

# ЛАБОРАТОРНАЯ ЛАЗЕРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ АНОМАЛИЙ В ПРИВОДНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ, ВЫЗВАННЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМИ ВОЗМУЩЕНИЯМИ

А.М. Горелов<sup>2</sup>, С.Б. Каледин<sup>2</sup>, В.А. Кузнецов<sup>1</sup>, Р.А.Кириллов<sup>3</sup>, С.О. Леонов<sup>2</sup>,  
В.Н. Носов<sup>1</sup>, И.И. Савельев<sup>3</sup>, В.А. Сверчков<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> *Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН;* <sup>2</sup> *Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана;* <sup>3</sup> *Московский государственный институт электроники и математики*

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. В последнее время для регистрации гидродинамических источников по поверхностным проявлениям достаточно широко используются лазерные методы, как обладающие высоким пространственным разрешением и чувствительностью.

Целью настоящей работы являлось создание лабораторной установки для исследования возможности регистрации лазерными методами изменений светорассеяния в приводном слое атмосферы, происходящих в результате воздействия гидродинамического возмущения. Гидродинамическими возмущениями в настоящей работе являлись: подводная струя, выделяющиеся из воды пузырьки и локальный нагрев воды.

Схема лабораторной лазерной установки приведена на рис.1.

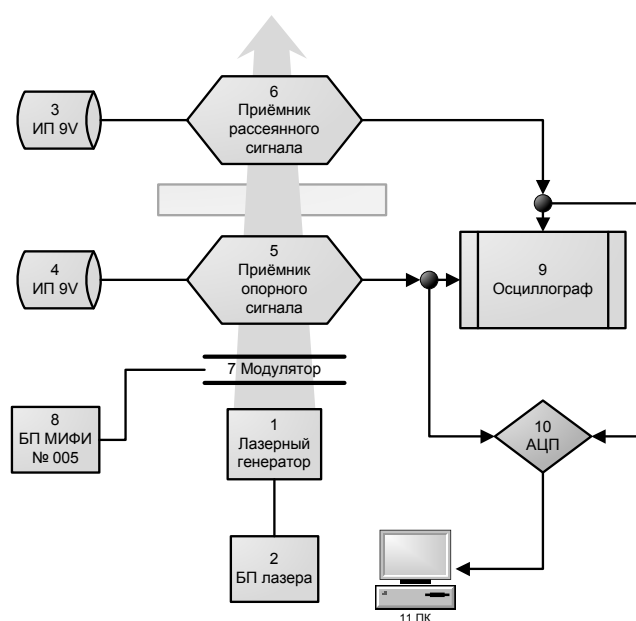


Рис. 1. Схема лабораторной лазерной установки.

В процессе проведения эксперимента регистрировалась интенсивность аэрозольного светорассеяния модулированного лазерного пучка в приводном слое атмосферы. В созданной лабораторной установке использовался лазер KLM 532/SLN 100 с длиной волны излучения  $\lambda = 532$  нм и регулируемой выходной мощностью до 100 мВт. Лазерный луч проходил оптическую систему, на выходе которой формировался коллимированный световой пучок диаметром около 5 мм.

При прохождении лазерного излучения над водой происходит рассеяние оптического излучения аэрозолями, которое регистрируется фотоприёмником. Для повышения чувствительности установки использовалась многопроходная схема: за счет системы плоских зеркал лучи проходили над бассейном 4-6 раз.

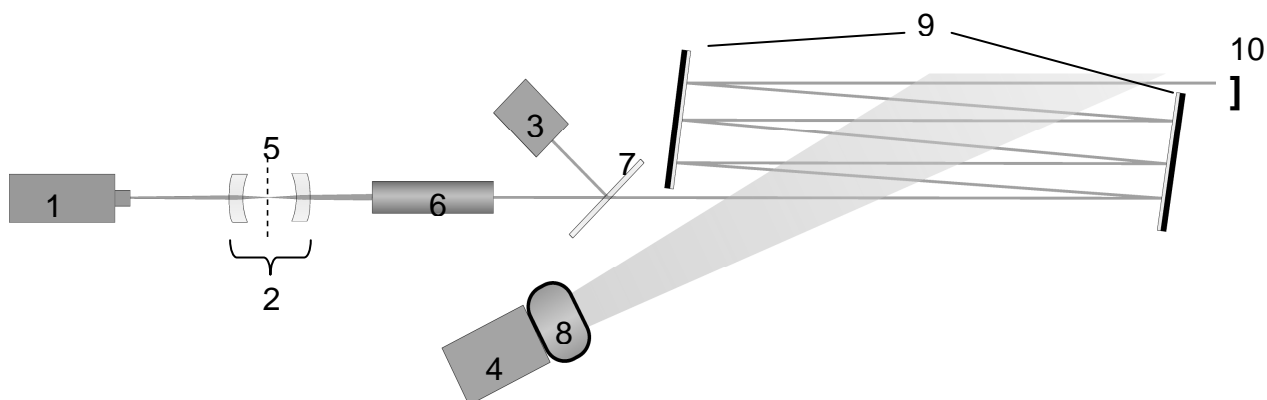


Рис. 2. Оптическая схема установки.

1. Лазер. 2. Линзы. 3. Приемник опорного сигнала. 4. Приемник основного сигнала. 5. Модулятор. 6. Формирующая оптическая система. 7. Плоско-параллельная пластинка. 8. Объектив. 9. Зеркала. 10. Оптическая ловушка.

Модуляция интенсивности излучения лазера осуществлялась с помощью вращающегося диска с прорезями на частоте около 1 кГц. Далее лазерный луч при помощи плоскопараллельной пластинки подвергался делению на два пучка: 96% излучения проходило через пластинку и являлось основным сигналом, 4% отражалось и служило опорным сигналом. Опорный пучок регистрировался приемником опорного сигнала. Основной лазерный пучок при помощи пары зеркал совершал многократное прохождение над бассейном, после чего поглощался в оптической ловушке. Рассеянное над бассейном оптическое излучение регистрировалось приемником основного канала. В обоих случаях использовались ФПУ Н4 на основе фотодиода s1223. ФПУ основного канала установки был оборудован объективом Зенитар-М. Сигналы с обоих ФПУ для сравнения поступали на осциллограф и на ПК через АЦП E14-440 для обработки полученных данных.

Водяная струя в бассейне создавалась с помощью водяного насоса производительностью до 15 л/мин. Воздушные пузыри генерировались с использованием компрессора. Тепловые возмущения создавались нагревательным элементом мощностью 1 кВт. Воздействие перечисленных

источников гидродинамических возмущений на состояние приводного аэрозоля исследовалось в бассейне объемом 15 литров.

Лабораторная установка была собрана в лаборатории квантовых приборов Московского института электроники и математики.

На созданной установке была проведена предварительная серия экспериментов, позволяющая оценить чувствительность измерений. Проведены следующие замеры тока ФПУ:

- при закрытом приемном объективе основного канала;
- при открытом объективе в отсутствие лазерного луча;
- с открытым объективом при наличии модулированного лазерного пучка, но в отсутствие гидродинамических возмущений;
- с открытым объективом при наличии модулированного луча и выделяющихся пузырьков воздуха (три замера с разной интенсивностью газовыделения)

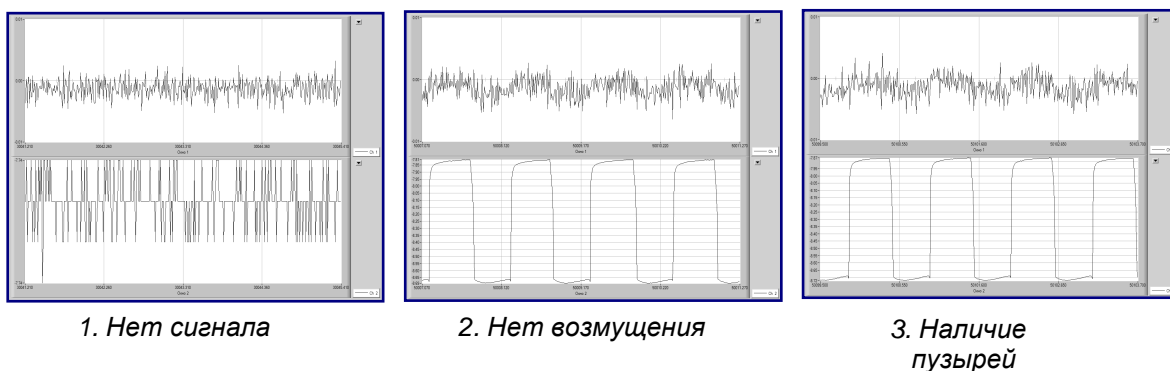


Рис. 3

На рисунке 3 приведены примеры замеров по двум каналам: верхнее окно – основной канал, нижнее – опорный канал.

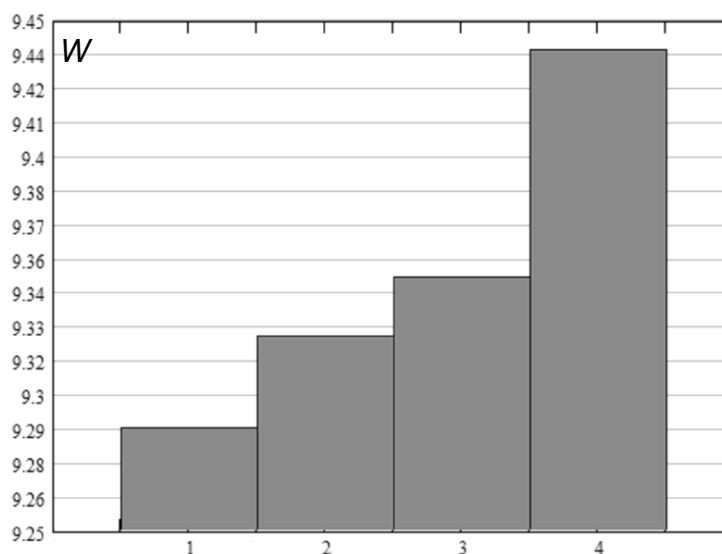


Рис. 4.

Поскольку полезный сигнал невелик по сравнению с шумовой составляющей, то для его выделения на фоне шума использовалось синхронное накопление сигнала. Результаты такой обработки сигнала представлены на рисунке 4. На гистограмме представлены значения суммарного сигнала ( $W$ ) для четырёх уровней величины газовыделения: 1 – нет газовыделения; 2...4 – постепенное увеличение уровня газовыделения

На основании проведённых экспериментов можно сформулировать следующие выводы. Лабораторные испытания установки дали положительный результат – зафиксирована взаимосвязь между рассеянным сигналом и величиной гидродинамического возмущения во всех случаях. Это свидетельствует о возможности регистрации подводных гидродинамических возмущений по изменениям лазерного светорассеяния в приводном слое атмосферы.

Для ответа на вопрос о практической применимости данного метода регистрации для решения различных фундаментальных и прикладных задач необходимо проведение дополнительных лабораторных и натурных экспериментов с более высокой мощностью лазерного излучателя. В этих экспериментах может быть использована методика, отработанная в ходе данных лабораторных экспериментов.

1. Оптико-электронные методы изучения аэрозолей /С.П. Белов, Н.К. Никифорова, В.В. Смирнов и др. – М., Энергоиздат, 1981 – 232с.
2. Оптика атмосферы и аэрозоль / Под ред. Е.М. Фейгельсона – М., Наука, 1986 – 232с.
3. 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.).