

УДК 556.01 + 556.02

ББК 26.22

Ф 94

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДЫ И ВОДНЫХ РЕСУРСОВ: Материалы Третьей всероссийской конференции с международным участием. Барнаул, 24-28 августа 2010 г.**  
– Барнаул: Изд-во АРТ, 2010.

Сборник включает материалы фундаментальных и практико-ориентированных исследований по проблеме воды и водных ресурсов, представленные на Третью всероссийскую конференцию с международным участием «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов».

Для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов, специализирующихся в области гидросферы, водопользования и геоэкологии.

*Редакционная коллегия:*

Васильев О.Ф., академик; Винокуров Ю.И., д.г.н.; Атавин А.А., к.т.н.; Болгов М.В., д.т.н.; Зиновьев А.Т., к.ф.-м.н.; Кириллов В.В., к.б.н.; Коробкина Е.А.; Пестова Л.В., к.с.-х.н.; Пузанов А.В., д.б.н.; Ротанова И.Н., к.г.н.

*При подготовке к публикации сохранен авторский стиль изложения материалов с минимальными правками, в основном, в отношении пунктуации и орфографии. Ответственность за содержание материалов несут авторы.*

*Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 10-05-06073 - з.*

ISBN 978-5-9749-0039-6

© Институт водных и экологических проблем СО РАН  
© Алтайское региональное отделение Русского географического общества  
© Коллектив авторов, 2010

## ИЗМЕРЕНИЕ ПРОЗРАЧНОСТИ И КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ

Суторихин И.А., Бортников В.Ю., Анисимов А.П., Котовщиков А.В.  
ИВЭП СО РАН, Барнаул,  
sia@iwep.asu.ru

## ESTIMATION OF CHLOROPHYLL TRANSPARENCY AND CONCENTRATION IN SURFACE WATER

Sutorikhin I.A., Bortnikov V.Yu., Anisimov A.P., Kotovshchikov A.V.  
INSTITUTE FOR WATER AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS SB RAS  
sia@iwep.asu.ru

*Разработана система для оценки прозрачности воды в четырех диапазонах длин волн. Система позволяет осуществлять мониторинг загрязняющих веществ в поверхностном слое водного объекта в реальном времени, работает в автономном режиме.*

*The system for evaluation of water transparency in four wavelength range is developed. The system allows the on-line monitoring of pollutants in the upper layer of water body, and works in the off-line mode.*

### Введение

Важным показателем качества воды, используемой практически для любой цели является наличие механических примесей - взвешенных веществ, твердых частиц ила, глины, водорослей и других микроорганизмов, и других мелких частиц. Допустимое количество взвешенных веществ колеблется в широких пределах, как и возможное их содержание. Взвешенные в воде твердые частицы нарушают прохождение света через образец воды и создают количественную характеристику воды, называемую мутностью.

Наличие в воде природных водоемов минеральных и органических веществ обусловлено рядом причин: смывом паводковыми водами, переносом донных отложений, биологической активностью. Контроль качественного и количественного состава примесей, их временной и пространственной динамики является важной задачей во многих сферах человеческой деятельности. Одним из методов контроля количества примесей и биологической активности воды является оптический метод.

Для современных средств автоматизированного контроля водно-дисперсных сред, в частности, предназначенных для экологического мониторинга, важными показателями могут быть не только экспрессность и комплексность контроля, но и возможность получения оптических и гидрофизических показателей в автоматическом режиме. Такие системы необходимы как при определении динамики распространения загрязнений, седиментации, коагуляции так и при определении состава загрязнения.

### Описание прибора.

Разработана система для оценки прозрачности воды в четырех диапазонах длин волн. Получение и обработка данных происходит *in situ*, в реальном масштабе времени, что позволяет осуществлять мониторинг пространственных и временных изменений прозрачности поверхностного слоя водного объекта. Система состоит из трех блоков: оптического, электронного и блока обработки. Схема оптического блока приведена на Рис. 1.

Корпусом блока служит пластиковая панель, разделенная параллельными равноотстоящими перегородками на ряд каналов, как показано на рисунке. Панель жестко закреплена на штанге, при помощи которой она погружается в воду. Сигнальные провода прокладываются по штанге. В каналах соосно расположены источники света (светодиоды) и приемники (фотодиоды ФД-256). Предусмотрена возможность изменения длины каналов путем перемещения пластины со светодиодами. Также предусмотрен отдельный герметично закрытый канал с дистиллированной водой, в котором установлен один приемник света и четыре источника, расположенных в одной плоскости (на схеме не показан). При погружении прибора в водоем каналы заполняются окружающей водой. Свет от источника, пройдя через толщу воды в канале, частично поглощается и рассеивается, прошедший свет принимается фотоприемником, вызывая появление фототока. Фотодиоды включены в фотогальваническом режиме, что обеспечивает линейную зависимость фототока от освещенности и малый темновой ток [3,4]. Светодиоды излучают видимый свет в следующих диапазонах: красный 630-670 нм., основная длина волны 660 нм., желтый 560-610 нм., основная длина волны 585 нм., зеленый 560-590 нм., основная длина волны 574 нм., синий 455-485 нм., основная длина волны 470 нм.

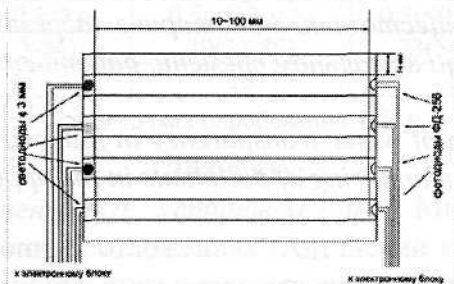


Рис. 1. Схема оптического блока.

Электронный блок прибора выполнен в отдельном корпусе, питание однополярное, напряжение 5 В. подается по шине USB от ПК или через преобразователь напряжения (на схеме не показан) от аккумулятора 12 В. Схема электронного блока приведена на Рис. 2.

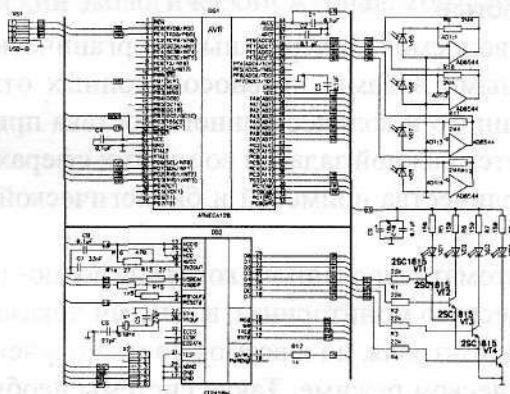


Рис. 2. Схема электронного блока.

Фототок преобразуется в напряжение при помощи преобразователей «ток-напряжение» на операционных усилителях с малым входным током. Сигнал с преобразователя поступает на 10-разрядный АЦП микроконтроллера ATMEGA 128, откуда в цифровом виде передается на микросхему преобразователя интерфейса FT245BM и далее по шине USB передается в ПК.

Транзисторы VT1-VT4 служат для задания постоянного тока через каждый светодиод, равного 20 мА.

Контроллер работает по следующему алгоритму:

- 1) Выбирается канал внутреннего АЦП контроллера.
- 2) Включается соответствующий для этого канала светодиод.
- 3) Контроллер ожидает 50 мс чтобы завершились переходные процессы в светодиоде.
- 4) Контроллер делает 10 выборок АЦП, которые сохраняются в массив данных. Каждая выборка представляет собой два однобайтных числа, получается 20 байт.
- 5) Контроллер передает в ПК накопленный во время горения светодиода массив данных.
- 6) Контроллер гасит зажженный в пункте 2 светодиод, после чего делает 10 выборок АЦП, выполняя пункты 3)-5). Эта последовательность действий выполняется поочередно для каждого канала.

Блок обработки состоит из аппаратной части (ПК или ноутбук с установленным драйвером устройства) и программной – программы для обработки сигналов, написанной в среде LabView 7.1. ПК принимает от микроконтроллера массив данных размером 160 байт, по 40 байт на канал. Этот массив разбивается на 4 массива отдельно для каждого канала. Для наглядности данные всех четырех каналов отображаются в одной графической области на мониторе ПК. Учет темнового тока производится путем вычитания значений сигнала при включенном светодиоде и при выключенном. Окончательные значения уровней сигналов получаются путем усреднения по 10 отсчетам. Далее формируются требуемые соотношения уровней сигналов для различных каналов.

Уровень сигнала для дистиллированной воды фиксируется для каждого канала и служит опорным при измерениях цвета воды в реальном водоеме.

Калибровка производится путем установки в канал светофильтров с известным поглощением и построением зависимости уровня сигнала от прозрачности канала.

#### Результаты измерений.

Параллельно с прямыми измерениями оптических характеристик воды проводили также определение содержания хлорофилла «а» в ацетоновых экстрактах фитопланктона стандартным спектрофотометрическим методом согласно ГОСТ 17.1.4.02-90. Максимальное содержание хлорофилла «а» ( $44,8 \text{ мг/м}^3$ ) наблюдали в затоне Ковш реки Оби, близкое значение ( $41,3 \text{ мг/м}^3$ ) получено для р. Лосихи. Минимальные значения обнаружены в реке Оби в заливе у городского пляжа «Водный мир» и у городского водозабора ( $10,7 \text{ мг/м}^3$ ,  $12,0 \text{ мг/м}^3$ , соответственно).

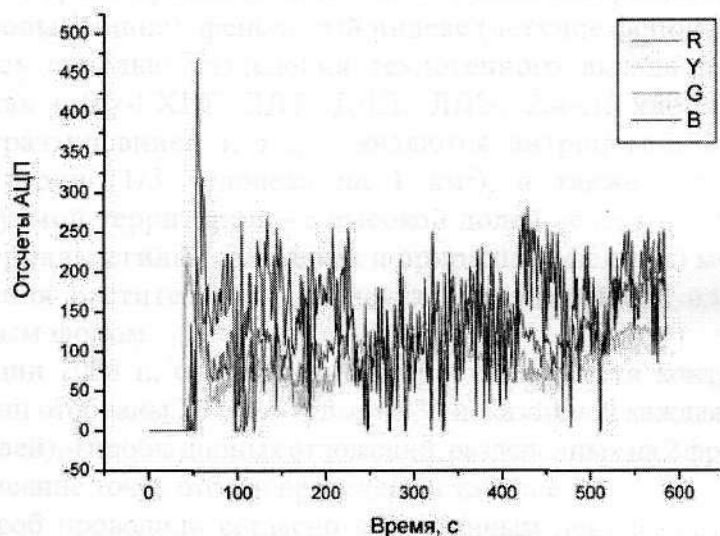


Рис.3 Динамика прозрачности реки Обь 21 мая 2010 года

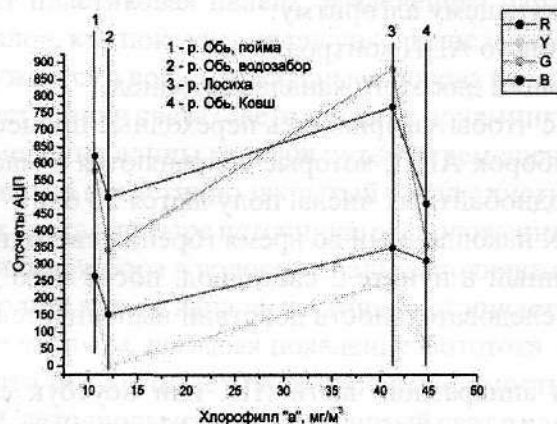


Рис. 4 Измерения концентрации хлорофилла -А 31 мая 2010

#### Заключение:

Система позволяет осуществлять мониторинг загрязняющих веществ в поверхностном слое водного объекта в реальном времени, работает в автономном режиме.

Мобильность: малые габариты и вес позволяют проводить измерения в любой точке водоема.

Возможна запись полученных данных в файлы, что позволяет отслеживать как краткосрочную динамику примесей (несколько часов), так и в длительный период, сравнивая записи, сделанные в разные времена года.

ГОСТ 17.1.4.02-90. Государственный контроль качества воды. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла а. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – С. 587- 600.