

# ИЗМЕРИТЕЛЬ СПЕКТРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ИСТИННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА В ВОДНОЙ СРЕДЕ "СПЕКТР"

А.И. Чепыженко

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г.Севастополь, ул.Капитанская, 2  
E-mail: alex\_chep@hotmail.com.,  
shelf@alpha.mhi.iuf.net

Спектральный измеритель коэффициента истинного поглощения естественного света водной средой " СПЕКТР " на основе измерения спектральной облученности сверху, спектрального показателя вертикального ослабления нисходящего естественного светового потока  $\lambda_d$  и спектрального коэффициента диффузного отражения R на разнесенной по глубине оптической базе обеспечивает расчет истинного спектрального показателя поглощения естественного света с целью исследования биофизических характеристик водной среды, необходимых для оценки условий существования фитопланктона, позволяет объективно оценить истинную концентрацию хлорофилла и пигментов фитопланктона. На основе расчета концентрации пигментной энергии  $N_n(z)$  и измерении фотосинтетически активной радиации - оценить уровень первичной продукции P.

Показатель истинного поглощения света в водной среде относится к наиболее важным гидрооптическим характеристикам. Непосредственное

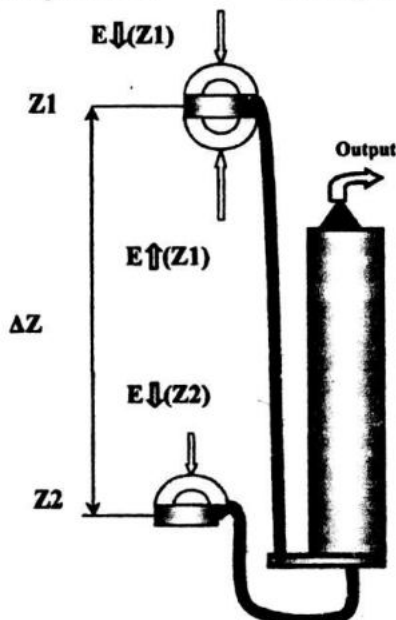


Рисунок 1-Конструктивное исполнение измерителя «СПЕКТР»

измерение его невозможно, а экспериментальное определение показателя ослабления  $\epsilon$  и показателя рассеяния  $\sigma$  с последующим расчетом показателя поглощения  $\chi$  как:  $\chi = \epsilon - \sigma$  приводит к низкой точности, т.к. определяется разность двух соизмеримых величин, измеряемых с недостаточно высокой точностью и имеющих различную природу возникновения аппаратной и методической погрешности.

Основными методами определения показателя поглощения являются:

1. Метод обратного рассеяния.
2. Метод измерения характеристик светового поля.
3. Метод однократного рассеяния.
4. Калориметрический метод.

Метод обратного рассеяния является основным при неконтактных измерениях, при которых измеряя три фотометрические величины: - яркость моря в надир, облученность моря и яркость неба в зенит возможно рассчитать показатель поглощения. Метод однократного рассеяния применим главным образом в лабораторных и проточных измерителях поглощения. Применение данного метода *in situ* практически невозможно в связи с конструктивными трудностями. Калориметрический метод пригоден для красной и инфракрасной областей спектра. В данной области спектра поглощение обусловлено главным образом самой водой.

Метод измерения характеристик светового поля позволяет на основе измерения некоторых характеристик светового поля выполнить расчет показателя истинного показателя поглощения естественного света  $\chi$  во всем видимом участке спектра [1,2]. В основе этого метода лежит уравнение для дивергенции светового вектора N

$$\text{div } N = -\chi \cdot E^0$$

где:  $E^0$  - пространственная облученность. Применяя это уравнение можно получить формулы для определения  $\chi$ , содержащие непосредственно измеряемые световые величины.

В большинстве случаев с погрешностью 5-6 % применима формула :

$$\chi = \mu \cdot \alpha_1$$

где:  $\mu$  - средний косинус тела яркости.

$\alpha_1$  - показатель вертикального ослабления сверху.

Учитывая зависимость между значениями среднего косинуса тела яркости  $\mu$ , коэффициентом диффузного отражения моря R и степенью вытянутости тела яркости

находим средний косинус тела яркости  $\mu$  определяется как функция коэффициента диффузного отражения моря  $R$  [3].

Спектральный измеритель коэффициента истинного поглощения естественного света водной средой "СПЕКТР" (Рис.1) предназначен для исследования биофизических характеристик водной среды, необходимых для оценки условий существования фитопланктона на основе измерения основных характеристик светового поля. Измерение спектральной облученности сверху, спектрального показателя вертикального ослабления нисходящего естественного светового потока  $\lambda_d$  и спектрального коэффициента диффузного отражения  $R$  на разнесенной по глубине оптической базе позволяет объективно оценить истинную концентрацию хлорофилла и спектрального поглощения света

пигментами фитопланктона. Позволяет рассчитать концентрацию пигментной энергии  $N_p(z)$ , а при измерении энергии облученности в квантах (фотосинтетически активной радиации)  $E_{фap}$  квантометром "КВАНТ"[4] оценить, по предложенной В.Н.Пелевиным методике, уровень первичной продукции (ПП)  $P = f(E_{фap}, N_p, T_{эф.})$  за эффективное время исследования первичной продукции в фотической зоне  $T_{эф.}$ , его вертикального распределения и суточной динамики, зависимости от внешних условий.

Область применения :

- Исследование состояния и условий существования фитопланктона в водной среде.

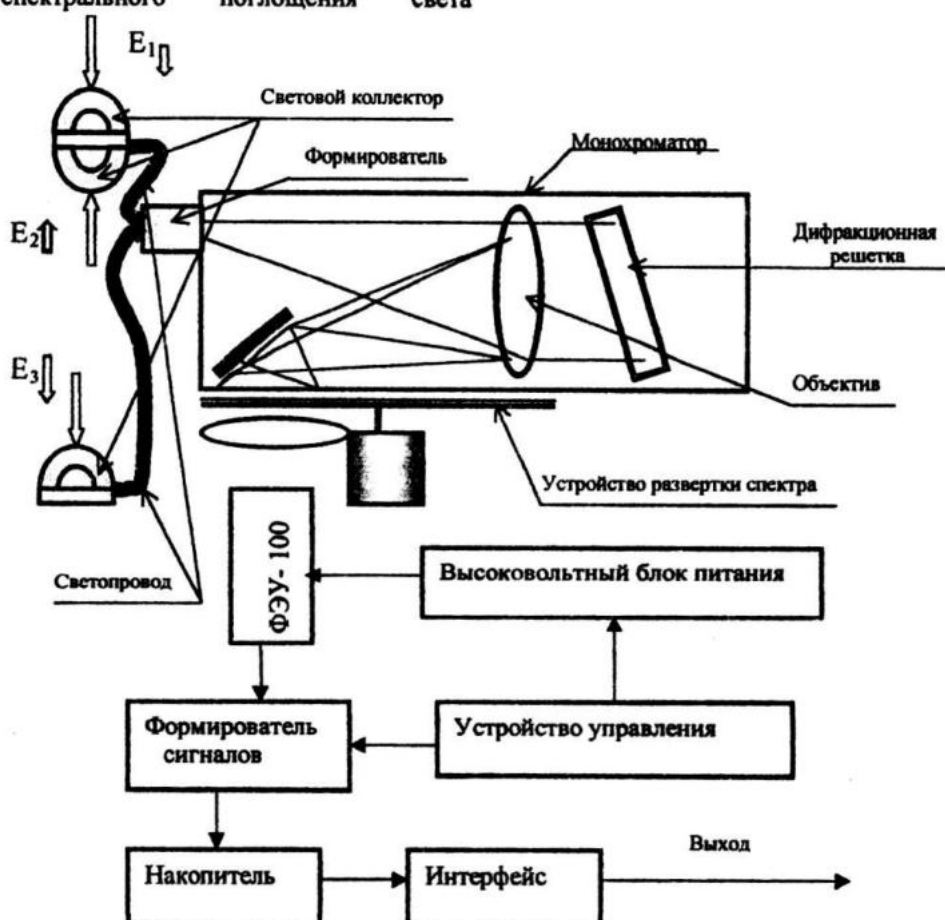


Рисунок 2 – Структурная схема измерителя "СПЕКТР"

- Проведение под спутниковых измерений для верификации и калибровки дистанционных методов оценки биофизических характеристик.

Измеритель истинного поглощения света, структурная схема которого представлена на рисунке 2, состоит из световых коллекторов,

оптоволоконных светопроводов, оптического формирователя, дифракционного монохроматора, устройства развертки спектра, фотоприемного устройства и устройства обработки, питания и управления.

- Световые коллекторы обеспечивают прием и формирование нисходящих и

восходящих световых потоков и передачу их через оптоволоконные светопроводы и оптический формирователь на входную щель дифракционного монохроматора. Объектив монохроматора формирует коллимированный световой поток в плоскости дифракционной решетки. Конструкция выбранной монтажки определяется оптическими характеристиками коллиматора. При этом положение зеркала, обрезающего дифрагированные лучи, определяет предел наиболее коротких длин волн, доступных исследованию. Плоская дифракционная решетка с количеством штрихов 1200 штрихов/мм обеспечивает рабочий спектральный диапазон от 380 до 700 нм. Дифрагированный световой поток фокусируется в плоскости выходной щели с разносом по высоте, в соответствии с разнесением входных световых потоков на входной щели монохроматора. За выходной щелью монохроматора расположен собирающий объектив и механическое устройство развертки спектра. Время развертки спектра составляет 50 мс. Расположенные на устройстве развертки реперные отверстия обеспечивают синхронизацию и стробирование информационного сигнала с исследуемым спектральным диапазоном. Фотоприемное устройство, содержащее фотоэлектронный умножитель ФЭУ -100 и формирователь сигналов обеспечивает преобразование светового потока в спектральном диапазоне от 380 нм до 700 нм в электрический сигнал, частотной фильтрации и преобразование его в сигнал с требуемой амплитудой и отношением сигнал-шум. Устройство обработки, питания и управления обеспечивает интегрирование информационных сигналов с учетом спектральной развертки, высоковольтного питания фотоэлектронного умножителя со стабилизацией его анодной чувствительности. Формирование требуемых управляющих и синхронизирующих сигналов. Выходной сигнал соответствующий спектральной облученности сверху  $E_{\downarrow}$ , спектральному показателю вертикального ослабления естественного света и коэффициента диффузного отражения света в виде последовательного кода поступает на внешнее устройство сопряжения и регистрации.

### ➤ Регистрируя:

- спектральную облученность сверху  $E_{\downarrow}$
  - спектральный показатель вертикального ослабления нисходящего естественного светового потока  $\lambda_{\downarrow}$
  - коэффициент диффузного отражения R
- рассчитываем:
- спектральный коэффициент поглощения
  - суммарное поглощение света средой
  - концентрацию хлорофилла
  - объемное поглощение света пигментами фитопланктона и его концентрацию
  - первичную биопродуктивность в фотической зоне
  - суммарное значение ПП в столбе с интегрированием за сутки
  - сезонную изменчивость ПП, влияние на нее антропогенных факторов.

### Технические характеристики .

Спектральный диапазон , нм	380-700
Спектральный разрешение, нм	5
Время сканирования спектра, мс	50
Диапазон изменения оптической базы, м	0 - 2
Кэффициент поглощения , $m^{-1}$	0.005 -0.5
Погрешность измерения, %	5
Диаграмма направленности коллекторов	Косинусная
Динамический диапазон изменения естественного светового потока.	$10^7$
Глубина погружения, м	200

### ЛИТЕРАТУРА.

1. В.Н.Пелевин, Об измерении показателя истинного поглощения света в море. Физика атмосферы и океана, т.1, №5, М., Наука, 1965г, с.539-545.
2. Оптика океана. Т1, ред. А.С.Монин, М., Наука, 1983г, 371с.
3. И.Д.Ефименко, В.Н.Пелевин. Угловое распределение яркости солнечного излучения в водах Индийского океана. Гидрофизические и гидрооптические исследования в Индийском океане., М., Наука, 1975г, с.124-132.
4. А.И.Чепыженко, Измерение спектральной подводной освещенности с помощью квантометра. Системы контроля окружающей среды, Севастополь, МГИ, 1999г., с. 118.