

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВЗВЕСИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕЁ КОНЦЕНТРАЦИИ И РАЗМЕРНОГО СОСТАВА

Д.А. Антоненков

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: sciense@arkada.com.ua

В статье рассматривается метод получения изображений взвешенного в морской воде вещества. Приведены конструкции и функциональные схемы приборов для получения изображений взвеси in situ и в лабораторных условиях на специальном стенде. Дано описание принципа работы применяемых приборов и методики проведения измерений. Приведены результаты, полученные при измерениях параметров взвеси в лабораторных условиях.

Введение. В настоящее время существует большое количество различных методов измерения параметров взвеси. Однако большинство применяемых на сегодняшний день методов дают возможность проведения исследований только в лабораторных условиях. Те из них, которые реализованы в приборах для измерений *in situ*, непригодны для использования в придонной области прибрежной зоны морей (водоёмов) при значительной временной и пространственной перемежаемости концентрации взвеси с неоднородным размерным составом (например, нефелометры), либо они дают только усредненные данные о размерном составе (турбидиметры). Таким образом, разработка новых, альтернативных методов исследования взвешенного в морской воде вещества является актуальной и необходимой на сегодняшний день.

Цель данной работы – показать разработанный метод получения изображений взвешенного в воде вещества. Применение данного метода позволяет получить изображения необходимого для программной обработки качества, что в свою очередь даст возможность получить экспресс данные о размерном составе и концентрации взвеси.

Так как регистрация изображений производится в водной среде, то необходимо учитывать ряд особенностей, отличающих подводную съемку от атмосферной. Съемка под водой характеризуется дефицитом освещения, резким ухудшением качества изображения с увеличением расстояния до объекта, уменьшением угла поля зрения, искажением цветопередачи. Исходя из этого, технические средства регистрации изображений должны компенсировать данные негативные факторы. Основное условие, делающее невозможным применение стандартных технических средств фотосъемки, заключается в определенных параметрах быстродействия – время регистрации изображений должно составлять порядка 4 мкс. Этот параметр определяется тем, что волновые составляющие скорости течения (при волнении) могут достигать нескольких метров в секунду. Так, например, частица взвеси при движении со скоростью 2 м/с пройдет расстояние 1 мкм за время, равное 0,5 мкс. Для достижения точности порядка 10 % при измерениях размерного состава, частица размером 80 мкм должна сместиться не более чем на 8 мкм. Таким образом, необходимо получение мгновенных снимков частиц взвеси со временем регистрации процесса порядка 4 мкс.

Для проведения измерений *in situ* была разработана методика, включающая в себя ряд этапов:

1. Фоторегистратор закрепляется на специализированную опорную конструкцию, которая неподвижно устанавливается на дне. Эта конструкция обеспечивает устойчивость прибора при волнении и позволяет регулировать положение фоторегистратора по вертикали для получения данных о параметрах взвеси в ряде точек на разных горизонтах.

2. По команде оператора или в автоматическом режиме (при автономной работе) фоторегистратор с управляемой периодичностью производит запись изображений на устройство хранения информации (карта памяти, жесткий диск) или передает данные по каналу связи непосредственно на рабочую станцию для проведения экспресс-анализа.

3. Полученные изображения подвергаются предварительной программной обработке, включающей в себя фильтрацию шумов, устранение дефектов и улучшение качества (под качеством в данном случае понимается контрастность и резкость изображения). Проведение этих операций необходимо для последующего анализа.

4. Далее с помощью специально разработанного алгоритма производится анализ, уже обработанных изображений, включающий в себя сегментацию, выделение связных областей, определенных границами частиц взвеси, расчет мгновенных значений концентрации и размерного состава частиц, которые попали

в область, зафиксированную на изображении.

5. После анализа изображения и получения необходимых данных о параметрах взвеси по каждому отдельному изображению производится статистическая обработка результатов всей серии, в ходе которой рассчитываются средняя концентрация, и размерный состав частиц взвеси за определенный промежуток времени.

Для реализации данной методики разработан специализированный фото-регистратор, основанный на использовании электронно-оптического преобразователя, функциональная схема которого представлена на рис. 1.

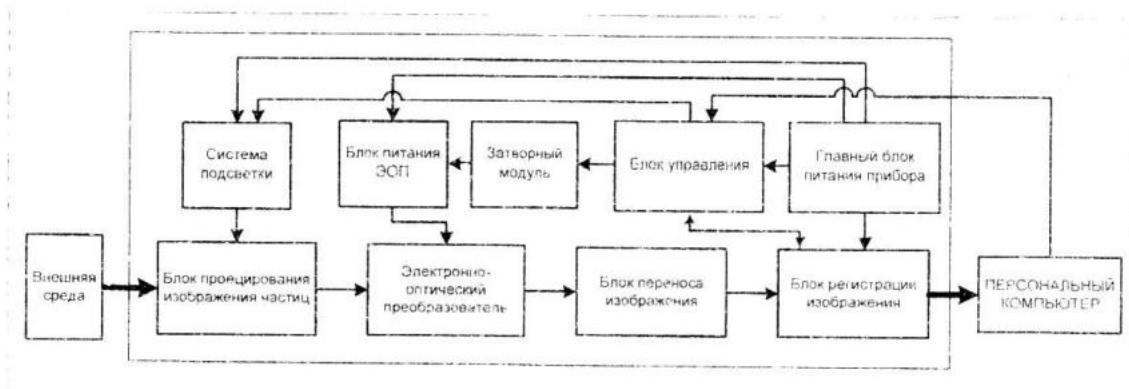


Рис. 1. Функциональная схема фоторегистратора

Функциональная схема состоит из следующих структурных элементов и блоков:

1. Блок проецирования изображений.
 2. Электронно-оптический преобразователь.
 3. Блок питания ЭОП и затворный модуль.
 4. Блок переноса изображения.
 5. Блок регистрации изображений.
 6. Система подсветки.
 7. Блок управления.
 8. Главный блок питания.

Принцип действия прибора заключается в следующем: после включения прибора, по команде оператора или в автоматическом режиме, блок управления формирует управляющие синхроимпульсы для запуска электронно-оптического преобразователя, системы импульсной подсветки и регистрирующей камеры согласно разработанному программному обеспечению. Запуск им-

пульсной подсветки осуществляется синхронно с электронно-оптическим преобразователем. Изображение частиц через специализированный объектив проецируется на фотокатод электронно-оптического преобразователя, затвор которого в этот момент открывается на заданное время, равное времени экспозиции кадра — 1 мкс. В течение этого времени на выходном экране преобразователя формируется итоговое изображение. С экрана электронно-оптического преобразователя усиленное изображение через оптический соединитель переносится на светочувствительную матрицу специализированной камеры, которая, работая в ждущем режиме, к данному моменту переходит в режим накопления заряда. Время накопления выбирается немного больше времени послесвечения люминофора электронно-оптического преобразователя. Это объясняется тем, что за это время (для люминофора Р-20

оно равно 3–5 мс) накапливаются все сигнальные фотоны и дальнейшее накопление «собирает» только фоновый шум.

Далее полученные данные обрабатываются аппаратным обеспечением камеры и передаются в измерительный комплекс или на персональный компьютер для дальнейшей программной обработки.

Техническая реализация метода с использованием электронно-оптического преобразователя требует значительных

финансовых затрат из-за высокой стоимости основных функциональных узлов. На данном этапе была разработана альтернативная методика, основанная на использовании кратковременной засветки исследуемого объекта вместо применения быстрого стробирования изображения затвором электронно-оптического преобразователя.

Для реализации данной методики был создан испытательный стенд, конструкция которого представлена на рис. 2.

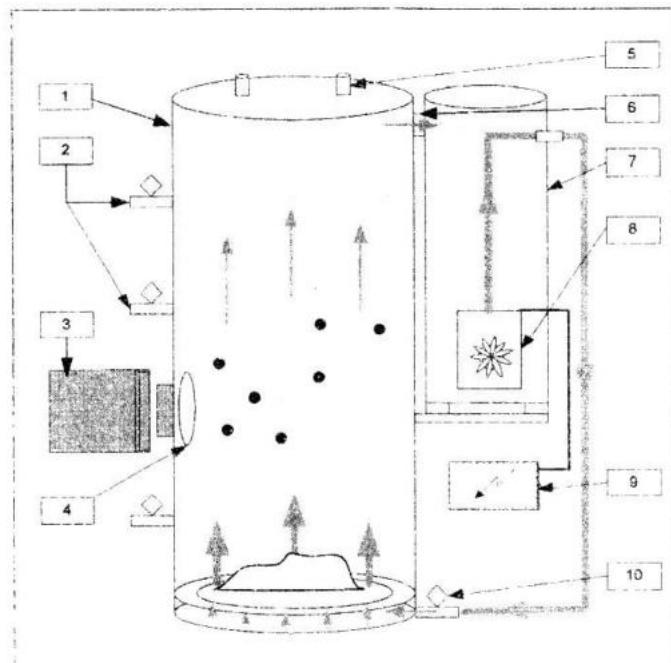


Рис. 2. Конструкция испытательного стендса

Испытательный стенд представляет собой стальной бак (1), который обеспечивает условия эксперимента. Бак закрывается герметичной крышкой (5), в которой имеются отверстия, позволяющие опустить и закрепить в баке специально сконструированную штангу, на которой могут размещаться различные приборы для измерения параметров взвеси и среды: прозрачномеры, ловушки взвеси и другие. В корпусе бака предусмотрены отверстия с вентилями (2), расположенные на разных горизонтах от дна и позволяющие осуществлять отбор проб для определения концентрации и размерного состава взвеси с помощью стандартных, лабораторных методов. Для получения фотоизображений среды используется фотогенератор (3), который подсоединен к баку через герме-

тический иллюминатор (4). Взмучивание песка обеспечивается специальным насосом (8), который располагается в герметичной емкости (7). Принцип взвешивания заключается в следующем: насос с постоянной, но регулируемой, скоростью подает воду в придонную область бака через вентиль (10); песок, расположенный на дне, взмучивается и поднимается над дном бака, далее вытесняемая вода возвращается через патрубок (6) в насосную емкость. Так как скорость перекачки воды насосом является постоянной, то через некоторое время устанавливается стабильное состояние с определенным распределением концентрации взвеси по вертикали, соответствующее заданной скорости насоса. Скорость насоса и, следовательно, концентрацию взвешенных частиц можно изменять пу-

тем изменения напряжения, подаваемого на насос, при помощи трансформатора (9).

Принцип действия фоторегистратора заключается в следующем: частицы взвеси перемещаются в светоизолированной емкости, к которой через иллюминатор подсоединен фоторегистратор, состоящий из зеркального фотоаппарата Canon с объективом и управляемой системы импульсной подсветки. По команде оператора открывается затвор фотоаппарата на время 1 с, и далее система подсветки генерирует короткий световой импульс длительностью 4 мкс. В течение времени 1 с происходит регистрация изображения матрицей фотоаппарата, и так как регистрируемый объем является светоизолированным, то изображения

формируются только в течение того времени, в течение которого частицы освещаются системой подсветки. В итоге, полученное время экспозиции будет соответствовать длине светового импульса подсветки, и составлять 4 мкс.

С помощью данного испытательного стенда были проведены эксперименты и получены изображения, пригодные для дальнейшей программной обработки и анализа. В ходе выполненного анализа серий изображений были получены данные о концентрации взвешенного вещества, определены законы распределения частиц по размерам и построены соответствующие графики. Пример распределения частиц по размерам представлен на рис. 3.

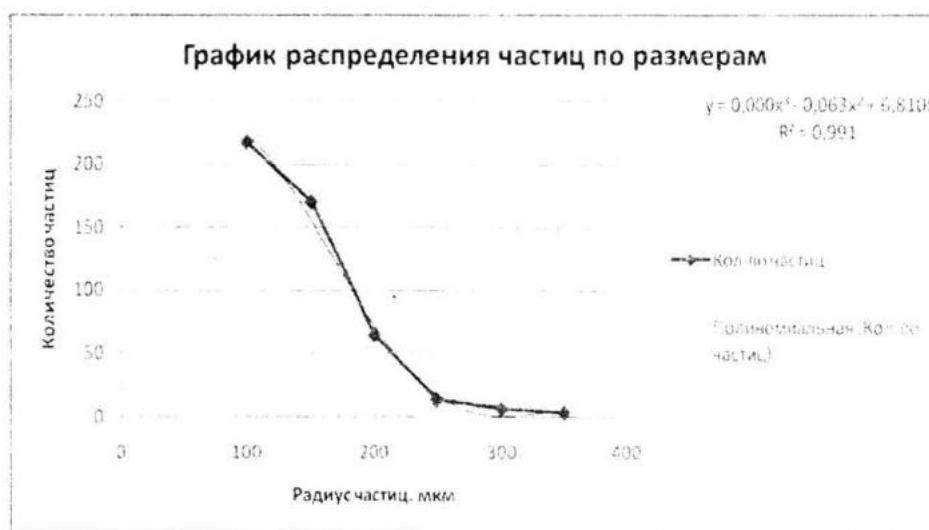


Рис. 3. График распределения частиц по размерам

Полученные с помощью разработанного прибора данные о концентрации частиц взвеси являются достаточно достоверными, о чем свидетельствует выполненный анализ отобранных проб. Расхождения в итоговых средних значениях концентрации не превышает 10 %, что является хорошим результатом для процесса с высокой временной изменчивостью.

Заключение. Таким образом, разработанная и реализованная методика определения концентрации и размерного состава взвеси с помощью получения и обработки фотоизображений водной среды позволяет получать экспресс данные о характеристиках взвешенного ве-

щества. Кроме того, данная методика может быть технически реализована как для приборов, предназначенных для проведения измерений *in situ* с использованием электронно-оптического преобразователя, так и для проведения лабораторных экспериментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Introduction to Image Intensifiers for Scientific Imaging*. – USA: Roper Scientific, Inc., 2002. – С. 2 – 20.
2. Бутлов М.М., Степанов Б.М., Панченко С.Д. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях. – М.: Наука, 1978. – 300 с.