

2. Бендерская Л. П., Тананаев А. Н., Керимбекова Н. А. Сб. Научн. трудов ВНИИ люминофоров, вып. 7, стр. 66, Ставрополь, 1973.
3. Плотникова М. В., Митрофанов К. П., Шпинель В. С. «Письма в ЖЭТФ», 3, 323, 1966.
4. Митрофанов К. П., Плотникова М. В., Шпинель В. С. ЖЭТФ, 48, 791, 1965.
5. Loebenstein H. M., Zilber R., Zmora H. «Phys. Lett.», A 33, 453, 1970.

Поступила в редакцию
27.6 1974 г.

НИИЯФ

УДК 532.529.5

В. А. АНУЧИН, В. П. ПЕТРОВ, Ю. Г. ПЫРКИН,
Б. И. САМОЛЮБОВ, П. М. СТЕПУНИН

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОЗРАЧНОСТИ ЖИДКОСТИ

На кафедре физики моря и вод суши в течение ряда лет ведутся работы по изучению динамики взвесенесущих донных потоков. Ввиду отсутствия стандартных приборов для измерения прозрачности жидкости нами разработан и испытан прозрачномер, в основу работы которого положен уже известный [1] фотоэлектрический метод измерения прозрачности жидкости. В качестве датчика нами применен вакуумный фотоэлемент типа Ф-2. Прибор состоит из датчика, регистрирующего устройства и стабилизированного источника питания осветительной лампы.

Принципиальная схема датчика представлена на рис. 1, а. В корпусе (1) размещена осветительная лампа (2). Свет от нее с помощью линзы (3) формируется в параллельный пучок \varnothing 20 мм, который, пройдя через исследуемый объем (20 см³), попадает в другой контейнер (4). Линзой (5) световой поток фокусируется на фотоэлемент (6). С другой стороны лампы (2) расположена линза (7), которая формирует световой поток, поступающий на другой фотоэлемент (8). Таким образом формируется два световых пучка, один из которых проходит через исследуемую среду с переменным поглощением света, а другой — через воздух, где поглощение света постоянно. Сигналы от обоих фотоэлементов сравниваются схемой измерения, а величина их рассогласования пропорциональна поглощению света в исследуемом объеме. Линза (7) и фильтр (9) служат для выравнивания световых потоков, падающих на фотоэлементы, обеспечивая тем самым одинаковые положения рабочих точек на характеристиках фотоэлементов. Такое выравнивание световых потоков и выбор оптимального тока накала лампы позволяют значительно скомпенсировать влияние изменения тока накала лампы на величину выходного сигнала.

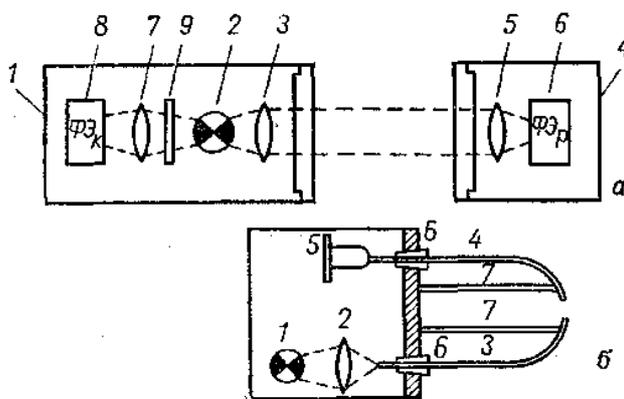


Рис. 1. Принципиальная схема датчика

Схема прибора для лабораторных исследований поглощения в мутных потоках представлена на рис. 1, б.

Оба контейнера соединены в общую конструкцию, чем обеспечивается постоянство просвечиваемого объема. Датчик соединен с измерительным блоком 5-жильным кабелем.

Измерительная схема представлена на рис. 2, а. Ее питание стабилизировано с точностью $\pm 0,1\%$ при изменении входного напряжения на $\pm 15\%$. Для согласования высокого выходного сопротивления фотоэлементов с сопротивлением измерительного прибора, между ними включено по два согласующих эмиттерных повторителя на ПП₂—ПП₅. Подбор транзисторов и стабилизация их питания позволили создать схему, в которой дрейф нуля при наших точностях измерения практически отсутствует. Для уменьшения влияния температуры окружающей среды схема собрана на кремниевых полупроводниковых элементах. В данном варианте прибора был использован микро-

амперметр типа М-24 со шкалой 0—100 мкА и трехдиапазонным делителем (1:1; 1:2 и 1:3).

Принципиальная схема стабилизатора тока накала лампы представлена на рис. 2, б. Ее работа основана на известном методе [2] сравнения опорного напряжения с эталонным. Здесь в качестве последовательного регулирующего элемента использованы два мощных триода ПП₁₀ и ПП₁₁, соединенные параллельно. Усилитель сигнала обратной связи содержит два каскада усиления по напряжению (ПП₁₂ и

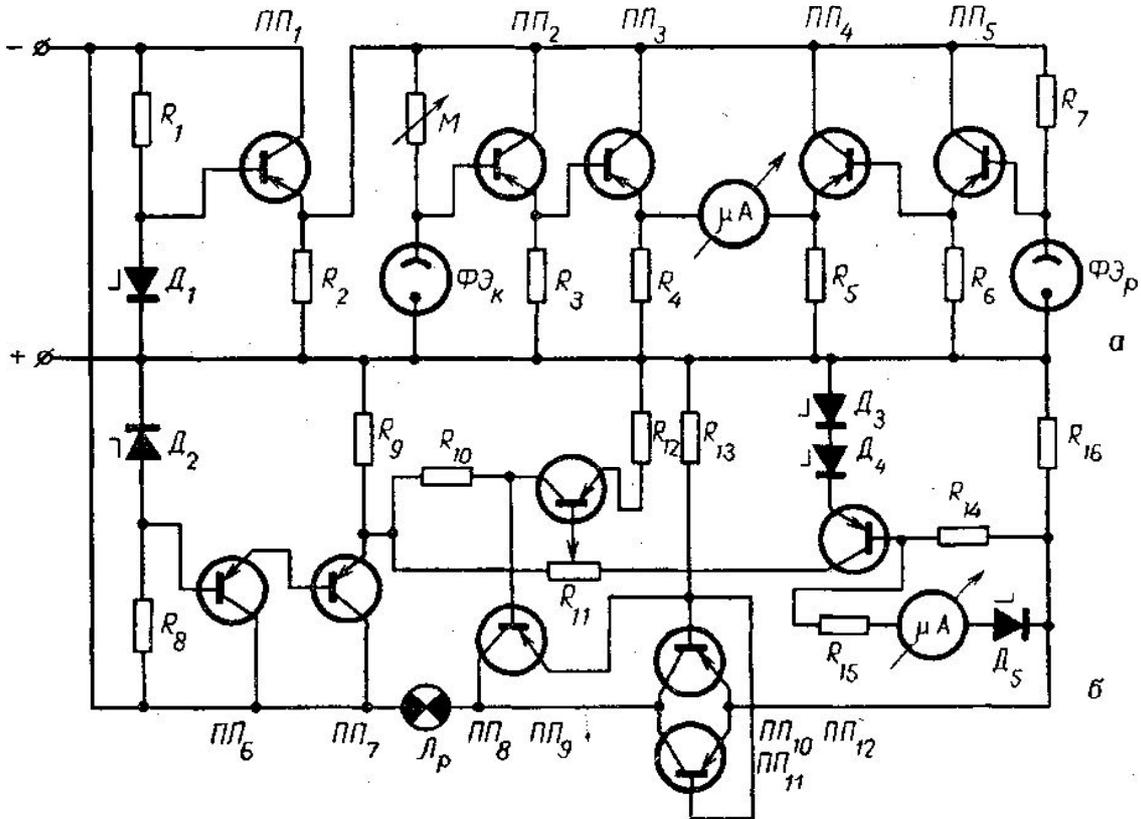


Рис. 2. Измерительная схема

ПП₉) и согласующий эмиттерный повторитель на ПП₈. Режим первого каскада усиления стабилизирован стабилитронами Д₃Д₄, а режим второго каскада — обратной связью по току, осуществляемой с помощью R₁₂. Схема усилителя питается от отдельного стабилизатора, опорный сигнал для которого снимается с Д₂. Схема позволяет осуществлять регулировку величины стабилизированного тока (R₁₁) от 0,7 до 1,2 А и обеспечивает стабилизацию тока накала лампы с точностью ±0,2% (при токе накала 1 А с точностью ±2 мА) при изменении питающего напряжения от 10 до 14 В и при изменении сопротивления нагрузки ±25%.

Контроль тока накала амперметром, включенным в цепь, слишком груб (так как при токе накала 1 А необходимо различать изменение тока порядка единиц мА), поэтому измерительный прибор включается в цепь обратной связи, где сигнал пропорционален току накала лампы. Для повышения точности измерения нами применен метод «растягивания» шкалы. Этот метод заключается в том, что нижний предел измерения поднимается с помощью стабилитрона Д₅, а верхний предел — ограничивается сопротивлением R₁₅. Примененная схема позволила получить цену деления измерительного прибора, равную 2 мА, а весь предел измеряемого тока — 200 мА (от 0,8 до 1 А), чем существенно улучшилась точность контроля тока накала осветительной лампы.

После прогрева схемы дрейф нуля не превышает 1—2 мкА, что составляет 1% поглощения света. При этом надо отметить, что если восстановить начальный ток накала, то восстанавливаются и показания выходного прибора. А это говорит о том, что источником дрейфа является изменение тока накала лампы.

График зависимости выходного сигнала от поглощения света, полученный при калибровке прибора нейтральными фильтрами в водопроводной воде, представлен на рис. 3. Здесь по оси абсцисс отложена величина тока выходного прибора, а по оси ординат — поглощение света в процентах (или мутность среды). На графике заметна слабо выраженная нелинейность. Подобные тарировки проводились для раз-

личных значений тока накала лампы, при этом происходило параллельное смещение графика, изменения формы кривой (при изменении тока накала $\pm 0,1$ А от номинального) не замечено. Этот факт показывает, что изменению поглощения света в одинаковых пределах соответствует одинаковый выходной сигнал независимо от положения начала отсчета прибора, т. е. дрейф нуля можно компенсировать и с полным основанием пренебрегать этим дрейфом при небольших временах измерения.

Приведем основные параметры прибора. Предел измеряемых значений поглощения света 0—92%. Погрешность прибора складывается из нестабильности тока

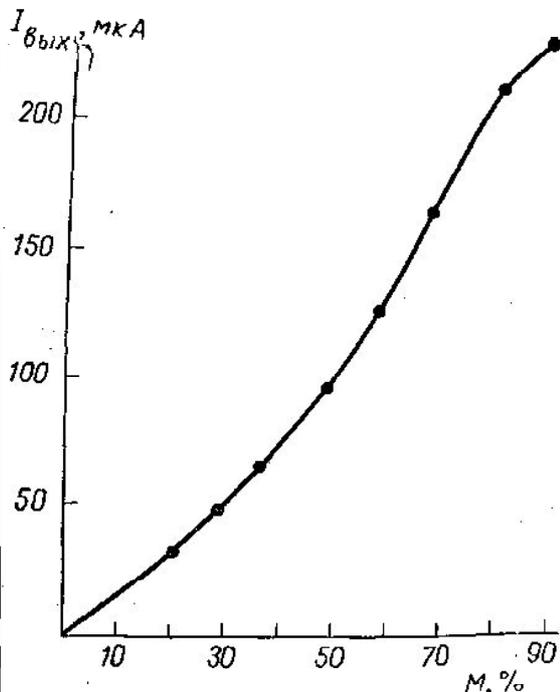


Рис. 3. Зависимость выходного сигнала от ослабления света

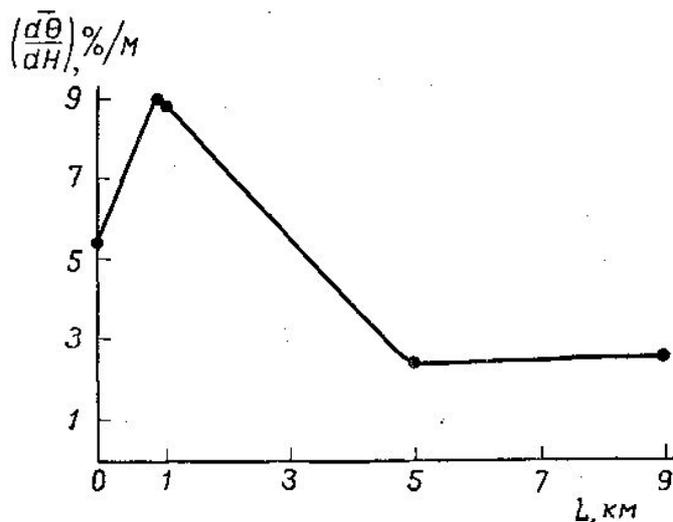


Рис. 4. Распределение мутности по вертикали в лотке и прозрачности в море

накала лампы ($\pm 0,2\%$), точности изготовления нейтральных фильтров ($\pm 0,1\%$) и точности регистрирующего прибора ($\pm 1,5\%$), для данного варианта прибора $\pm 2\%$. Потребляемая мощность 12 Вт при постоянном напряжении 12 В. Вес датчика (в воздухе, без кабеля) 8 кг, измерительного блока — 7 кг; габариты датчика $60 \times 80 \times 400$ мм, прибора $180 \times 250 \times 350$ мм.

Этот прибор использовался при исследовании придонных мутневых потоков на Черном море и на водохранилище Нурекской ГЭС. За время измерений прибор показал хорошую стабильность, удобство в работе и надежность в полевых условиях.

Другой вариант прибора был создан для лабораторных исследований поглощения света в мутневых потоках толщиной 10—20 мм (см. рис. 1, б). Свет от лампочки (1) фокусируется линзой (2) на срез светопровода (3). Диаметр светопровода равен 0,6 мм, а его концы оплавляются в виде линз. По светопроводу (3) световой поток, пройдя исследуемую среду, попадает в светопровод (4), по которому поступает к фотодиоду (5). Ввод светопроводов в корпус осуществлен с помощью специальных уплотнений (6). Постоянство величины зазора между светопроводами и предупреждение упора их в дно достигается жестким креплением светопроводов на металлических стойках (7) диаметром 1,5 мм. Фотодиод работает в вентильном режиме и подсоединен непосредственно к измерительному прибору с большим входным сопротивлением (порядка 1 мОм). Так как температура во время измерений менялась мало, то температурная компенсация и не предусматривалась.

Прибор обеспечивал получение на одной вертикали 7—8 значений поглощения света при толщине потока порядка 10 мм. Точность прибора составляет 5%.

В настоящее время известны два метода определения концентрации взвесей в плотностных потоках: батометрический и фотоэлектрический. Батометрический позволяет получить сразу несколько характеристик потока: температуру, соленость, концентрацию и гранулометрический состав взвесей. Однако этим методом можно производить только дискретные измерения, что явно не достаточно при изучении дина-

мики плотностных потоков. Фотоэлектрический метод позволяет по ослаблению света судить о распределении концентрации взвесей в плотностных потоках. Достоинством этого метода является его малоинерционность, что позволяет получать непрерывную запись изменения прозрачности во времени. Для иллюстрации на рис. 4, а представлено распределение мутности по вертикали, полученное нами в лотке с помощью описанного выше лабораторного прозрачномера. На рис. 4, б показано изменение прозрачности во времени на различных горизонтах, полученное в 14-метровом слое воды в Черном море в устье р. Дунай, в условиях развивающегося волнения. На этом рисунке отчетливо видна картина внутренних волн, полученная при помощи описанного прозрачномера.

Таким образом, фотоэлектрический метод может быть с успехом применен при исследовании динамики плотностных потоков и может оказаться полезным при исследовании других процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров В. П., Савин В. Г. Фотоэлектрический метод регистрации концентрации взвесей мелкодисперсных частиц. Тр. ин-та ВОДГЕО, вып. 26, 1970.
2. Карпов В. И. Полупроводниковые компенсационные стабилизаторы напряжения и тока. М., 1967.

Поступила в редакцию
5.3 1974 г.

Кафедра
физики моря и вод суши

УДК 532.529.5

Н. А. МИХАЙЛОВА, Д. Н. НАБОТОВ, В. П. ПЕТРОВ,
Ю. Г. ПЫРКИН, Б. И. САМОЛЮБОВ, П. М. СТЕПУНИН

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИРОДНОГО ПЛОТНОСТНОГО ПОТОКА В ВОДОХРАНИЛИЩЕ НУРЕКСКОЙ ГЭС НА р. ВАХШ

Изучение природных плотностных течений является одним из направлений исследований, проводимых на кафедре физики моря и вод суши [1]. Ввиду большого практического значения механизма образования и развития придонных плотностных потоков, вызывающих заливание водохранилищ, в ноябре 1973 г. были проведены измерения прозрачности воды в верхнем бьефе водохранилища Нурекской ГЭС на р. Вахш. Измерения проводились в период глубокой межени, когда отношения расходов воды и наносов к одноименным максимальным расходам по данным Гидрометеослужбы равны соответственно 7 и 140. По тем же данным около 70% взвешенных наносов имеют крупность менее 0,01 мм.

Прозрачность измерялась с помощью фотоэлектрического прозрачномера. Минимальное значение ослабления света в жидкости, разрешаемое этим прибором, равно 1%. Величина ослабления света во взвешенном потоке, выраженная в процентах, как доля задержанного в воде светового потока, определяется концентрацией и крупностью частиц в потоке и будет далее называться мутностью. Мутность увеличивается с ростом концентрации и пропорциональна ей при слабом насыщении потока наносами и однородном гранулометрическом составе.

Получены данные о распределении мутности (рис. 1) в пяти створах (в реке, в устье и в водохранилище). По оси ординат отложено расстояние от поверхности потока, а по оси абсцисс — мутность. Расстояния между створами, в которых велись измерения, равны 1; 0,1, 3,9 и 4 км. Эпюра мутности (рис. 1, а), относящаяся к участку реки до впадения ее в водохранилище, характеризует речной поток, содержащий взвешенные частицы на всех глубинах при сравнительно небольшой разности значений ослабления света у поверхности и у дна (26%). Существенное уменьшение мутности наблюдается лишь в тонком слое у поверхности воды.

Распределение мутности в устьевой зоне, в районе поверхностной границы мутной и чистой воды, отражено в вертикальных профилях (рис. 1, б, в), которые иллюстрируют область свала взвешенных наносов в глубь водохранилища. Эпюры мутности (рис. 1, г, д), относящиеся к вертикалям, существенно удаленным от места впадения реки в водохранилище, имеют другой вид, характеризующийся большими слоями (до 6 м) чистой воды у поверхности и значительно меньшими средними градиентами мутности в толще потока. Изменение распределения мутности в продольном сечении