



И.С. ПОДЫМОВ, Т.М. ПОДЫМОВА

**ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
В ИССЛЕДОВАНИЯХ ДИНАМИКИ
ТРАНСПОРТА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Институт океанологии им. П.П. Ширшова
Южное отделение

И.С. Подымов, Т.М. Подымова

**ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
В ИССЛЕДОВАНИЯХ ДИНАМИКИ
ТРАНСПОРТА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ**

Под общей редакцией *И. С. Подымова*

ГЕЛЕНДЖИК
ЮО ИО РАН
2015

УДК 551.435.3

ББК 26.823

П 45

**П 45 Оптические методы в исследованиях динамики транспорта взвешенных наносов / И. С. Подымов, Т. М. Подымова – Геленджик: Южное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2015. – 232 с., ил.
ISBN 978-5-9902606-0-3**

Более 30 лет коллектив сотрудников Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН занимается исследованием динамических процессов, протекающих в береговой зоне моря. Работа посвящена, в основном, решению задач по разработке технических средств и физически обоснованных методов экспериментальных исследований динамики транспорта взвешенных наносов в береговой зоне.

В монографии подробно рассмотрены структура оптических измерителей концентрации взвешенных частиц и математические средства для проведения натурных экспериментов по различным исследовательским программам. Дается краткое описание проведенных натурных экспериментов. Приведены некоторые результаты исследований, получить которые удалось с использованием новых технологий.

Монография может представлять интерес для широкого круга научных и инженерно-технических работников, студентов и аспирантов, занимающихся исследованиями процессов береговой зоны моря. Книга также будет полезна специалистам, решающим вопросы охраны окружающей среды.

Рецензент:

Доктор технических наук, профессор *А. А. Фомичев.*

УДК 551.435.3

ББК 26.823

ISBN 978-5-9902606-0-3

© И.С. Подымов, Т.М. Подымова, 2015

© Институт океанологии им. П.П. Ширшова
РАН, Южное отделение, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение | 7 |
| Глава 1. Общие сведения о методах исследований динамики транспорта наносов | 14 |
| 1.1. Механизмы взвешивания твердых частиц | 14 |
| 1.2. Методы измерения концентрации взвешенных наносов | 17 |
| <i>Объемно-весовой метод</i> | 17 |
| <i>Радиоактивный метод</i> | 18 |
| <i>Акустический метод</i> | 20 |
| <i>Оптический метод</i> | 20 |
| Глава 2. Турбидиметрия | 22 |
| 2.1. Краткая теория турбидиметрии | 22 |
| 2.2. Важные для турбидиметрии результаты натурных исследований | 26 |
| Глава 3. Оптический турбидиметр | 28 |
| 3.1. Структурная блок-схема турбидиметра | 28 |
| 3.2. Принципиальная электрическая схема турбидиметра | 32 |
| <i>Подводная часть турбидиметра</i> | 32 |
| <i>Надводный модуль</i> | 35 |
| 3.3. Конструкторско-технологическая часть | 37 |
| <i>Подводный модуль турбидиметра</i> | 37 |
| <i>Надводный модуль</i> | 44 |
| Глава 4. Аппаратно-программные средства натурных исследований | 47 |
| 4.1. Режим реального масштаба времени с встроенным в компьютер АЦП | 48 |
| 4.1.1. Устройство многоканального аналогового ввода | 49 |
| <i>Аналого-цифровой преобразователь</i> | 49 |
| <i>Цифровые входы и выходы</i> | 50 |
| <i>Подключение сигналов</i> | 51 |
| <i>Структурная схема модуля L-154</i> | 51 |
| <i>Адресное пространство</i> | 52 |

| | |
|---|-----|
| 4.1.2. Структура программы работы ИИС в реальном масштабе времени | 53 |
| <i>Инициализация рабочей программы</i> | 58 |
| <i>Режим табличного вывода</i> | 61 |
| <i>Алгоритм выполнения управляющих программ</i> | 67 |
| <i>Графический режим вывода на дисплей</i> ... | 68 |
| <i>Построение координатных осей</i> | 72 |
| <i>Способ построения отрезка графика на экране</i> | 76 |
| <i>Подготовка данных для построения отрезка графика</i> | 77 |
| <i>Построение отрезка графика на экране дисплея</i> | 80 |
| <i>Управление режимами и параметрами программы</i> | 82 |
| <i>Перезапись содержимого буфера ОЗУ на дисковый накопитель</i> | 85 |
| 4.1.3. Заключение по разделу | 87 |
| 4.2. Режим реального масштаба времени с внешним АЦП | 88 |
| 4.2.1. Исполняемые функции и настройки программы | 88 |
| <i>Описание опций меню интерфейса</i> | 90 |
| 4.2.2. Вывод информации в основное окно программы | 97 |
| 4.2.3. Запись результатов в файл | 98 |
| 4.2.4. Формат файла конфигурации e14.ini | 98 |
| 4.2.5. Используемые из библиотеки LUSBAPI функции | 99 |
| 4.2.6. Заключение по разделу | 99 |
| 4.3. Автономный режим работы | 100 |
| Глава 5. Лабораторная турбидиметрия | 103 |
| 5.1. Установка для лабораторных исследований | 103 |
| 5.2. Тарировка | 104 |

| | |
|--|------------|
| 5.3. Изучение процесса оседания взвешенных частиц | 107 |
| 5.4. Результаты лабораторного эксперимента | 110 |
| Глава 6. Обработка первичных данных оптических измерителей концентрации взвешенных частиц | 112 |
| 6.1. Экспериментальные исследования | 113 |
| 6.1.1. Теоретическая база | 113 |
| 6.1.2. Обработка результатов | 116 |
| 6.2. Спектральный анализ временных рядов в операционной среде Matlab-Systat | 120 |
| 6.2.1. Операционная среда | 121 |
| 6.2.2. Расчет спектров с помощью Matlab | 121 |
| <i>Подготовка программного обеспечения...</i> | 121 |
| <i>Подготовка данных</i> | 121 |
| <i>Расчет спектров</i> | 122 |
| 6.2.3. Спектральный анализ процесса транспорта взвешенных частиц | 125 |
| <i>Экспериментальные данные</i> | 125 |
| <i>Фильтрация первичных данных</i> | 125 |
| <i>Подготовка данных и расчет спектра</i> | 130 |
| 6.3. Wavelet анализ | 133 |
| Резюме к Главе 6 | 134 |
| Глава 7. Натурные эксперименты | 135 |
| 7.1. Краткий обзор экспериментов | 136 |
| 7.1.1. Новомихайловка-93 | 136 |
| 7.1.2. Norderney-94 | 139 |
| 7.1.3. Ebro Delta-96 | 142 |
| 7.1.4. Новосибирск-98 | 145 |
| 7.1.5. Новомихайловка-99, -2002, -2003, -2009 .. | 148 |
| 7.1.6. Эксперименты в волновом лотке «Hannover-2006, -2007, -2008» | 151 |
| <i>Волновой лоток</i> | 154 |
| <i>Постановка экспериментов</i> | 156 |
| 7.1.7. Вьетнам-2011 | 166 |
| <i>Постановка эксперимента</i> | 167 |
| 7.2. Наиболее важные результаты натурных исследований | 170 |

| | |
|---|-----|
| Глава 8. Перспективы оптических методов | 179 |
| 8.1. Лазеры в турбидиметрах | 179 |
| 8.2. Универсальные модули в лазерных турбидиметрах | 184 |
| 8.3. Турбидиметрия и цветные лазеры | 187 |
| 8.4. Результаты лабораторных исследований | 189 |
| Заключение | 190 |
| Список использованной литературы | 194 |
| Приложение | 198 |
| 1. Текст модифицированной программы для работы с двумя АЦП L – 154 | 198 |
| 2. Текст программы для работы с АЦП E – 140 | 209 |
| 3. Текст программы для работы с устройством mm500sd | 228 |

Научное издание

Подымов Игорь Семенович
Подымова Татьяна Михайловна

**ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ДИНАМИКИ
ТРАНСПОРТА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ**

Научный редактор, кандидат физ.-мат. наук *Н. В. Пыхов*
Подготовка оригинал макета *И. С. Подымов*

Подписано к печати 25.11.2014. Формат 60x90 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс». Печать цифровая. Усл. печ. л. 13,4. Уч.-изд. л. 14,2.
Тираж 200 экз.

Южное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Отпечатано в типографии ООО «Интертехнологии».

353467, г. Геленджик, ул. Просторная, 1Г.
Тел. (86141) 2-82-81, факс. (86141) 2-80-89.
E-mail: sbsio@ocean.ru

Авторы книги, вместе с коллективом сотрудников Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, более 30 лет работают в области изучения динамических процессов, протекающих в береговой зоне моря. Монография посвящена решению задач по разработке технических средств и физически обоснованных методов экспериментальных исследований динамики транспорта взвешенных наносов.

ISBN 978-5-9902606-0-3



9 785990 260603

С монографией можно ознакомиться в Российской государственной библиотеке ([карточка](#) издания), ГПНТБ или в любой другой публичной библиотеке.