



**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

<b>Введение</b> .....	7
<b>Глава 1. Общие сведения о методах исследований динамики транспорта наносов</b> .....	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
<b>Глава 2. Турбидиметрия</b> .....	22
2.1. Краткая теория турбидиметрии .....	22
2.2. Важные для турбидиметрии результаты натурных исследований .....	26
<b>Глава 3. Оптический турбидиметр</b> .....	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
<b>Глава 4. Аппаратно-программные средства натурных исследований</b> .....	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
<b>Глава 5. Лабораторная турбидиметрия</b> .....	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
<b>Глава 6. Обработка первичных данных оптических измерителей концентрации взвешенных частиц .....</b>	<b>112</b>
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
<b>Глава 7. Натурные эксперименты .....</b>	<b>135</b>
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

<b>Глава 8. Перспективы оптических методов</b> .....	179
<b>8.1. Лазеры в турбидиметрах</b> .....	179
<b>8.2. Универсальные модули в лазерных турбидиметрах</b> .....	184
<b>8.3. Турбидиметрия и цветные лазеры</b> .....	187
<b>8.4. Результаты лабораторных исследований</b> .....	189
<b>Заключение</b> .....	190
<b>Список использованной литературы</b> .....	194
<b>Приложение</b> .....	198
<b>1. Текст модифицированной программы для работы с двумя АЦП L – 154</b> .....	198
<b>2. Текст программы для работы с АЦП E – 140</b> .....	209
<b>3. Текст программы для работы с устройством mm500sd</b> .....	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 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. 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.