

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ПРЕЗИДИУМ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

На правах рукописи

СПИРИДОНОВ ВЛАДИМИР ВАЛЕНТИНОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И  
СОЗДАНИЕ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Специальность 11.00.08 Океанология

Автореферат  
диссертации на соискании ученой степени  
кандидата технических наук

Севастополь - 1993

Работа выполнена в Морском гидрофизическом институте  
АН Украины

Научный руководитель: академик  
профессор Смирнов  
Геннадий Васильевич

Официальные оппоненты: доктор физико-  
математических наук,  
профессор Парамонов

Ведущая организация  
институт оптико-  
Защита диссертации  
в 12 часов на заседании  
Д 002. 06. 09 по по за  
степени кандидатов и до  
ском океанологическом  
г. Владивосток, ул. Ба

Автореферат раз

Ученый секретарь специализированного совета

В.Н.Новожилов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Оптические характеристики водной среды являются наиболее информативными при решении многих прикладных задач:

измерение спектрального показателя ослабления направленного света (прозрачности) воды позволяет выявлять причины происхождения загрязнений акватории взвешенными и растворенными веществами;

зоны повышенной мутности, связанные в основном с наличием планктона, позволяют прогнозировать биологическую продуктивность;

флуоресценция морской и речной воды позволяет определять качественный и количественный состав растворенных веществ;

оптические методы позволяют определять количественный состав взвеси по светорассеянию, определять параметры морского волнения;

с помощью оптических методов обнаруживаются поверхностные загрязнения воды нефтепродуктами;

динамика развития зоо- и фитопланктона, наиболее чувствительного к различного рода загрязнителям, указывает районы загрязнения задолго до возникновения чрезвычайной ситуации.

Достоверность измерений оптических характеристик определяется качеством аппаратуры, метрологическим обеспечением и апробированными методиками измерения.

Цель работы

Создание унифицированного измерительного канала (фотоприемного устройства) для гидрооптической аппаратуры. Для достижения поставленной цели были решены следующие научные задачи:

определить виды гидрооптических характеристик необходимых для решения прикладных задач и исследовать изменчивость этих гидрооптических характеристик, на основе этих исследований сформулировать требования к унифицированному фотоприемному устройству, разработать и создать фотоприемное устройство, определить его характеристики и степень влияния на них внешних факторов, проанализировать существующее метрологическое обеспечение, разработать и создать необходимые средства и методики.

#### Научная новизна

Впервые использован системный метод в разработке гидрооптической аппаратуры, позволяющий во всем ее многообразии выделить общие узлы (спектральной селекции и фотоприемное устройство), сформулировать к ним требования.

Такой метод позволил представить практически любой гидрооптический измеритель как совокупность трех функционально и конструктивно законченных блоков: оптического, спектральной селекции и фотоприемного. Последние два являются обязательными для любого гидрооптического измерителя. Создано фотоприемное устройство, на базе которого могут быть изготовлены приборы для измерения как собственных оптических характеристик морской воды (первичных), так и для измерения солнечной энергии, проникающей в глубину водных масс (вторичных гидрооптических характеристик).

#### Практическая ценность

Создание фотоприемного устройства для гидрооптических измерителей позволяет при минимальных временных и материальных затратах повысить надежность гидрооптической аппаратуры, ее технологичность, а также достоверность результатов измерений

Разработанное фотоприемное устройство может быть использовано в составе аппаратуры при океанографических исследованиях свойств и состава морской воды.

В гидрооптических комплексах Исток-6, Галс-3, БИТИП используются измерители показателя ослабления (прозрачномеры) и облученности, которые созданы на основе разработанного фотоприемного устройства. Перечисленные комплексы успешно эксплуатируются на судах "Михаил Ломоносов", "Академик Вернадский" Морского гидрофизического института АН Украины, "Академик Николай Андреев" Московского акустического института.

#### Апробация работы и публикации

Результаты исследований, представленных в диссертации докладывались и обсуждались: на Всесоюзных конференциях "Фотометрия и ее метрологическое обеспечение" (г. Москва, 1984 г.), на заседаниях Рабочей группы по оптике моря (Таллин, 1980 г.; Байкал, 1984 г.), на семинарах научных отделов ВНИИОФИ и ИО АН (1986 г.).

По материалам исследований автором и в соавторстве опубликовано 14 научных работ, получено три авторских свидетельства.

#### Объем диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, списка литературы. Содержание изложено на 109 листах включая список литературы 106 наименований, 33 рисунка и 3 таблицы.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность гидрооптических исследований, показана важность измерения гидрооптических характеристик. Раскрыт системный метод в оценке гидрооптических измерителей, в результате которого выделены общие узлы для этих приборов.

В первой главе проводится анализ гидрооптических характеристик, исследуются методы их измерения и анализируются диапазоны изменения этих характеристик.

Все гидрооптические характеристики подразделяются на собственные, присущие самой водной среде (первичные) и на характеристики распространения естественного (солнечного) излучения (вторичные).

Оптические свойства воды главным образом зависят от двух факторов: от концентрации растворенных органических и неорганических веществ, а так же от содержания взвешенного вещества (частиц). Для определения концентрации некоторых растворенных веществ наиболее информативной оптической характеристикой является спектральный показатель ослабления (или поглощения) направленного света. Для качественной и количественной оценки взвешенных в воде частиц необходимо измерение индикатрисы рассеяния.

Измерение спектральных характеристик светового поля (яркость, облученность, биолюминесценция и т.д.) в физической зоне позволяет оценивать биологическую продуктивность водной среды. Последняя косвенно дает информацию о степени загрязнения водоема, так как фито- и зоопланктон очень чувствителен к различного рода загрязняющим и отравляющим веществам.

Из всего многообразия гидрооптических характеристик наиболее информативными для решения большинства прикладных задач являются: спектральный показатель ослабления направленного света (прозрачность), индикатриса рассеяния, спектральный показатель поглощения, спектральная облученность, биолюминесценция.

Анализ результатов измерения перечисленных характеристик различными авторами позволил выделить максимальный динамичес-

кий диапазон изменения световой энергии при измерении спектральной облученности. Он составляет  $1 \cdot 10^6$ . Изменение световой энергии при измерении всех остальных характеристик не превышает этой величины.

Спектральный диапазон измерения определяется спектральными свойствами водной среды и составляет 360 - 780 нм.

При анализе гидрооптических характеристик одновременно с динамическим диапазоном оценивалась необходимая чувствительность для измерителей первичных и вторичных характеристик. На более высокие требования в части чувствительности предъявляются к измерителям показателя поглощения ( $1 \cdot 10^{-5}$ ,  $m^{-1}$ ). Однако прямое измерение этой характеристики в настоящий момент представляет все еще очень сложную техническую задачу из-за отсутствия необходимых отечественных фотоприемников, поэтому требования к фотоприемному устройству в части чувствительности определяет показатель ослабления ( $1 \cdot 10^{-3}$ ,  $m^{-1}$ ).

Из приведенного анализа сформированы требования, которым должно соответствовать фотоприемное устройство:

динамический диапазон	$10^6$
чувствительность, $m^{-1}$	$1 \cdot 10^{-3}$
спектральный диапазон, нм	350 - 780
погрешность, не более	3%

Подробный анализ существующей аппаратуры показал, что большинство авторов-разработчиков при описании своих приборов ограничиваются упоминанием только типа фотоприемника и способа передачи информации из погружаемого прибора. Но даже такая ограниченная информация позволила выявить огромное разнообразие типов фотоприемников и способов передачи информации.

Это еще раз подчеркивает, что при разработке гидрооптической аппаратуры авторам каждый раз приходится решать одни

и те же задачи по преобразованию световой энергии в электрический сигнал и передачи его в бортовое устройство.

Вторая глава посвящена созданию фотоприемного устройства.

Основываясь на технических требованиях, предъявляемых к разрабатываемому фотоприемному устройству, разработана и обоснована структура этого устройства. Определены необходимые узлы и сформулированы требования к составным частям устройства.

Основным узлом, определяющим качество фотоприемного устройства, является фотоприемник. Из существующих отечественных фотоприемников (фотодиоды, фотосопротивления, фотоумножители) последние наиболее отвечают предъявляемым требованиям в части чувствительности. Кроме этого необходимый спектральный диапазон обеспечивается именно ФЭУ, в то время как полупроводниковые фотоприемники практически не чувствительны в ближней УФ- и фиолетовой области спектра (рис. 1).

Существующие фотоприемники обладают определенными недостатками, среди которых в первую очередь следует отметить нестабильность коэффициента преобразования лучистого потока в электрический сигнал. Изменение коэффициента происходит под действием температуры, магнитного поля, величины светового потока, времени и т.д.

Одним из эффективнейших способов поддержания постоянства коэффициента является периодическая коррекция его по опорному световому сигналу. При таком способе в цепь обратной связи попадает весь измерительный канал, включается фотоприемник.

В качестве источника опорного светового сигнала может быть использован собственный источник света (для измерителей первичных гидрооптических характеристик) или искусственный источник (для измерителей вторичных гидрооптических характеристик).

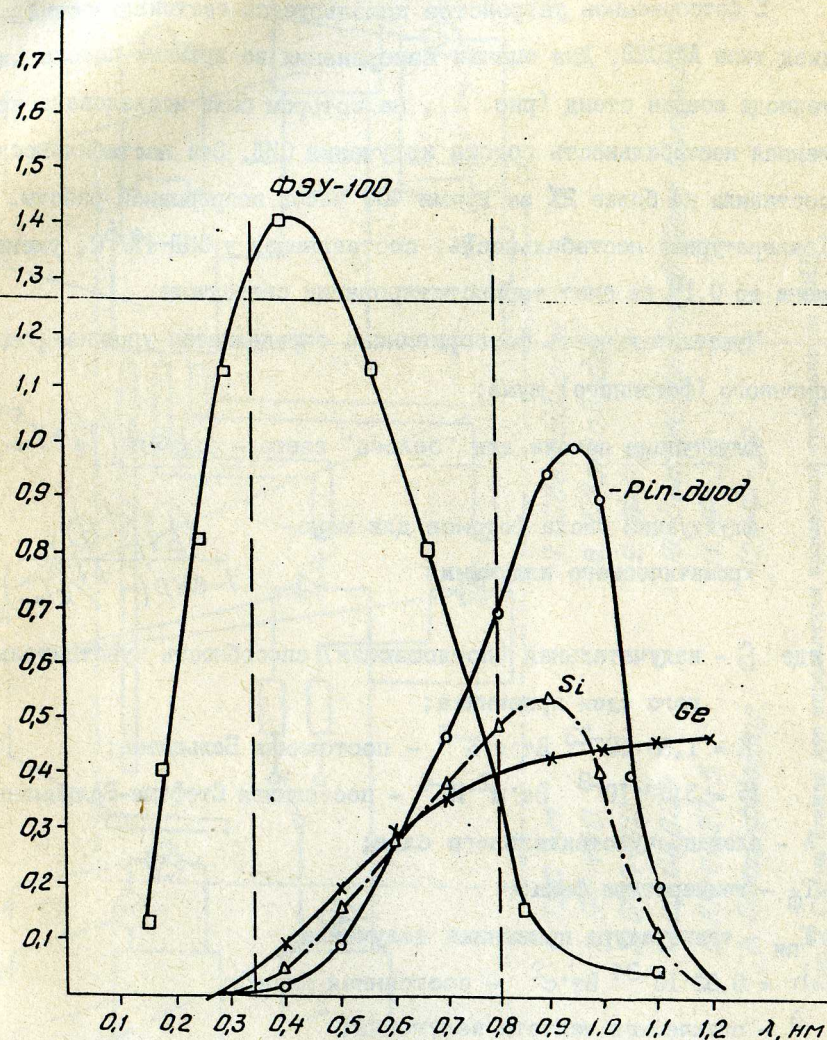


Рис. 1 Спектральные характеристики фотодиодов и фотокатода ФЭУ-100

В фотоприемном устройстве используется светоизлучающий диод типа АЛЮ2В. Для оценки измерения во времени потока светодиода создан стенд (рис. 2), на котором была исследована временная нестабильность потока излучения СИД. Эта нестабильность составила не более 2% за время 400 часов непрерывной работы. Температурная нестабильность, составляющая у СИД 1%/°С, уменьшена до 0,1% за счет термостатирования светодиода.

Чувствительность фотоприемника определяется уровнем радиационного (фотонного) шума:

флуктуации потока для "белого" света -  $8\epsilon k\sigma A (T_{\phi}^5 + T_{\text{пн}}^5)$

флуктуации числа фотонов для монохроматического излучения

$$\frac{(h\nu)^{-1} \Phi_{\nu}}{1 - \exp(-h\nu/kT_{\text{пн}})}$$

где  $\epsilon$  - излучательная (поглощающая) способность чувствительного слоя приемника;

$K = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Вт} \cdot \text{с} \cdot \text{К}^{-1}$  - постоянная Больцмана;

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}^{-4}$  - постоянная Стефана-Больцмана;

$A$  - площадь чувствительного слоя;

$T_{\phi}$  - температура фона;

$T_{\text{пн}}$  - температура приемника излучения;

$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Вт} \cdot \text{с}^2$  - постоянная Планка;

$\nu$  - оптическая частота излучения;

$\Phi_{\nu}$  - монохроматический поток излучения.

Для экспериментальной оценки уровня шумов фотоприемника на спектроанализаторе типа 2010 фирмы Брюль и Кьер была снята спектральная плотность шума фотумножителей типа ФЭУ-100. Количество ФЭУ - 5 штук. На рис. 3 и 4 представлены эти характеристики

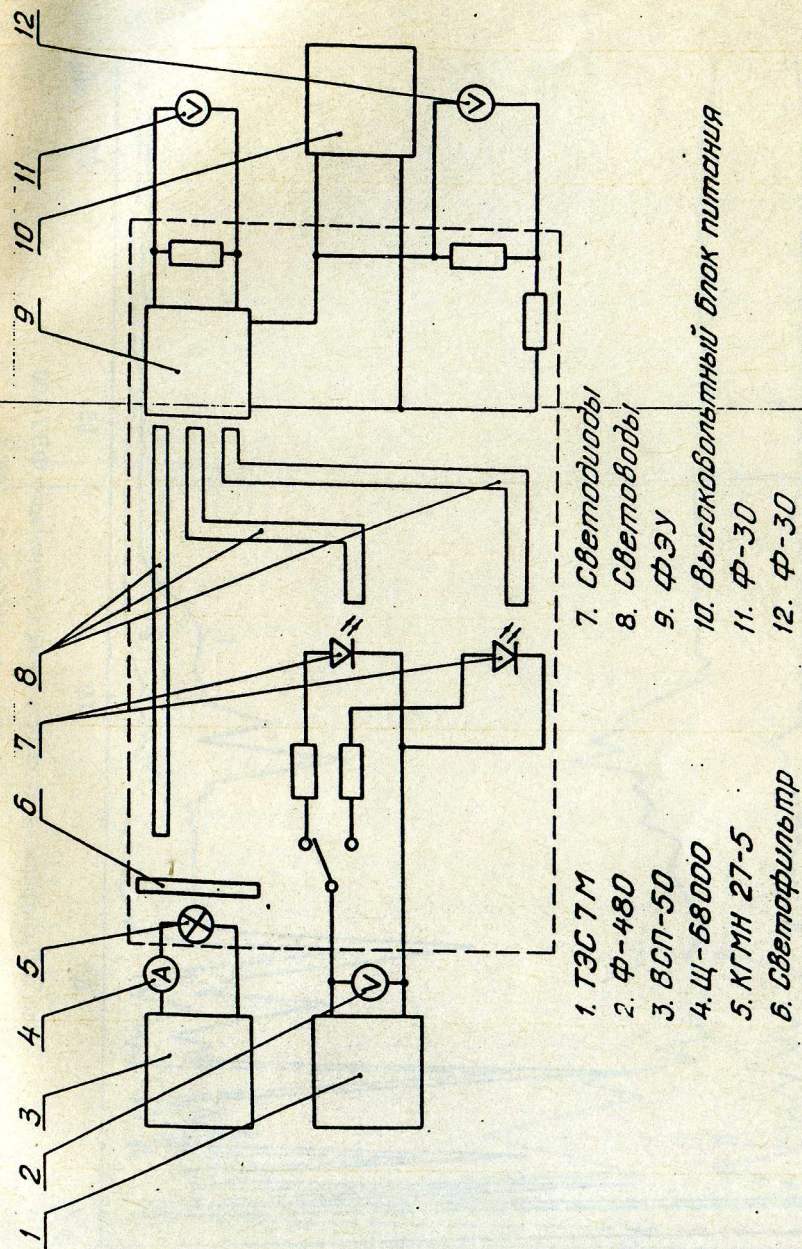


Рис. 2 Схема стенда для определения временной стабильности СИД

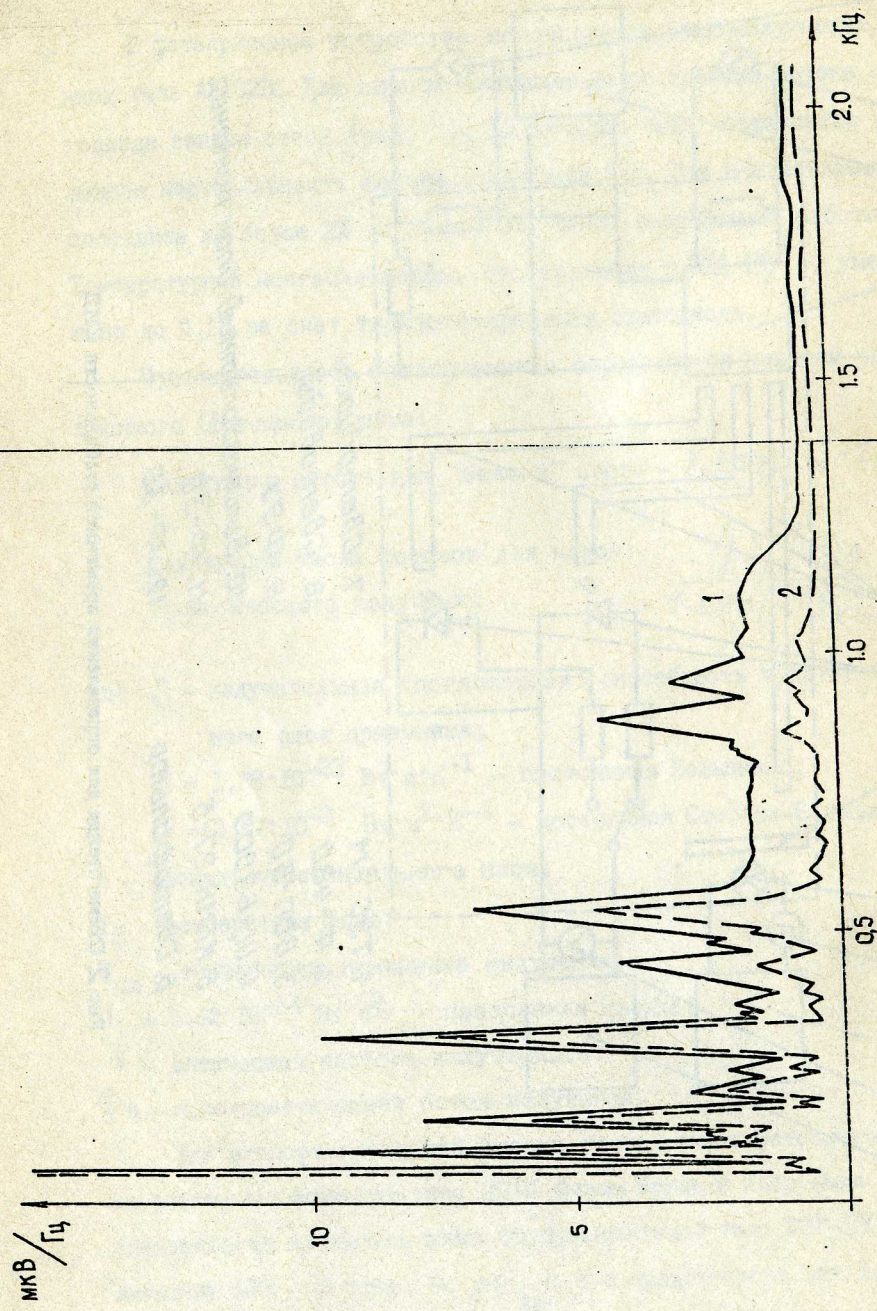


Рис. 3 Спектральная плотность шума затемненного ФЭУ-100 при напряжении питания: 1 - 1200 В, 2 - 500 В

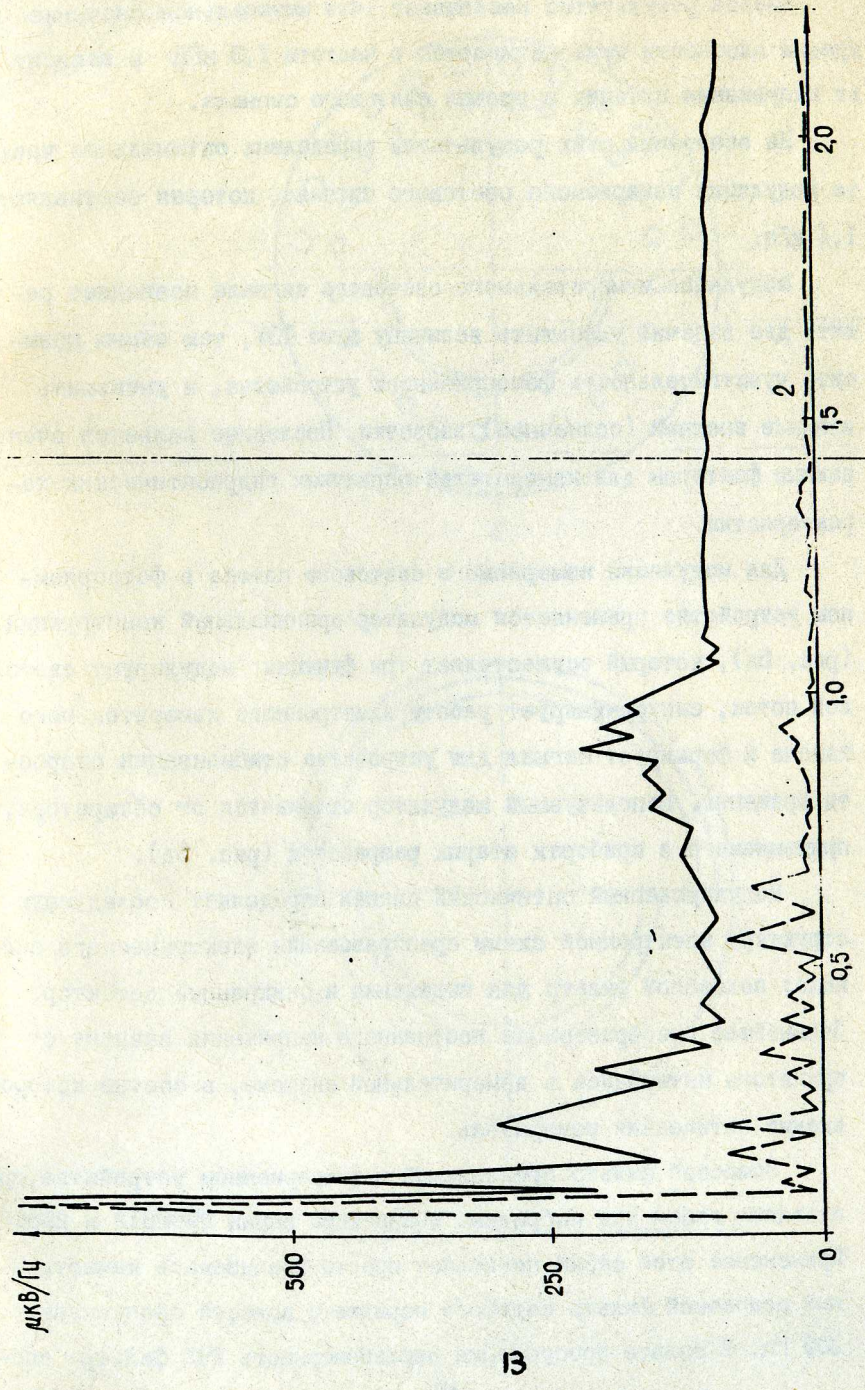


Рис. 4 Спектральная плотность шума засвеченного ФЭУ-100 при напряжении питания: 1 - 1200 В, 2 - 500 В

Анализ результатов показывает, что минимальное значение уровня плотности шума начинается с частоты 1,3 кГц и зависит от напряжения питания и уровня светового сигнала.

На основании этих результатов определена оптимальная частота модуляции измеряемого светового сигнала, которая составляет 1,4 кГц.

Модуляция измерительного светового сигнала позволяет решить две задачи: уменьшить величину шума ФЭУ, тем самым повысить чувствительность фотоприемного устройства, и уменьшить влияние внешней (солнечной) засветки. Последнее является очень важным фактором для измерителей первичных гидрооптических характеристик.

Для модуляции измеряемого светового потока в фотоприемном устройстве применяется модулятор оригинальной конструкции (рис. 5а), который осуществляет три функции: модулирует световой поток, синхронизирует работу электронного измерительного канала и формирует сигнал для устройства стабилизации скорости вращения. Используемый модулятор отличается от обтюратора, применяемого в приборах старых разработок (рис. 5б).

Модулированный оптический сигнал определяет последующую структуру электронной схемы преобразования электрического сигнала: полосовой фильтр для выделения и синхронный детектор. Дальнейшее преобразование постоянного напряжения зависит от принятого интерфейса в измерительной системе, в состав которой входит оптический измеритель.

Полосовой фильтр, применяемый в фотоприемном устройстве, представляет собой две гибридные микросхемы серии 298ФВ12 и 298ФН13. Применение этой серии позволяет просто реализовать качественный полосовой фильтр седьмого порядка с полосой пропускания 300 Гц. В полосе пропускания неравномерность АЧХ фильтра сос-

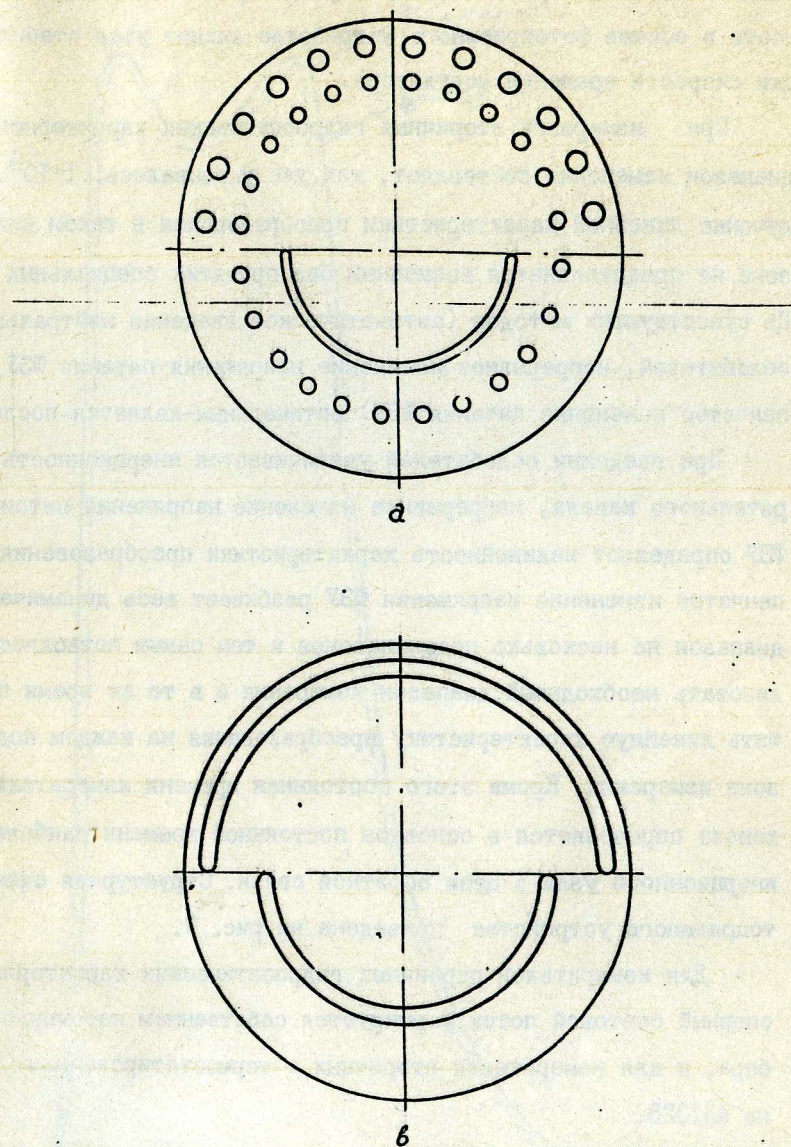


Рис. 5 Модулятор (а) и обтюратор (б)



твляет около 3% (рис. 6), поэтому, для уменьшения этой погрешности в состав фотоприемного устройства входит узел стабилизации скорости вращения модулятора.

При измерении вторичных гидрооптических характеристик диапазон изменения составляет, как уже указывалось,  $1 \cdot 10^6$ . Получение линейной характеристики преобразования в таком диапазоне не представляется возможным без принятия специальных мер. Из существующих методов (автоматическое введение нейтральных ослабителей, непрерывное изменение напряжения питания ФЭУ, ступенчатое изменение питания ФЭУ) оптимальным является последний.

При введении ослабителей увеличивается инерционность измерительного канала, непрерывное изменение напряжения питания ФЭУ определяет нелинейность характеристики преобразования. Ступенчатое изменение напряжения ФЭУ разбивает весь динамический диапазон на несколько поддиапазонов и тем самым позволяет реализовать необходимый диапазон измерения и в то же время получить линейную характеристику преобразования на каждом поддиапазоне измерения. Кроме этого постоянная времени измерительного канала определяется в основном постоянной времени наиболее инерционного узла в цепи обратной связи. Структурная схема фотоприемного устройства приведена на рис. 7.

Для измерителей первичных гидрооптических характеристик опорный световой поток формируется собственным источником прибора, а для измерителей вторичных — термостатированным СИИ типа АЛ102В.

Измеряемый световой поток через оптическую схему попадает на входную диафрагму модулятора. После модулятора по световоду поток поступает на фотоприемник. Опорный световой поток поступает на тот же модулятор и после него по другому световоду поступает на тот же фотоприемник. С выхода ФЭУ последо-

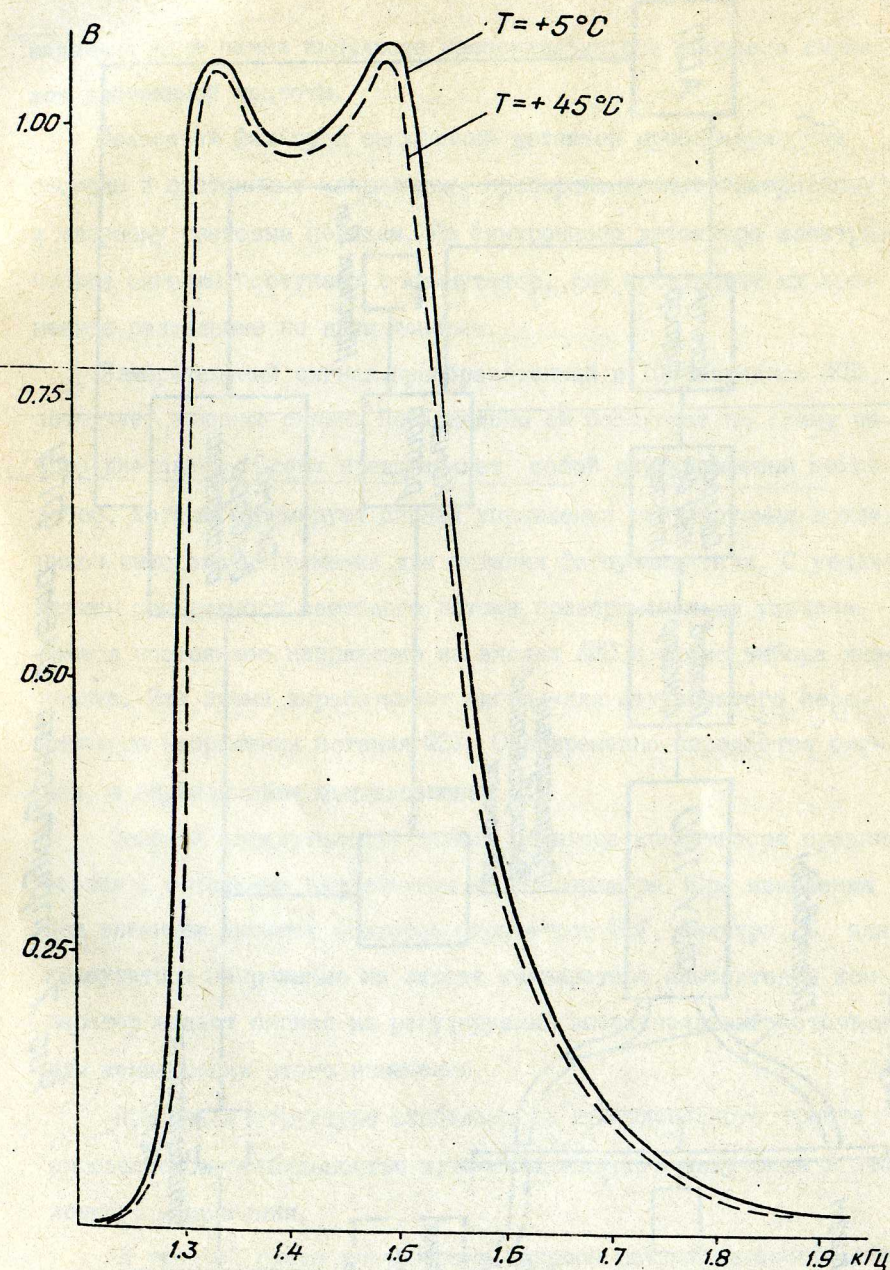


Рис. 6 Зависимость АЧХ фильтра серии 298 от температуры

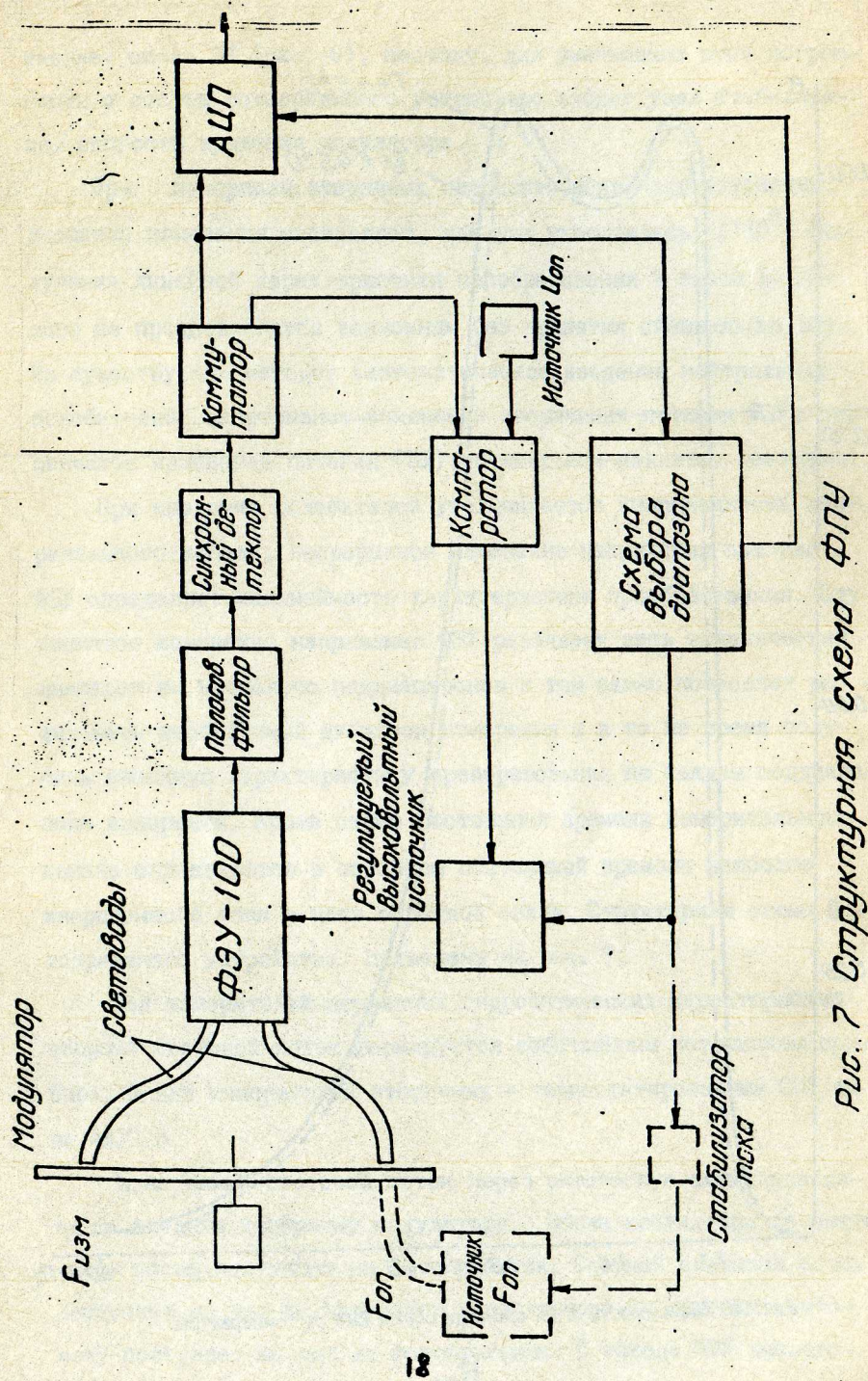


Рис. 7 Структурная схема ФПУ

вательно идут пачки импульсов измерительного и опорного сигналов постоянной частоты.

Полосовой фильтр и синхронный детектор преобразует эти сигналы в постоянные напряжения, пропорциональные измеряемому и опорному световым потокам. Из синхронного детектора электрические сигналы поступают в коммутатор, где происходит их временное разделение по двум каналам.

Измерительный сигнал, преобразованный в 10-разрядном АЦП, поступает в линию связи. Параллельно он поступает на схему выбора диапазона. Схема представляет собой двухуровневый компаратор, который формирует сигнал управления регулируемым источником высокого напряжения для питания фотоумножителя. С увеличением измеряемого светового потока пропорционально увеличивается постоянное напряжение на входах АЦП и схеме выбора диапазона. Эта схема вырабатывает сигнал для ступенчатого переключения напряжения питания ФЭУ. Одновременно передается сигнал о переключении поддиапазона.

Опорный электрический сигнал с выхода коммутатора сравнивается с эталонным напряжением на компараторе. При изменении под влиянием внешних факторов параметров ФЭУ, фильтра, С или коммутатора напряжение на выходе компаратора изменится и компаратор выдаст сигнал на регулируемый высоковольтный источник для компенсации этого изменения.

При такой структуре стабильность измерительного тракта определяется стабильностью источника опорного излучения и эталонного напряжения.

В третьей главе рассмотрены вопросы метрологического обеспечения гидрооптических измерений, а так же исследованы характеристики фотоприемного устройства. Существующие государственные эталоны (ГЭ) и средства энергетической фотометрии не мо-

гут обеспечить гидрооптические измерения в полном объеме, так как в настоящий момент для аттестации таких измерителей в водной среде нет государственных эталонов и государственных поверочных схем. Для градуировки измерителей показателей ослабления (прозрачномеров) разработчики используют нейтральные ослабители типа НС. При этом градуировка проводится на воздухе в нормальных условиях. Способ градуировки с помощью эталонных растворов не нашел распространения из-за сложности их приготовления и поддержания постоянства их характеристик. В то же время использование в качестве рабочих эталонов нейтральных светофильтров несет ряд погрешностей. Оценка существующих погрешностей при измерениях *in situ* показателей рассеяния и поглощения вообще пока не проводилась.

Для градуировки измерителей вторичных гидрооптических характеристик на воздухе возможно использовать существующие государственные эталоны спектральной плотности энергетической облученности (СПЭО) и спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ), а так же государственные поверочные схемы. Эти эталоны и схемы позволяют передать единицы измерения с погрешностью не более 16%. Основным недостатком такой аттестации заключается в том, что она проводится на воздухе.

При измерениях в водной среде возникают дополнительные погрешности, которые зависят от конструкции оптических блоков измерителей. Поэтому на данном этапе развития метрологического обеспечения гидрооптических измерений получение абсолютных значений измеряемых оптических характеристик морской воды представляется достаточно проблемным. В то же время оценка стабильности характеристик гидрооптических измерителей а так же определение вида характеристики преобразования не представляется нереальным при наличии соответствующих методик.

Для оценки степени влияния временного фактора, температуры, а так же для градуировки измерителей в экспедиционных условиях разработана методика и устройство. Устройство для градуировки содержит лампу накаливания типа КГМ-5-27, закрепленную в тубусе. Тубус может закрепляться на крышке измерителя, тем самым передавая световую энергию на иллюминатор. Питание лампы излучателя осуществляется от стабилизатора тока. Стабилизатор позволяет задавать пять значений тока накала лампы, тем самым обеспечивая проверку статической характеристики фотоприемного устройства по пяти точкам.

Для оценки основных метрологических характеристик измерителей облученности в лабораторных условиях была разработана и изготовлена установка, которая является образцовым средством измерения. Для воспроизведения СПЭО и СПЭЯ в установке используется светоизмерительная лампа типа СИС 107-1000, аттестованная по образцовой ленточной лампе ТРУ 1100-2350.

В основу принципа воспроизведения СПЭО в диапазоне  $1 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>3</sup> положен закон обратных квадратов расстояний: облученность вдоль оси излучения изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния от источника излучения. Значение СПЭО определяется по формуле:

$$E_i(\lambda) = \frac{E_0(\lambda) \cdot \ell_0^2}{\ell_i^2}$$

где  $E_0(\lambda)$  - СПЭО, создаваемая лампой на расстоянии  $\ell_0 = 1$  м от нити накала, Вт/м<sup>3</sup>;

$\ell_i$  - переменное расстояние от нити накала от передней плоскости иллюминатора измерителя.

На этой установке были определены основные метрологические характеристики фотоприемного устройства: динамический диапазон измерения, цена единицы наименьшего разряда и погрешность

измерения (на воздухе). По результатам метрологической аттестации динамический диапазон составил  $10^7$ , цена единицы наименьшего разряда -  $1,03 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{нм}}$  (для первого самого чувствительного поддиапазона). Приведенная погрешность аппроксимации статической характеристики полиномом первой степени на каждом поддиапазоне не превышает 3,8%.

Чувствительность для измерителя показателя ослабления (прозрачномера) составила  $0,001 \text{ м}^{-1}$ , а погрешность аппроксимации статической характеристики полиномом первой степени не превышала  $0,01 \text{ м}^{-1}$ .

Кроме определения основных характеристик фотоприемного устройства, были проведены исследования влияния внешних условий (температуры, времени, давления, солнечного света) на фотоприемное устройство.

Влияние температуры и времени компенсируется применением термостатированного источника излучения СИД типа АЛ102В и схемотехническим решением (в цель отрицательной обратной связи включены все элементы измерительного тракта). Коррекция коэффициента передачи тракта осуществляется автоматическим изменением напряжения питания фотоумножителя.

Гидростатическое давление оказывает воздействие только на отдельные элементы оптической схемы, а на фотоприемное устройство не влияет.

Компенсация внешней засветки для измерителей первичных характеристик осуществляется применением модулятора.

Четвертая глава содержит результаты измерения гидрооптических характеристик приборами, изготовленными на основе созданного фотоприемного устройства.

При этом измерения проводились как отдельными приборами (типа буксируемый измеритель БИИП), так и приборами, являющимися составными частями гидрологических комплексов (типа "Исток-6" и "Галс-3").

Фотоприемное устройство как унифицированный блок в гидрооптических измерителях используется с 1984 года. Полученный при этом экспериментальный материал позволяет сделать вывод о эксплуатационной надежности фотоприемного устройства. В экспедициях проводились исследования стабильности коэффициента преобразования  $C_I$  и начального отсчета  $C_0$  прибора.

$$A = C_0 + C_I \cdot N$$

где  $A$  - измеряемая гидрооптическая характеристика;

$C_0$  - начальный отсчет;

$C_I$  - коэффициент преобразования (усиления);

$N$  - выходной сигнал (код или напряжение).

Результаты оценки стабильности коэффициента преобразования  $C_I$  для измерителей первичных гидрооптических характеристик показали, что изменение этого коэффициента примерно за три месяца эксплуатации в условиях морской экспедиции не превышает 2% от диапазона измерения.  $C_0$  корректируется перед каждым зондированием, так как основной вклад в его изменение вносит загрязнение поверхности иллюминатора и отражателя.

Для измерителей вторичных гидрооптических характеристик среднеквадратическая погрешность за три месяца эксплуатации не превышала 3,7%.

#### Основные результаты

1. Обоснована важность гидрооптических характеристик в задачах изучения Мирового океана (прогнозирование биологи-

ческой продуктивности, оценки загрязнения акватории продуктами деятельности человека и т.д.).

Проведен анализ существующей аппаратуры для измерения этих характеристик.

На основе системного анализа существующей аппаратуры в гидрооптических приборах выделены блоки, являющиеся общими для каждого измерителя (блок спектральной селекции и фотоприемное устройство). На основе анализа изменчивости гидрооптических характеристик сформулированы требования к унифицированному фотоприемному устройству.

2. Разработана конструкция фотоприемного устройства, отвечающая сформулированным требованиям (динамическому диапазону измерения, спектральному диапазону, чувствительности, стабильности).

Спектральный диапазон обеспечивается применением фотоприемника типа ФЭУ-100 с сурмяно-натриево-калиево-цезиевым фотокатодом, обеспечивающим измерения в области спектра 350-780 нм.

Динамический диапазон измерения  $10^7$  обеспечивается автоматическим разбиением на четыре поддиапазона, каждый из которых составляет 100. Статическая характеристика преобразования на каждом поддиапазоне линейна.

Стабильность обеспечивается применением термостабилизированного источника излучения светодиода типа АЛИ02В.

3. Исследовано метрологическое обеспечение гидрооптических измерений. Проведена оценка возможных погрешностей измерений как в нормальных условиях, так и в рабочих.

Разработана методика и средства для оценки характеристик фотоприемного устройства.

Определена степень влияния температуры, давления, внешнего света на характеристики ФПУ.

4. Проведены измерения гидрооптических характеристик приборами, изготовленными на основе разработанного фотоприемного устройства.

Приведены характерные изменения гидрооптических характеристик в различных районах исследования Мирового океана. Показана корреляция показателя ослабления, температуры морской воды и количества взвешенных частиц.

Основное содержание работы изложено в следующих публикациях:

1. Афонин Е.И., Спиридонов В.В. — Погрешности измерения показателя ослабления направленного света морской водой. — МГИ, 1977, № I (76).

2. Агафонов Е.А., Спиридонов В.В. и др. Буксируемый измеритель для исследования гидрофизических характеристик. — В кн.: Методы и аппаратура для океанографических исследований. — 1982.

3. Афонин Е.И., Спиридонов В.В. К методике градуировки фотометров для измерения показателя ослабления направленного света. — МГИ, 1972, № I (57).

4. Афонин Е.И., Ли М.Е., Спиридонов В.В., Сорокина Н.А. Оптические исследования вод антициклонического вихревого образования. — МГИ, 1979, № 2 (85).

5. Спиридонов В.В., Чепыженко А.И. — А.С. № И120176 Фотометр I/44 Б.И. № 39, 1984 г.

6. Спиридонов В.В., Чепыженко А.И. Способы логарифмирования электрических сигналов в гидрооптических измерителях. — В кн.: Оптические методы изучения океанов и внутренних водоемов. — Таллин, 1980.

7. Спиридонов В.В., Чепыженко А.И., Балахнина Л.А. К вопросу градуировки прозрачномеров на воздухе. — В кн.:

Тез. докладов 5-я Всесоюзная научно-техническая конференция.

"Фотометрия и ее метрологическое обеспечение". - М., 1984 г.

8. Спиридонов В.В., Чепыженко А.И. Унифицированное фото-приемное устройство. - В кн.: Тез. докладов 5-я Всесоюзная конференция "Фотометрия и ее метрологическое обеспечение". -

М., 1984 г.

9. Забурдаев В.И., Иваненко М.И., Спиридонов В.В. и др.

Отчет по теме: "Разработать зондирующий гидролого-оптико-химический комплекс в кабельном и автономном варианте для измерения температуры, электрической проводимости, показателя ослабления, освещенности, растворенного кислорода, биопотенциала до глубины 6000 м. - Рег. № 81067123 МГИ АН УССР

г. Севастополь.

10. Спиридонов В.В., Чепыженко А.И. - А.С. № 781836

Разностно-логарифмический преобразователь Б.И. № 43, 23.11.80

11. Спиридонов В.В., Чепыженко А.И., Тютюнов А.П. -

Унификация измерителей гидрооптических характеристик. - В сб.:

Круговорот веществ и энергии в водоемах, Выпуск УШ, г. Иркутск,

1985 г.

12. Спиридонов В.В., Чепыженко А.И. Гидрооптические измерители *in situ*. - В сб.: Круговорот веществ и энергии в водоемах, выпуск УШ, г. Иркутск, 1985 г.

13. Афонин Е.И., Спиридонов В.В. Сканирующий телефото-метр с автоматическим управлением для исследования спектрального состава восходящего от моря излучения. - В сб.: X пленум "Оптика моря и атмосферы", тезисы доклада. Л., 1988 г.

14. Ли М.Е., Спиридонов В.В., Сячинов В.В., Шустов Ю.А.

Многоканальный фотометр для дистанционных измерений спектральной яркости водной поверхности. - В сб.: Оптические методы изучения океанов и внутренних водоемов "Наука", г. Новосибирск 1979 г.

15. Спиридонов В.В., Чепыженко А.И., Афонин Е.И., Ли М.Е. А.С. №1241070 - Фотоприёмное устройство 1/44 Б.И. № 24, 1986

Спиридонов Владимир Валентинович

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И  
РАЗРАБОТКА АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Автореферат

Подписано в печать \_\_\_\_\_ 1993 г.

Формат бумаги 60x90 1/16 Объем

Отпечатано на ротапринтере Морского гидрофизического  
института АН Украины. Зак. № 458 тир. 100

335000, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2.