Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

РД 52.24.729 2010

ДИСТАНЦИОННАЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ВИДИМОМ ДИАПАЗОНЕ ВОЛН С МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Ростов-на-Дону
2010

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Государственным учреждением Гидрохимический институт (ГУ ГХИ)

2 РАЗРАБОТЧИКИ Б.Л. Сухоруков, д-р физ.-мат. наук, И.В. Новиков, канд. физ.- мат. наук

3 СОГЛАСОВАН с УМЗА Росгидромета 21.05.2010
и ГУ НПО «Тайфун» 11.05.2010

4 УТВЕРЖДЕН Заместителем Руководителя Росгидромета 24.05.2010

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН ЦМТР ГУ «НПО «Тайфун» за номером РД 52.24.729-2010 от 27.05.2010

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ



У ГХИ, 2010

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Средства измерений, вспомогательные устройства 3
5 Метод измерений 3
6 Подготовка к выполнению измерений 4
7 Выполнение измерений 5
8 Требования безопасности 8
9 Требования к квалификации операторов 8
11 Контроль качества результатов измерений 9
11.1 Общие положения 9
11.2 Алгоритм оперативного контроля процедуры выполнения измерений 9
12 Оформление результатов измерений 10
Библиография 22

Введение

Спектры яркости восходящего от воды излучения (или спектры коэффициентов яркости восходящего от воды излучения) [1] несут информацию о состоянии водного объекта и о процессах, происходящих в водных экосистемах (внутриводоемных процессах). Используя отдельные области этих спектров, в результате решения обратной задачи, определяют концентрации находящихся в воде видимых компонентов: минеральных взвешенных и растворенных органических веществ, а так же пигментов фитопланктона, основной из которых – хлорофилл «а» [2]-[5]. Используя другой путь интерпретации спектрометрической информации, определяют параметры состояния водной экосистемы по оптическим показателям.

Правильность и качество получаемых результатов непосредственно зависят от качества спектрометрической информации, являющейся первичной. Качество последней, в свою очередь, зависит от способа и условий получения спектров яркости восходящего от воды излучения и спектров эталона.

Съемку водного объекта возможно проводить с различных носителей: мостовых переходов, при расстоянии объектива спектрометра от поверхности воды от метра до десятков метров, с борта судна, с борта специально оборудованных самолетов и вертолетов.

Настоящий руководящий документ регламентирует работу по съемке с серийно выпускаемым портативным спектрометром S41 с мостовых переходов. Настоящий руководящий документ разработан на основании плана НИОКР Росгидромета на 2007-2009 гг. по теме 4.4.2.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

ДИСТАНЦИОННАЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ВИДИМОМ ДИАПАЗОНЕ ВОЛН С МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Дата введения - 2010-06-01

1 Область применения

1.1 Настоящий руководящий документ устанавливает процедуру проведения дистанционной спектрометрической съемки (далее – съемка) водных объектов в видимом диапазоне волн с мостовых переходов спектров яркости и коэффициентов яркости восходящего от воды излучения поверхностных водных объектов в видимом диапазоне электромагнитного спектра от 420 до 750 нм включительно[1]-[5].

1.2 Съемку проводят на водных объектах в дневное время. Естественное ограничение проведения измерений спектров состоит в отсутствии на водном объекте ледяного покрова. Время проведения съемки определяется зенитным расстоянием солнца и для средней полосы России, в период с мая по ноябрь, наиболее качественные результаты получают при съемке в течение от 11 до 16 часов московского времени в безоблачную погоду. Отношение яркости эталона, измеренной при длине волны 665 нм к яркости эталона, измеренной при длине волны 533 нм, в этом случае находится в диапазоне от 0,5 до 0,55 включительно.

1.3 Настоящий руководящий документ предназначен для использования в лабораториях, осуществляющих оперативный мониторинг водных объектов и экологического состояния поверхностных водных объектов при изучении внутриводоемных процессов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем руководящем документе использованы ссылки на следующий стандарт: ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и определения.

3 Термины и определения

В настоящем руководящем документе применены термины по ГОСТ 19179-73, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **зенитное расстояние Солнца:** Угол между направлением наблюдения в зенит и на Солнце.

3.2 **надир:** Точка пересечения проведенной с пункта наблюдения отвесной линии, с невидимой нами находящейся под горизонтом небесной сферой; противоположна зениту.

3.3 **видимые компоненты:** Компоненты водной экосистемы, которые изменяют действительную или мнимую части комплексного показателя преломления $n = m + in'$. Здесь m - показатель поглощения видимых компонентов, n′- показатель рассеяния этих компонентов.

3.4 **внутриводоемные процессы:** Всевозможные процессы, проходящие в воде, без детализации химических и биологических превращений. Относится к профессиональной терминологии.

3.5 **спектры яркости восходящего от воды излучения:** (далее СВ) – непрерывное распределение яркости восходящего от воды излучения по длине волны.

3.6 **спектр коэффициента яркости:** Спектр отношения яркости восходящего от воды излучения в заданном направлении к яркости (при одинаковых условиях освещения) идеально рассеивающей (ламбертовской) горизонтальной поверхности, освещенной суммарным падающим солнечным излучением.

3.7 **темновой ток:** Сигнал, зарегистрированный датчиком спектрометра при закрытом объективе спектрометра.

3.8 **спектр темнового тока:** Распределение по длине волны величины темнового тока (далее СТТ).

3.9 **трубка Гершуна:** Устройство, располагающееся перед объективом спектрометра и позволяющее устанавливать необходимый угол зрения спектрометра.

3.10 **ламбертовский эталон (эталон):** Небольшая пластинка, покрытая или спрессованная из вещества, ортотропно рассеивающего солнечное излучение, падающее на водный объект.

3.11 **спектр эталона:** Распределение по длине волны яркости восходящего от эталона излучения (далее СЭ).

3.10 **мостовой переход:** Комплекс сооружений, возводимых при устройстве дороги над водотоком. В его состав входят: собственно мост, насыпи подходов к нему, регуляционные сооружения (главным образом дамбы).

4 Средства измерений, вспомогательные устройства

4.1 Спектрометр S41. Изготовитель фирма - Solar Laser Systems, республика Беларусь.

4.2 Портативный компьютер с USB-портом.

4.3 Специализированное программное обеспечение для управлением спектрометром через портативный компьютер (ПК) с программой CCDTool, CCD – Array Toolket.

4.4 USB-кабель.

4.5 Крышка на объектив спектрометра с молочным стеклом.

4.6 Трубка Гершуна.

4.7 Ламбертовский эталон.

4.8 Крепление спектрометра к руке – изготовить крепление спектрометра к руке и страховочное устройство, предназначенное для крепления спектрометра к оператору или перилам моста.

5 Метод измерений

Сущность метода состоит в получении качественной первичной спектрометрической информации – спектров яркости восходящего от воды излучения (СВ) и спектров эталона (СЭ) в видимом диапазоне электромагнитного спектра – пригодной для решения прикладных задач.

Достигается такое геометрическое положение спектрометра относительно водной поверхности и эталона при котором сигнал от водных экосистем минимально подвержен воздействию мешающих факторов: сигнала, обусловленного зеркальным отражением от водной поверхности как Солнца (солнечные блики) так и облаков, на которых дополнительно рассеивается солнечное излучение.

6 Подготовка к выполнению измерений

Подготовка к выполнению измерений спектров яркости состоит их 2-х этапов:

а) обучение в лабораторных условиях выполнению измерений спектров яркости спектрометром S41:

1) детально ознакомиться с инструкцией пользователя спектрометром S41, приложенной к спектрометру;

2) установить управляющую программу CCDTool и провести тренировочные измерения спектров любых объектов или предметов в лабораторных условиях;

б) организационный этап:

1) выбрать водный объект или объекты, на которых имеется мостовой переход для проведения съемки;

2) уведомить по факсу сотрудников головного по региону федерального государственного унитарного предприятия (ФГПУ) «Управление ведомственной охраны (УВО) министерства транспорта России» о плановых работах, проводящихся на дорожных мостовых переходах. (Филиалы этой организации находятся на всей территории России). Копия факса является документом, который предъявляют сотрудникам УВО, осуществляющим охрану крупных дорожных мостовых переходов, по их требованию;

3) составить план работ для съемок с мостов. Учитывая, что спектрометр является портативным, особых требований к транспортным средствам не предъявляется. Возможно использование любого, наиболее экономичного служебного транспортного средства или, в отдельных случаях, даже общественного транспорта. На широких мостах, где имеются резервные полосы, можно останавливать транспортное средство на этой резервной полосе по согласованию с сотрудниками ДПС. На мостах с двух полосным движением, транспортное средство оставляют в непосредственной близости от моста. Съемку выполняют, располагаясь на пешеходных дорожках. В зависимости от цели съемки и решаемых задач, а также от ширины реки съемку проводят над серединой реки, обязательно, (на судоходных реках над фарватером реки) и на равноудаленных от середины реки расстояниях.

4) полностью зарядить аккумуляторы портативного компьютера (ПК) управляющего спектрометром (при полностью заряженных аккумуляторах ПК время работы в автономном режиме от 2 до 3 ч).

7 Выполнение измерений

7.1 Определить на мосту место над фарватером реки. На крупных судоходных реках фарватер отмечен соответствующим судоходным знаком.

7.2 Закрепить страховочным устройством спектрометр и управляющий ПК.

7.3 Соединить USB-кабелем спектрометр с ПК. Снять с объектива крышку с молочным стеклом.

7.4 Включить ПК. После загрузки *Windows* запустить управляющую программу *CCDTool* (двойной щелчок), при этом автоматически включается спектрометр, соединенный с ПК Вид панели управления программным комплексом представлен на рисунке 1.

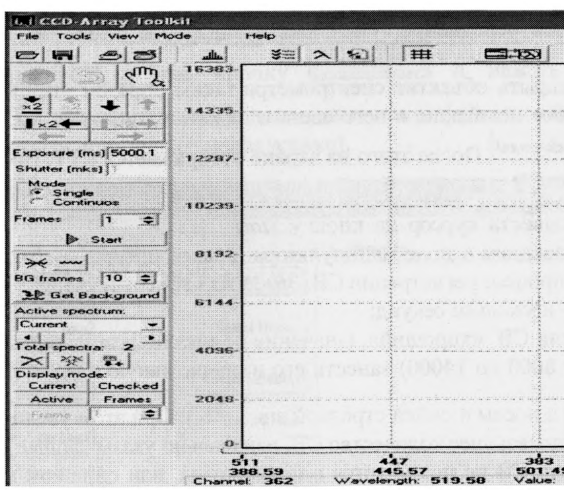


Рисунок 1- Вид панели управления программным комплексом спектрометра

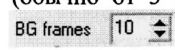
7.5 Определить продолжительность регистрации, окно *Exposure (ms)*. (Обычно, в солнечную погоду – от 2000 до 3000 мс. В пасмурную погоду это время может достигать 20000 мс). Время выбирается таким, чтобы на экране ПК максимум СВ достигал от 10000 до 12000

единиц по шкале интенсивности, но его вершина не выглядела обрезанной. Отметить поле *Mode* (режим) в положении *Single* (единичный).

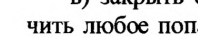
7.6 Зарегистрировать спектр темнового тока (СТТ) (после выбранного времени регистрации, соответствующий этому конкретному времени), который необходимо вычитать из всех регистрируемых СВ.

Для этой цели:

а) нажать кнопку с волнистой чертой (по умолчанию нажата кнопка с перечеркнутой волнистой чертой, т.е. автоматическое вычитание СТТ в этом режиме не выполняется);

б) выбрать число СТТ, по которым будет проводиться усреднение (обычно от 3 до 5) для этого двигают курсор в поле *BG frames*; 

и выбирают необходимое число СТТ, по которым проводится усреднение, уменьшая стандартное число 10 стрелкой «вниз»;

в) закрыть объектив спектрометра таким образом, чтобы исключить любое попадание в него света и нажать кнопку *Get Background*. 

После этого на экране отображается СТТ. Все регистрируемые СВ при дальнейшей съемке получают с вычетом СТТ;

г) подвести курсор на кнопку *Start* 

и – легким прикосновением в поле манипулятора (аналог щелчка «мышкой») запустить процесс регистрации СВ. Загорится красный квадрат на время съемки – несколько секунд;

д) если СВ «хороший», (значение по шкале интенсивности находится от 8000 до 14000) занести его в оперативную память (кнопка с красным плюсом и синей стрелкой вниз ). При этом увеличивается число указывающее количество СВ, изначально указывающее 2;

е) если СВ не помещается в поле экрана, или слишком малый, – стереть (кнопка с большим красным крестом ). Повторить процедуру по 7.5 и 7.6 перечисления а) - г). Уменьшить или увеличить продолжительность регистрации, и после этого занести СВ в оперативную память;

ж) процедуру съемки повторить 5 раз. СВ в хороших погодных условиях должны образовать «одну жирную линию» и не должны отличаться друг от друга по интенсивности более чем на 20%. Это пред-

варительный (визуальный) критерий правильности выбора геометрических условий проведения съемки.

7.7 Для того, чтобы сохранить набор СВ в памяти ПК, при помощи манипулятора ПК нажать следующую последовательность кнопок: *File- Save* (см. рисунок 2). Нажать кнопку Output file..., затем нажать кнопку и создать папку, для сохранения файлов с полученными спектрами (например «МОСТЫ» на диске С). Имя файла должно содержать разделенные нижним подчеркиванием имя объекта, место съемки на объекте, расстояние от объектива спектрометра до водной поверхности, дату, продолжительность регистрации и время съемки, например, \Дон_3М_ФВ_30м_07-10-09_5с_11-25.txt – спектр р. Дон, западный мост, форватер, расстояние до водной поверхности 30 м, 07-10-2009г., продолжительность регистрации 5с, время съемки 11ч. 25 мин. (см рисунок 2). Затем нажать кнопку «Сохранить». Выделить все полученные СВ, нажав кнопку Select All и нажать кнопку Save. Использование в названии папок и файлов знаков «точка», «запятая» и др. знаков недопустимо).

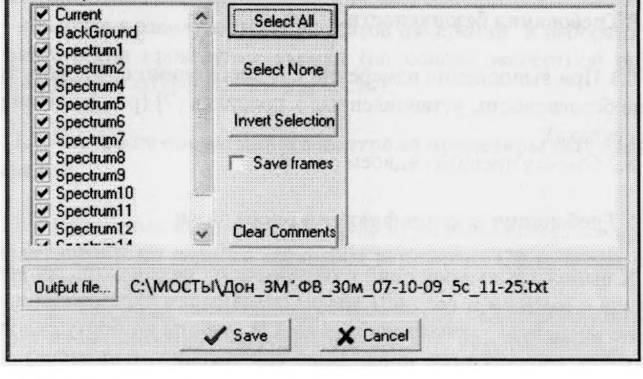


Рисунок 2 - Запись серии СВ, полученных в конкретном пункте

7.8 Нажать на кнопку  и очистить экран ПК.

7.9 Выбрать продолжительность регистрации для СЭ (около 200 мс) в соответствии с 7.5

7.9.1 Зарегистрировать СТТ для этого продолжительности регистрации СЭ.

7.9.2 Зарегистрировать СЭ, расположив объектив спектрометра на 0,15м от эталона и занести в оперативную память. Процедуру регистрации повторить не менее трех раз. В результате должна получиться «жирная линия» (см. перечисление ж) 7.6).

7.10 Для того чтобы сохранить набор СЭ на жестком диске, повторить действия по 7.7. Подписать полученный файл – «Эталон», указав продолжительность съемки, – с возможным уточнением: облачно, перистые облака, дымка и т.д. Файл записать в ту же папку, содержащую название пункта съемки на выбранном водном объекте. Имя файла должно содержать имя объекта, место съемки на объекте, дату, продолжительность регистрации и время съемки, например, \Эталон_Дон_ЗМ_ФВ_07-10-09_5с_11-25.txt.

Примечание - Съемку проводить «за Солнцем», так, чтобы минимизировать влияние солнечных бликов и иных предметов. Для средней полосы России съемку проводить между 10 ч 30 мин и 16 ч – при этом зенитное расстояние Солнца должно быть не менее 45^0.

8 Требования безопасности

8.1 При выполнении измерений СВ необходимо соблюдать требование безопасности, установленные в правилах [7] (раздел «При работе на судах»).

8.2 Съемку проводят вдвоем.

9 Требования к квалификации операторов

К выполнению измерений и обработке их результатов допускаются лица с высшим и средним профессиональным образованием, освоившие процедуру проведения съемки СВ, работы на борту судов и на высотных сооружениях, прошедшие специальную подготовку по работе с спектрометром S41.

10 Условия выполнения измерений

При проведении измерений соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 5^0С до 40^0С;
- атмосферное давление от 84,0 до 104,0 кПа (от 630 до 780 мм. рт. ст.);
- влажность воздуха – без ограничений;
- время съемки с 10 ч 30 мин до 16 ч30 мин;
- съемку проводят на освещенной (не затененной мостом) части водного объекта;
- зенитное расстояние Солнца – не менее 45^0;
- питание спектрометра – от аккумуляторных батарей ПК по USB – кабелю.

11 Контроль качества результатов измерений

11.1 Общие положения

Контроль качества результатов измерений предусматривает:

- оперативный контроль исполнителем качества процедуры проведения измерений (на основе оценки погрешности) непосредственно во время выполнения съемки;
- контроль правильности результатов измерений в лабораторных условиях, после проведения съемки (на основе экспертной оценки формы спектров коэффициентов яркости).

11.2 Алгоритм оперативного контроля процедуры выполнения измерений

11.2.1 Контроль исполнителем процедуры выполнения измерений проводят путем по парного сравнения первичных СВ и, затем, СЭ в соответствии с приложением А.

11.2.2 Спектры, не прошедшие процедуру первичного контроля удаляют из массива первичной информации (см. приложение А).

11.3 Алгоритм контроля качества результатов измерений в лабораторных условиях

В лабораторных условиях выполняют первичную обработку всех зарегистрированных спектров и создают массив спектров коэффициентов яркости, которые могут быть использованы либо для помещения в соответствующий массив спектрометрических данных, либо в процедурах интерпретации спектрометрической информации, согласно А.6 (приложение А).

12 Оформление результатов измерений

12.1 Название файла, созданного в программе CCDTool должно содержать:

- имя объекта;
- место съемки на объекте;
- расстояние от объектива спектрометра до водной поверхности;
- дату;
- продолжительность регистрации;
- время съемки.

Например: /Дон_ЗМ_ФВ_30м_07-10-09_5с_11-25.txt.

12.2 Файл, содержащий СЭ подписать – «Эталон».

Приложение А

(справочное)

Порядок работы с программным обеспечением для контроля качества и сохранения спектров при дистанционной съемке водных объектов

А.1 В результате спектрометрической съемки СВ сохраняются в программе CCD-Array Toolkit в текстовом формате (*.txt). Для оценки воспроизводимости результатов необходимо получить отношения интенсивностей СВ друг к другу. Откройте в *CCD-Array Toolkit* файлы СВ и СЭ (меню *File-Open* или кнопка , см. рисунок А.1).

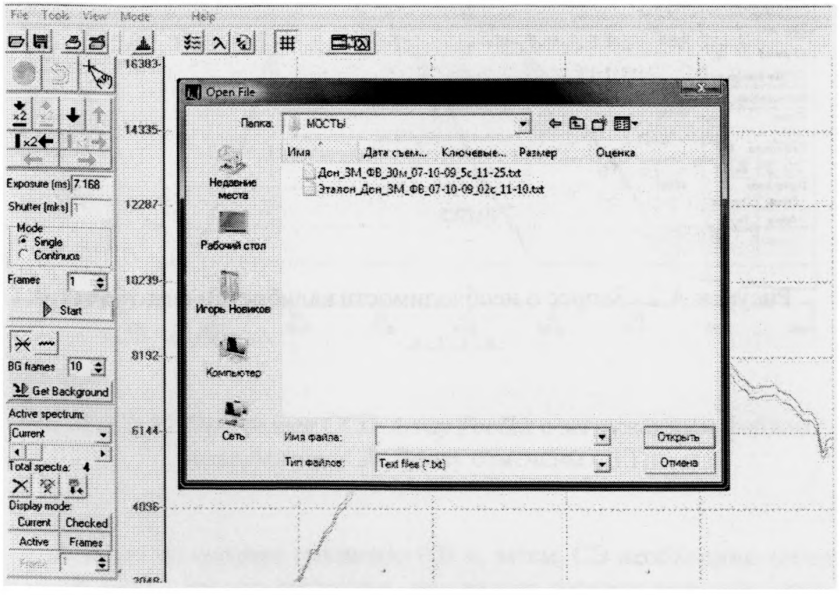


Рисунок А.1 - Общий вид панели инструментов программы управления спектрометром *CCD-Array Toolkit*. На вставке показан результат загрузки СВ и СЭ

А.2 На вопрос о необходимости загрузки данных калибровки (*Do you want to load calibration data from this file?*) отвечают как положительно, так и отрицательно (см. рисунок А.2).

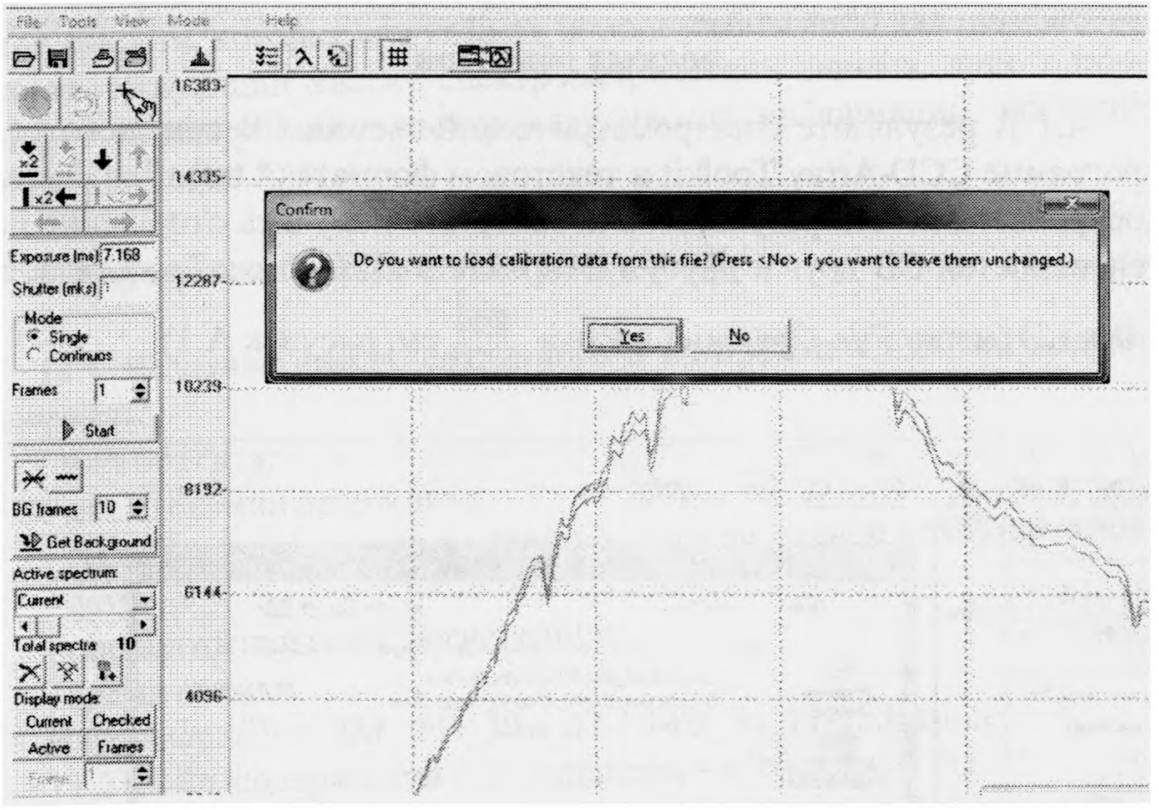


Рисунок А.2 - Запрос о необходимости калибровки спектрометра

А.3 В результате, окно программы CCD-Array Toolkit имеет вид, показанный на рисунке А.3. Перебирая закладку «Активные спектры» *Active spectrum* на панели инструментов слева, провести визуальную экспертную оценку формы СВ.

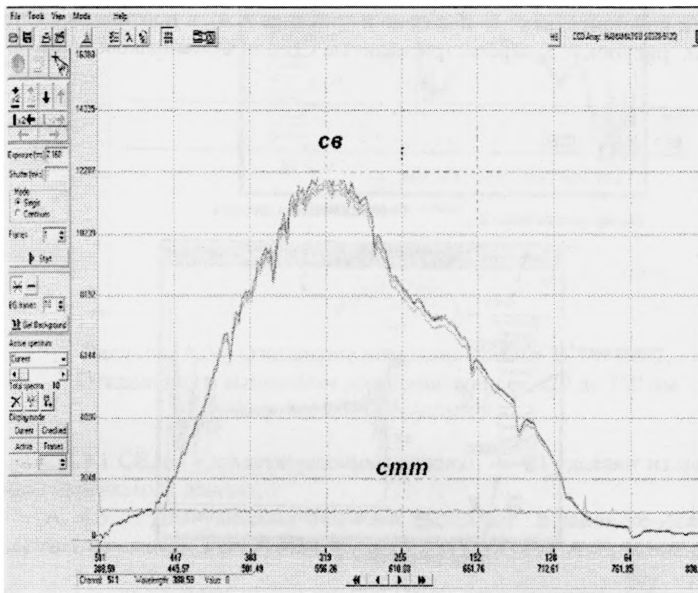


Рисунок А.3 - Программа *CCD-Array Toolkit* с загруженным файлом, содержащим СВ. Внизу отмечены СТТ.

А.4 Для по парного сравнения СВ и, затем, СЭ необходимо войти в меню *Tools - Spectra processing,* или нажать соответствующую кнопку  в панели инструментов.

А.4.1 В открывшемся окне *Spectra processing* в левом верхнем поле выбирают один из СВ, в нижнем левом – другой, кнопка *Reference*

 должна быть нажата. При этом во встроенном окне справа отображается результат деления спектров.

А.4.2 Для СЭ необходимо повторить А.4.1.

А.4.3 Отношение интенсивностей СВ или СЭ должно быть близко к константе (как это показано на рисунке А.4), в противном случае (см. рисунок А.5) зарегистрированные СВ или СЭ отбраковывают.

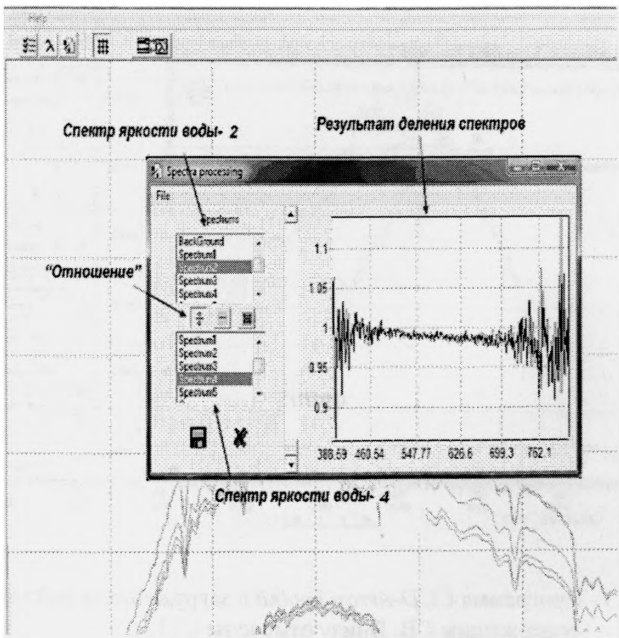


Рисунок А.4 – Отношение интенсивностей СВ-2 и СВ-4 близко к константе с требуемыми отклонениями в выбранном диапазоне волн от 420 до 750 нм.

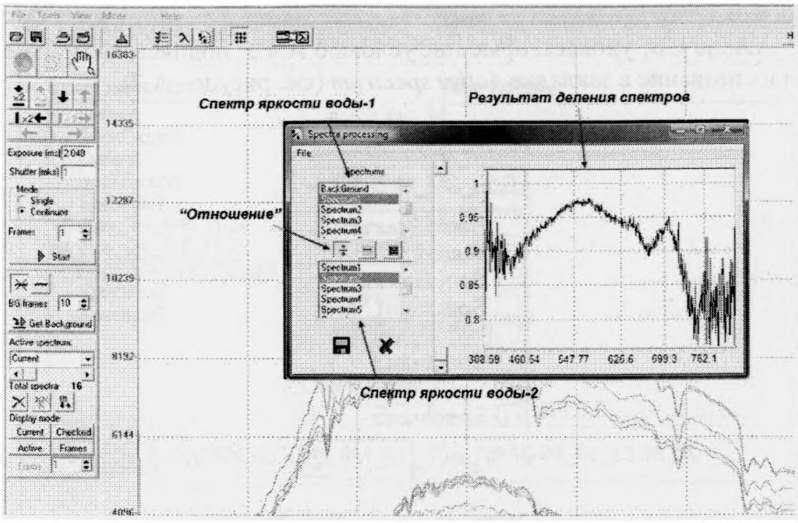


Рисунок А.5 – Отношение интенсивностей СВ-1 и СВ-2. Отклонения в выбранном диапазоне волн от 420 до 750 нм превышают допустимое.

А. 4.3.1 СВ, не удовлетворяющие условию А. 4.3 удаляют из массива сохраняемых данных.

А. 4.3.2 Для удаления СВ, его выделяют в закладке *Active spectrum* на панели инструментов слева (см. рисунок А.6), затем закрывают закладку и нажимают кнопку *Delete active spectrum*

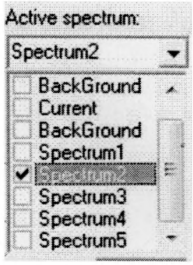


Рисунок А.6 - Закладка *Active spectrum*

А.4.3.3 СВ, удовлетворяющие условию А.4.3 подписывают, изменяя их название в закладке *Active spectrum* (см. рисунок А.7),

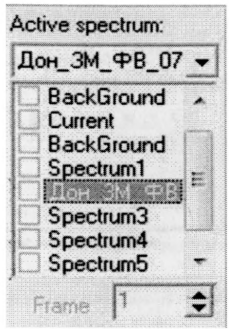


Рисунок А.7- Изменение названий СВ

А.4.3.4 Для сохранения оставшихся СВ, удовлетворяющих условию А 4.3: выбрают меню *File*, затем *Save*. В появившемся окне *Save spectra* (см. рисунок А.8) отмечают СВ, удовлетворяющих условию А 4.3. Нажимают кнопку *Output file* Output file... и вводят имя файла, которое содержит: имя объекта, место съемки на объекте, расстояние от объектива спектрометра до водной поверхности, дату, продолжительность регистрации и время съемки, (например: \Дон__ЗМ__ФВ_30м_07-10-09_5с_11-25.txt). Нажать кнопку *Save* Save

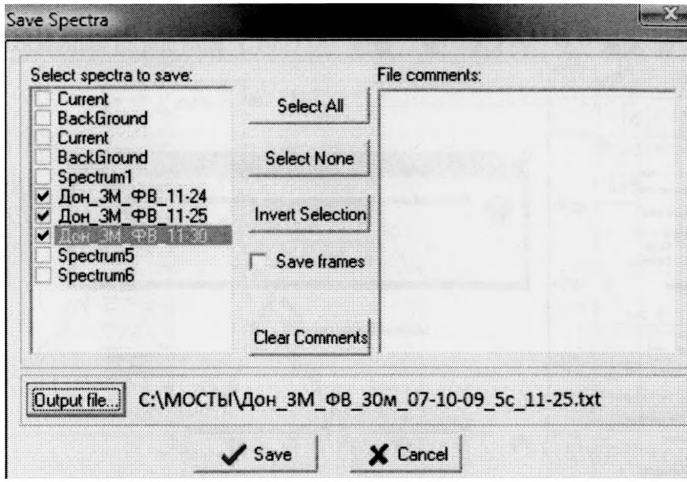


Рисунок А.8 - Сохранение СВ, прошедших процедуру отбраковки и пригодных для помещения их в специализированный массив данных

А.5 К прошедшим отбраковку СВ добавить прошедшие отбраковку СЭ. Для этого:

1) открыть в *CCD-Array Toolkit* файл отбракованных СВ (меню *File-Open* или кнопка).

2) открыть в *CCD-Array Toolkit* файл отбракованных СЭ (меню *File-Open* или кнопка). При этом необходимо разрешить добавление данных к существующим (*Add loaded spectra to existing- Yes* - рисунок А.9).

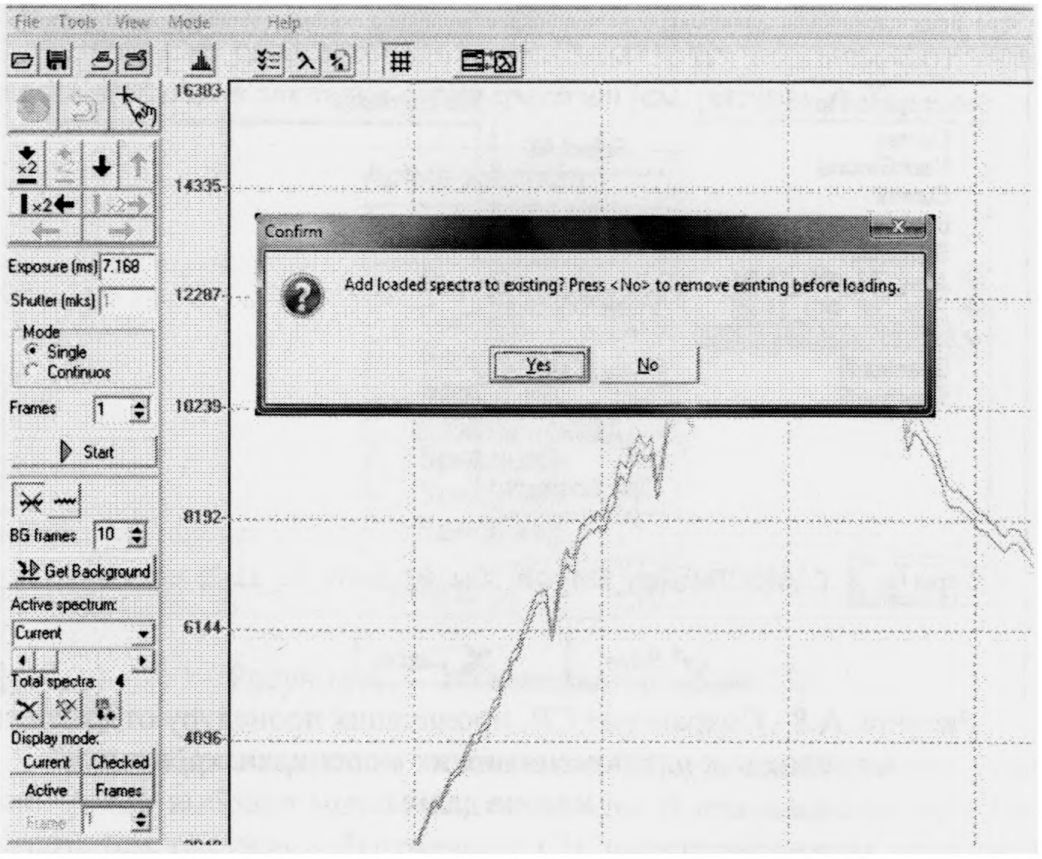


Рисунок А.9 - Загрузка нескольких спектров

А.6 В результате, окно программы CCD-Array Toolkit имеет вид, показанный на рисунке А.10.

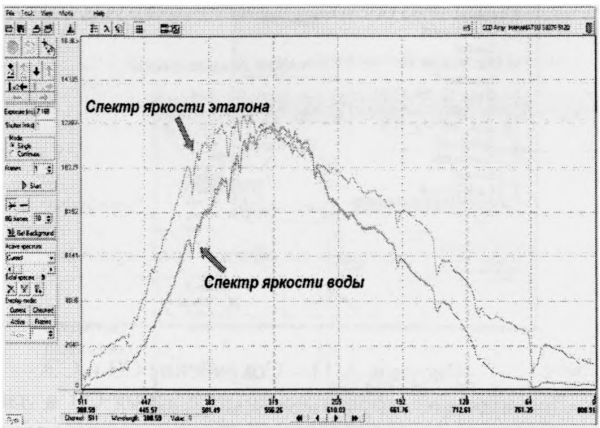
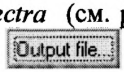


Рисунок А.10 – СВ и СЭ в виде, подготовленном для сохранения в специализированном массиве данных

А.7 Сохранить СВ и СЭ в одном файле: выбрать меню *File*, затем *Save*. В появившемся окне *Save spectra* (см. рисунок А.11) отметить спектры. Нажать кнопку *Output file* 

и ввести имя файла, которое должно содержать: Имя объекта, место съемки на объекте, расстояние от объектива спектрометра до водной поверхности, дату, продолжительность регистрации и время съемки.

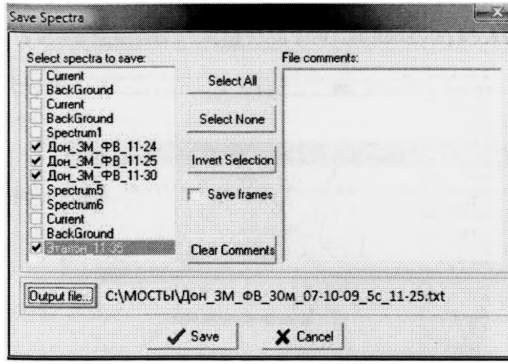


Рисунок А.11 – Сохранение СВ и СЭ

А.8 Для проверки корректности получения СВ в лабораторных условиях и пригодности их для включения в специализированный массив данных зарегистрированные СВ преобразуют в спектры коэффициентов яркости. Для этого необходимо:

1) в окне *Spectra processing* выбирать в левом верхнем поле СВ, а в нижнем левом - СЭ (см. рисунок А.12).

2) сохранить результат, нажав кнопку *Save to file* внизу окна *Spectra processing* (см. рисунок А.12).

Для удобства дальнейшей обработки сохраненные в цифровом виде спектры должны быть записаны в формате *Microsoft Excel* (*.xls). Имя файла должно содержать: Имя объекта, место съемки на объекте, расстояние от объектива спектрометра до водной поверхности, дату, продолжительность регистрации и время съемки.

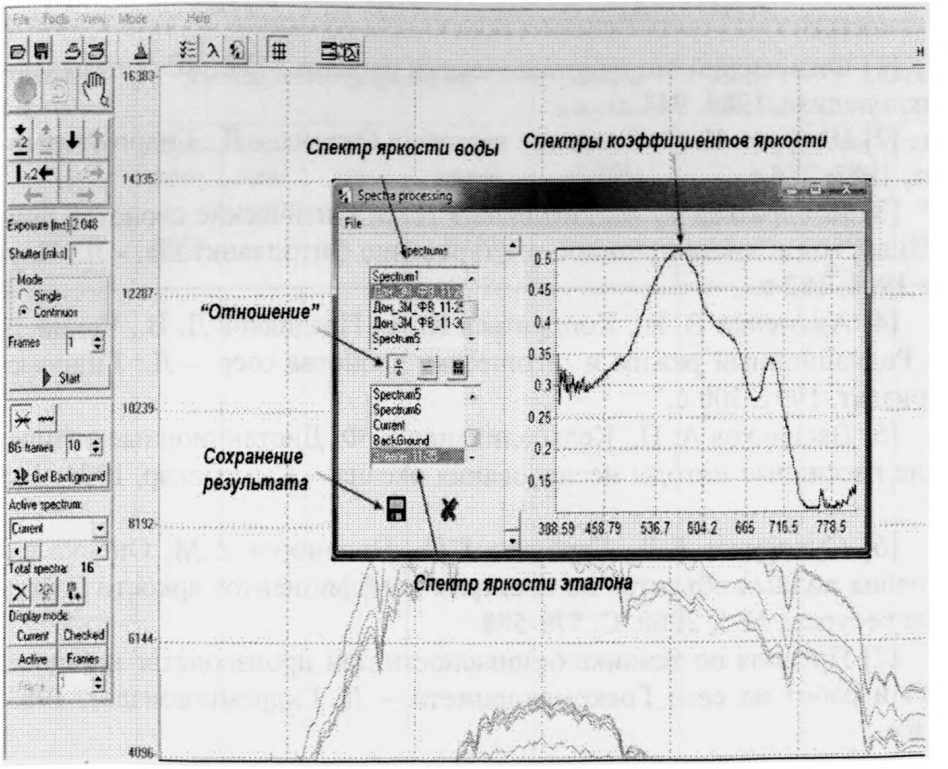


Рисунок А.12 - Получение спектра коэффициентов яркости воды

Библиография

[1] Физический энциклопедический словарь. - М.: «Советская энциклопедия», 1984. 944 с.

[2] Шифрин К. С. Введение в оптику Океана. - Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 278 с.

[3] Кондратьев К. Я., Поздняков Д. В. Оптические свойства природных вод и дистанционное зондирование фитопланктона. - Л.: Наука, 1988. 182 с.

[4] Адаменко В. Н., Кондратьев К. Я., Поздняков Д. В., Чехин Л. В. Радиационный режим и оптические свойства озер. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 300 с.

[5] Васильков А. П., Кельбалиханов Б. Ф. Дистанционные оптические пассивные методы исследования океана. - Сыктывкар, 1991. 108 с.

[6] Сухоруков Б.Л., Гарбузов Г.П., Никаноров А.М. Оценка состояния водных объектов по спектрам коэффициентов яркости // Водные ресурсы, № 5, 2000. С. 579-588.

[7] Правила по технике безопасности при производстве наблюдений и работ на сети Госкомгидромета. – Л: Гидрометеоиздат, 1983. 316 с.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Номер листа (страницы)				Номер документа (ОРН)	Подпись	Дата	
	измененного	замененного	нового	аннулированного			внесения изменений	введения изменений

gost.e-ecolog.ru