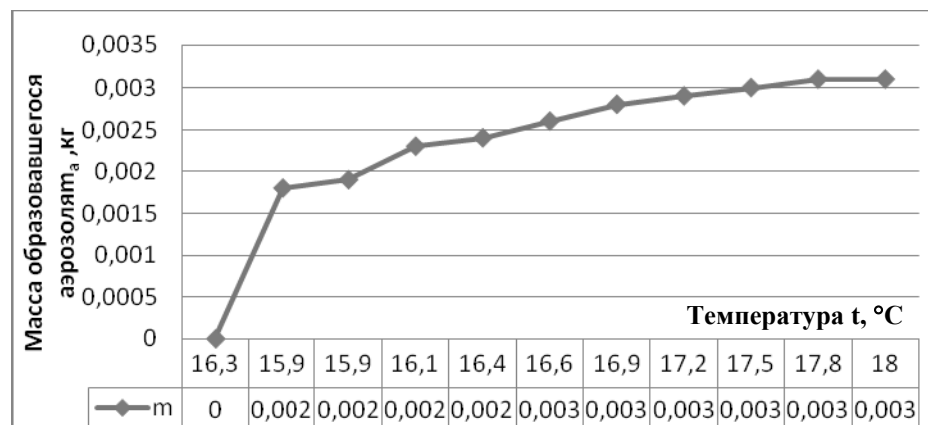


Рис 6. Зависимость массы образовавшегося аэрозоля от температуры поверхности воды. Эксперимент с подводной струей.

Выводы:

1) Предложены модели возникновения аномалий светорассеяния в приводном слое атмосферы в случае гидродинамических воздействий, оказываемых подводным источником тепла и подводной водяной струей.

2) Экспериментально определены зависимости влажности над поверхностью воды и температуры поверхности от времени воздействия возмущений

3) Проведены оценки коэффициентов аэрозольного светорассеяния, возникающего вследствие увеличения влажности.

Литература:

1. Приповерхностный слой океана. Физические процессы и дистанционное зондирование: Сборник научных трудов / Под редакцией Е. Н. Пелиновского – Н. Новгород: ИПФ РАН, 1999. – Том 1, 2. (224 с.).
2. Оптико-электронные методы изучения аэрозолей /С.П. Белов, Н.К. Никифорова, В.В. Смирнов и др. – М., Энергоиздат, 1981 – 232с.
3. Лабораторная лазерная установка для регистрации аномалий в приводном слое атмосферы, вызванных гидродинамическими возмущениями. А.М. Горелов, С.Б. Каледин. В.А. Кузнецов, Р.А.Кириллов, С.О. Леонов, В.Н. Носов, И.И. Савельев, В.А. Сверчков. Труды IX межвузовской научной школы молодых специалистов. М.: МГУ 2008 – 234 с.
4. Фукс Н. - Механика аэрозолей, 1955 г - 353 с.
5. Фукс Н. - Рост и испарение капель в газообразной среде, Изд АН СССР, 1958г-93 с.